INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Projeto da Estrutura de Membrana Tensionada no Anfiteatro do Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo

MICAEL JOSÉ CORREIA COSTA

novembro de 2022

POLITÉCNICO
DO PORTO

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Projeto da Estrutura de Membrana Tensionada no Anfiteatro do Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo

MICAEL JOSÉ CORREIA COSTA

Outubro de 2022

POLITÉCNICO
DO PORTO

MEMBRANAS TENSIONADAS LEVES

PROJETO DA ESTRUTURA DE MEMBRANA TENSIONADA NO ANFITEATRO DO JARDIM MUNICIPAL DE FERREIRA DO ALENTEJO

MICAEL JOSÉ CORREIA COSTA

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE ESTRUTURAS

Orientador: Prof. Rodrigo Esmeriz Falcão Moreira

NOVEMBRO DE 2022

ÍNDICE GERAL

Índice iii

Resumo vii

Abstract ix

Agradecimentos xi

Índice de Texto xiii

Índice de Figuras xix

Índice de Tabelas 1

CAPÍTULO 1 Introdução 1

CAPÍTULO 2 Arquitetura das Membranas Tensionadas 9

CAPÍTULO 3 Engenharia das Membranas Tensionadas 31

CAPÍTULO 4 Bases de Dimensionamento e Critérios de Segurança 69

CAPÍTULO 5 Caso de Estudo 81

CAPÍTULO 6 Considerações Finais 131

Referências Bibliográficas 135

Anexo I – Peças Desenhadas 139

Anexo II – Combinação de Ações 141

Anexo III – Resultados de Cálculo. Superestrutura e Infraestrutura 143

Anexo IV – Cálculo de Ligações 145

Eu , Micael José Correia Costa, estudante nº 1110478, do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado "Projeto da Estrutura de Membrana Tensionada no Anfiteatro do Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo" é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referenciação adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 2022/11/17

Micael José Correia Costa

RESUMO

As estruturas de membrana tensionada são o conceito estrutural mais antigo da humanidade. De facto, é possível encontrar estruturas tensionadas em quase tudo no dia-a-dia. Apesar da reduzida informação e falta de regulamentação disponível, têm vindo a acontecer vários avanços no conhecimento desta técnica. Estas estruturas, quando comparadas com as estruturas tradicionais, manifestam um elevado interesse natural ecológico dado que a membrana é 100% reciclável, são energeticamente mais eficientes, apresentam maior mobilidade e menor necessidade de material para vencer grandes vãos, para além de ser uma técnica que deriva essencialmente de fenómenos físicos presentes na natureza.

Por exigirem técnicas e tecnologias de construção complexas, assim como regulamentação que conduza ao seu dimensionamento, o conhecimento sobre como projetar estas estruturas está limitado a um número relativamente pequeno de especialistas e fabricantes. O alargamento do conhecimento no âmbito das estruturas tensionadas permitirá maior acessibilidade aos projetistas e um aumento do número de aplicações desta técnica construtiva.

Através da aplicação de um caso prático, onde serão indicados os passos chave no dimensionamento de uma estrutura de membrana tensionada, o presente trabalho tem como objetivo sintetizar a informação atual no conhecimento desta técnica, em particular sobre o método CFD para quantificação da ação do vento, permitindo assim orientar trabalhos futuros. Como base introdutória, são apresentados os enquadramentos legal e histórico da técnica, desde a sua origem até à atualidade, assim como os conceitos envolvidos de Arquitetura e Engenharia. São também abordados os critérios de segurança aplicáveis, ações de projeto, e ensaios de caracterização dos materiais.

Palavras-chave: Estruturas em membrana tensionada, *Form-finding,* Análise Não-Linear, *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

ABSTRACT

Tensioned membrane structures are mankind's oldest structural concept. In fact, tensioned structures can be found in almost everything in everyday life. Despite the limited information and lack of available regulations, there have been several advances in the knowledge of this technique. These structures, when compared to traditional structures, manifest a high natural ecological interest since the membrane is 100% recyclable, they are more energy efficient, have greater mobility and less need for material to overcome large spans, besides being a technique that derives mainly from physical phenomena present in nature.

Because they require complex construction techniques and technologies, as well as regulations governing their design, knowledge about how to design these structures is limited to a relatively small number of specialists and manufacturers. The broadening of knowledge in the field of tensioned structures will allow greater accessibility for designers and an increase in the number of applications of this construction technique.

Through the application of a practical case, where the key steps in the design of a tensioned membrane structure will be indicated, this paper aims to synthesize the current information in the knowledge of this technique, in particular about the CFD method for quantification of the wind action, thus allowing to guide future works. As an introductory basis, the legal and historical frameworks of the technique are presented, since its origin until today, as well as the concepts involved from Architecture and Engineering. The applicable safety criteria, design actions, and material characterization tests are also addressed.

Keywords: Tensioned membrane structures, Form-finding, Non-linear Analysis, Computational Fluid Dynamics (CFD)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, nomeadamente:

- ao meu orientador, Prof. Rodrigo Falcão pela permanente disponibilidade, motivação, amizade, paciência e pela discussão de soluções técnicas discutidas, que contribuíram para o aumento do *know-how* em todas as vertentes de conhecimento e calculo estrutural;

- ao Administrador da empresa EUGREB, Eng.º Paulo Tomé, pela partilha de informações no âmbito das estruturas tensionadas, amizade, apoio e incentivo;

- ao Administrador da empresa PLENGIL, Eng.º Vaz Tomé, por todo o apoio técnico e amizade prestado ao longo da realização deste trabalho;

- aos meus colegas de trabalho, Ana Magalhães, Ana Farinha, Diogo Cerqueira, Francisco Tomé, pelo incentivo, partilhas de conhecimentos, e amizade;

- a toda a equipa de produção da empresa EUGREB, pela amizade e discussão de soluções construtivas que aumentam o rácio de produtividade;

- a todos os docentes do Instituto Superior de Engenharia do Porto, por transmitirem o seu extraordinário conhecimento;

- à Ana Fernandes, minha mulher, por toda a paciência e por toda a atenção que não lhe pude dar.

- aos meus Pais, pelo apoio, incentivo e amor demonstrado ao longo do meu percurso académico;

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1 Introdução 1

1.1 Enquadramento Geral 1

1.2 Enquadramento Normativo 2

1.3 Materiais envolvidos 5

1.4 Objetivos e organização do trabalho 6

CAPÍTULO 2 Arquitetura das Membranas Tensionadas 9

2.1 Enquadramento Histórico 9

2.2 Leque de Formas 13

2.2.1 Membranas Tensionadas de Superfície Anticlástica 14

2.2.2 Membranas Tensionadas de Superfície Sinclástica 15

2.2.3 Caracterização, Tipologia e Classificação 17

2.3 Qualidades Construtivas 23

2.3.1 Leveza 23

2.3.2 Translucidez e condução de luz 24

2.3.3 Flexibilidade 25

2.3.4 Esculturalidade 25

2.3.5 Segurança 26

2.3.6 Forma Arquitetónica Expressiva 27

2.3.7 Proteção Climática 27

2.3.8 Mobilidade e Efemeridade 28

2.3.9 Convertibilidade e Adaptabilidade 29

CAPÍTULO 3 Engenharia das Membranas Tensionadas 31

3.1 Formas e Comportamento 31

3.1.1 Configuração das Superfícies 31

3.1.2 Membrana Tensionada 32

3.1.3 Superfície minimalista ou superfície mínima 33

3.2 Base de Geometrias 3D 35

3.2.1 Parábola 35

3.2.2 Hipérbole 36

3.2.3 Superfícies Quadráticas 37

3.2.4 Superfícies Anticlásticas e Sinclasticas 37

3.2.5 Curvatura Gaussiana 38

3.3 Princípios estruturais 38

3.3.1 Aplicação de Tensão 38

3.3.2 Dupla Curvatura 39

3.3.3 Forma anticlástica versus sinclástica 40

3.3.4 Ângulos grandes versus ângulos pequenos 40

3.3.5 Grande versus pequena curvatura 41

3.3.6 Curvatura dos bordos de contorno da Superfície 42

3.3.7 Superfície Plana versus Superfície Curva 42

3.3.8 Cantos pares 43

3.3.9 Evitar zonas de superfície planas 43

3.3.10 Drenagem de águas 44

3.3.11 Tensão versus compressão 44

3.4 Encontro da configuração Geométrica (*Form Finding*) 45

3.4.1 Pré-Esforço 45

3.4.2 Deformabilidade 46

3.5 Sequência de Projeto 47

3.5.1 Conceção Geral 47

3.5.2 Pormenorização 48

3.5.3 Dados para fabrico 51

3.6 Ações de Projeto 60

3.6.1 Pré-Esforço 60

3.6.2 Peso Próprio 62

3.6.3 Ação do Vento 62

3.6.4 Ação da Neve 64

3.6.5 Ação da Temperatura 65

3.6.6 Ação do Sismo 66

3.6.7 Tolerâncias de Construção Admissíveis 66

3.7 Combinação de Ações 67

CAPÍTULO 4 Bases de Dimensionamento e Critérios de Segurança 69

4.1 Bases de Dimensionamento. Generalidades 69

4.2 Ensaios para determinação das características do material 71

4.3 Coeficientes de Segurança 71

4.4 Resistência e Propagação de Rasgos 73

4.5 Resistência de emendas e efeitos da temperatura 75

4.6 Controlo de Rugas 76

4.7 Cálculo de Ligações 77

4.8 Premissas básicas para elaboração de um modelo de análise estrutural em Elementos Finitos 78

CAPÍTULO 5 Caso de Estudo 81

5.1 Apresentação Geral. Condicionantes e Imposições Geométricas 81

5.2 Descrição da Estrutura 87

5.3 Materiais 90

5.3.1 Betão 90

5.3.2 Armaduras Passivas 91

5.3.3 Aço Estrutural 91

5.3.4 Membrana 92

5.3.5 Cabos Aço Inox Strand 7x19 – Inox AISI 316 92

5.3.6 Cabos Aço Inox Strand 7x19 – Inox AISI 316 92

5.4 Regulamentação 92

5.5 Modelo de Cálculo e Análise Estrutural 93

5.5.1 Particularidades na construção do modelo de cálculo 94

5.5.2 Busca da Forma (*Form-Finding*) 95

5.6 Ações e combinações 98

5.6.1 Ações permanentes 98

5.6.2 Sobrecargas (Ações variáveis) 98

5.6.3 Verificação do Estado de Tensão – Membrana Tensionada 108

5.6.4 Dimensionamento Estrutura Metálica 114

5.6.5 Dimensionamento de cabos em Aço Inox 118

5.6.6 Fundações 121

5.6.7 Ligações 122

5.7 Fabricação e Montagem. Sequência e procedimentos essenciais adotados 123

5.7.1 Estrutura Metálica 123

5.7.2 Membrana 124

5.8 Sequência da Montagem 125

CAPÍTULO 6 Considerações Finais 131

6.1 Conclusões 131

6.2 Desenvolvimentos Futuros..... 132

Referências Bibliográficas 135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Esquerda: Allianz Arena; Direita Unilever Fachada 3

Figura 1-2 Etapas para a realização do Eurocódigo aplicado a estruturas de membrana tensionada. Adaptado de (Stranghöner N. U., 2014) 4

Figura 1-3 – Elementos de transferência de carga nas estruturas de membrana. (Seidel, 2007) 6

Figura 2-1 À esquerda uma tenda Yurt na Mongólia, à direita uma tenda típica Tipi utilizada pelas tribos Americanas 9

Figura 2-2 Velário sobre o Coliseu de Roma 10

Figura 2-3 (a) – Vladimir Shukhov; (b) – Torre de Shukhov, Moscovo, (c) Estrutura Tensionada em Pavilhão Oval desenvolvida em 1895 10

Figura 2-4 Experiências realizadas em Bolas de Sabão pelo Arquiteto e Engenheiro Frei Otto 11

Figura 2-5 a) Pavilhão Alemão para Expo 1967 em Montreal b) Estádio Olímpico de Munique, 1972 12

Figura 2-6 a) Horst Berger, Engenheiro Civil b) Terminal Haj em Jeddah, Arábia Saudita c) Great Hall Aeroporto de Denver 12

Figura 2-7 Talisman Centre – Parque Aquático Lindsay Park em Calgary, Alberta 13

Figura 2-8 Estruturas Tensionadas de Superfície Anticlástica. a) Urban Loritz Platz, Viena/Austria; b) Pavilhão de Feiras e Exposições Expolima, Ponte de Lima/Portugal; c) Centre Pompidou, Metz/França 14

Figura 2-9 Representação da dupla curvatura em membranas tensionadas 15

Figura 2-10 Princípio da Sela de 4 Pontas 15

Figura 2-11 Estrutura Sinclástica. Balões de ar quente - Montgolfier 16

Figura 2-12 Centro Aquático Nacional. China 16

Figura 2-13 Jardim Botânico - Eden Project. Reino Unido 17

Figura 2-14 Caracterização da Estrutura quanto à sua Utilização no Tempo 18

Figura 2-15 Cobertura em Membrana Tensionada. Aeroporto de Denver 18

Figura 2-16 *Music Pavilion,* Nova York 19

Figura 2-17 Tipologia de Estruturas de acordo com a forma e suporte, adaptado de (Seidel, 2007). 20

Figura 2-18 Classificação das estruturas de membrana tensionada, adaptado de (Moreira, 2008) 21

Figura 2-19 Estrutura de Membrana Tensionada no Anfiteatro do Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo 22

Figura 2-20 Cobertura do Estádio de Futebol de Frankfurt. a) Membrana aberta b) Membrana recolhida 22

Figura 2-21 Centro de Entretenimento Khan Shatyr, Cazaquistão, Astana 23

Figura 2-22 Palco de Concertos Radolfzell, Alemanha 24

Figura 2-23 a) Ruas do Centro Histórico de Abrantes; Eye Beacon Pavilion, Amesterdão 24

Figura 2-24 Mesquita em Medina, Arábia Saudita 25

Figura 2-25 Serpentine Sackler Gallery, Reino Unido, Londres. 26

Figura 2-26 a) Thowal Majlis Tent, Jeddah, Arábia Saudita. b) Sistema de segurança na rótula da treliça em caso de colapso, Ferreira do Alentejo, Portugal 26

Figura 2-27 a) Parque infantil do Parque nossa Senhora das Dores, Trofa, Portugal. b) The Sun Station, Santiago de Chile, Chile 27

Figura 2-28 Schierker Feuerstein Arena, Wernigerode, Alemanha 28

Figura 2-29 Tesla Tent, Fremont, Califórnia 28

Figura 2-30 Mesquita em Medina, Arábia Saudita adaptado de (Moreira, 2008) 29

Figura 3-1 Geometrias típicas dos cabos com carregamento, Fonte: Adaptado de (Otto & Trostel, 1969) 32

Figura 3-2 Malha ou rede de cabos disposta livremente segundo peso próprio: Estrutura flexível, Fonte: Adaptado de (Otto & Trostel, 1969) 33

Figura 3-3 Condição mínima para estabilizar uma superfície flexível (rede de cabos): Par de elementos (cabos), superfície ancorada e fracionada em direções opostas entre si, adaptado de (Roland & Otto, 1973) 33

Figura 3-4 Bolhas de Sabão – Superfície mínima 34

Figura 3-5 Modelo em película de sabão de uma cobertura 35

Figura 3-6 Representação gráfica: Equação Linear e Equação não linear 35

Figura 3-7 Representação gráfica: Parábola 36

Figura 3-8 Representação gráfica: Hipérbole 36

Figura 3-9 Representação gráfica: (1) Paraboloide Hiperbólico; (2= Paraboloide Elíptico 36

Figura 3-10 Representação gráfica: Superfícies quadráticas 37

Figura 3-11 Representação Gráfica: (1) Formas Anticlásticas; (2) Formas Sinclásticas 37

Figura 3-12 Representação gráfica: Curvatura Gaussiana 38

Figura 3-13 Princípio básico para a equilíbrio de um elemento flexível 39

Figura 3-14 Princípio básico para o equilíbrio de uma membrana tensionada 39

Figura 3-15 Formas Anticlásticas vs Sinclásticas 40

Figura 3-16 Principio básico: Distribuição de forças 41

Figura 3-17 Distribuição de esforços com ângulos pequenos e grandes 42

Figura 3-18 Curvatura dos bordos da superfície 42

Figura 3-19 Superfície plana vs superfície curva 43

Figura 3-20 Superfície anticlástica. Cantos pares 43

Figura 3-21 Modelação da superfície. Zonas planas para acumulação de sólidos ou líquidos 44

Figura 3-22 Tensegridade em estruturas 44

Figura 3-23 Pré-modelação de uma superfície. Processo matemático 46

Figura 3-24 Anfiteatro Forest Opera. Polónia - Planeamento e controlo do processo de montagem. a) Vista geral da estrutura pós-montagem; b) Montagem da membrana tensionada com recurso a malha de rede provisória para servir de apoio à descarga da membrana principal; c) e d)

Monitorização do estado de tensão da membrana, bem como as suas deformações com recurso a *LaserScan* e a fotogrametria. 51

Figura 3-25 Esquerda - Exemplo de Corte da tira e intenção geométrica com evidência das linhas geodésicas fonte: (Ferreira, 2010), direita – Exemplo de máquina de corte por CNC. 52

Figura 3-26 Diagrama de critérios para definição dos padrões de corte, fonte: (Ferreira, 2010) 53

Figura 3-27 Exemplos de arranjos. A) radial; b) paralelo, fonte: (Seidel, 2007)..... 54

Figura 3-28 Singularidades de carga dependendo da largura das peças, fonte: (Seidel, 2007)..... 54

Figura 3-29 Exemplos comuns de ligação em membranas: a) junta soldada; b) junta costurada; c) junta costurada com aba; d) ligação em chapa metálica; e) ligação cordoada; f) ligação entrelaçada fonte: (Seidel, 2007)..... 55

Figura 3-30 Tipos de Junta: a) achatada; b) saliente; c) *bead*, adaptado de: (Ferreira, 2010). À direita: equipamento para solda por alta frequência..... 56

Figura 3-31 Tipos de juntas costuradas, fonte: (Ferreira, 2010) 56

Figura 3-32 Ligação com chapas metálicas, fonte: (Ferreira, 2010)..... 56

Figura 3-33 Sistema de ligação de perfil linear com *keder*, fonte: (Seidel, 2007) 57

Figura 3-34 Ligação entrelaçada à esquerda e ligação cordoada à direita, fonte: (Seidel, 2007)..... 57

Figura 3-35 Membrana com bordos flexíveis (esquerda); Membrana com bordos rígidos (direita), fonte: (Seidel, 2007)..... 58

Figura 3-36 Esquema do fluxo das forças conduzidas pelos bordos até ao respetivo canto, fonte: (Seidel, 2007) 58

Figura 3-37 Exemplo de reforço de canto. Estrutura Tensionada em Ferreira do Alentejo 59

Figura 3-38 Pormenores de ancoragem: À esquerda uma ligação direta da membrana ao ponto de ancoragem; ao centro uma ligação do canto da membrana ao ponto de ancoragem através de cintas; à direta uma ligação do canto da membrana ao ponto de ancoragem através de esticadores. 59

Figura 3-39 Tira de membrana compensada nas duas direções da membrana antes de ser ancorada nos pontos de fixação fonte: (Ferreira, 2010) 62

Figura 3-40 *Ponding* numa cobertura em membrana tensionada - Pennsylvania, EUA 65

Figura 4-1 Fluxograma exemplificativo das etapas para o dimensionamento de uma estrutura tensionada 70

Figura 4-2 Ensaio de Tração (Esquerda). Ensaio bi-axial (direita). 71

Figura 4-3 Modelo geométrico para utilização em ensaios de rasgos. [©ELLF] 74

Figura 4-4 Configuração de ensaio de rasgo (Esquerda) e resultados típicos (Direita) [©ELLF] Fonte: (Stranghöner, et al., 2016) 74

Figura 4-5 Ensaio biaxial com rasgo com dimensão definida no centro do exemplar (Esquerda), Tensões concentradas da ponta do rasgo: início da propagação dos rasgos. [©DEKRA/Labor Blum] Fonte: (Stranghöner, et al., 2016) 75

Figura 4-6 Ligeiras rugas no canto de uma membrana 76

Figura 4-7 Círculo de Mohr. Relação entre tensão principal e a tensão num determinado sistema de coordenadas x,y (Forster & Mollaert, 2004) 77

Figura 5-1 – Alçado Norte. Vista Geral noturna. 81

Figura 5-2 – Alçado Este. Montagem de Estrutura Central (Arcos Treliçados) 82

Figura 5-3 Vista Superior. Identificação de membranas de cobertura 87

Figura 5-4 Vista Traseira. Identificação de Arcos em Treliça 88

Figura 5-5 Pontos de tensionamento singulares, ou pontos de ancoragens compostos por pilar-tirante, identificando os esforços de compressão e tração 89

Figura 5-6 Pormenor de Canto. Sistema de Ancoragem 90

Figura 5-7 Sistema de Tensionamento Linear em *keder* com perfil linear *Tennect* junto das Treliças 90

Figura 5-8 Vista em Perspetiva – Modelo de Cálculo em Elementos Finitos 94

Figura 5-9 Alçado Frontal – Modelo de Cálculo em Elementos Finitos 94

Figura 5-10 Orientação do ponto de ancoragem paralela à resultante de esforços de pré-tensão 95

Figura 5-11 Forças de pré-esforço instaladas em cada cabo da membrana [kN] 96

Figura 5-12 Configuração da membrana após processo de *Form-Finding*. Tensões 97

Figura 5-13 Modelo de Cálculo. Vista em perspetiva 97

Figura 5-14 Zonamento Nacional. Vento EC1-4 99

Figura 5-15 Representação de Cortes (Fluxo do Vento) 100

Figura 5-16 Escoamento do ar em torno de coberturas isoladas, (EC1-4, 2010) 100

Figura 5-17 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 0º (X+) [kPa] 102

Figura 5-18 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 0º (X+) [m/s] 103

Figura 5-19 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 90º (X+) [kPa] 103

Figura 5-20 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 90º (X+) [m/s] 103

Figura 5-21 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 180º (X+) [kPa] 104

Figura 5-22 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 180º (X+) [m/s] 104

Figura 5-23 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 270º (X+) [kPa] 104

Figura 5-24 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 270º (X+) [m/s] 105

Figura 5-25 Envolvente de Tensões na direção da urdidura [Warp] 109

Figura 5-26 Envolvente de Tensões na direção da trama [Weft] 110

Figura 5-27 Envolvente de Tensões na direção da trama [Von Mises] 110

Figura 5-28 SLS – LC63 111

Figura 5-29 Curvas de Ponding para a Ação Condicionante (SLS-LC63) 112

Figura 5-30 Padronização da Membrana. Corte da Superfície através de linhas geodésicas 113

Figura 5-31 Padronização da membrana. Identificação das direções principais e aplicação de validação de dimensões gerais 113

Figura 5-32 À esquerda um pormenor de canto da membrana e à direita o respetivo conjunto dos padrões de corte já pormenorizados 114

Figura 5-33 Envolvente de Esforços. Diagrama de Esforços Axiais [kN] 116

Figura 5-34 Envolvente de Esforços. Diagrama de Esforços de corte na direção Y [kN] 116

Figura 5-35 Envolvente de Esforços. Diagrama de Esforços de corte na direção Z [kN] 117

Figura 5-36 Envolvente de Esforços. Diagrama Momentos em torno de Y [kN.m] 117

Figura 5-37 Envolvente de Esforços. Diagrama Momentos em torno de Z [kN.m] 118

Figura 5-38 Posição dos Cabos. Identificação 120

Figura 5-39 Exemplo de modelo de elementos finitos aplicados a uma ligação da estrutura em análise 123

Figura 5-40 À esquerda a planta de implantação com identificação dos elementos de estrutura metálica. À direita um desenho das treliças utilizado para a fabricação 123

Figura 5-41 Arcos em treliça em fase de fabricação 124

Figura 5-42 Ensaio de tensionamento da membrana Central 125

Figura 5-43 Descarga e colocação das armaduras passivas da fundação no interior dos caboucos 125

Figura 5-44 Planeamento, carregamento e descarga da estrutura metálica e membrana tensionada .. 126

Figura 5-45 Montagem dos arcos treliçados da estrutura tensionada 127

Figura 5-46 Montagem integral da estrutura metálica de suporte 128

Figura 5-47 Montagem da membrana central e laterias da estrutura tensionada..... 128

Figura 5-48 Equipamento de medição da força axial instalada nos cabos de bordadura da estrutura tensionada..... 129

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Dados ciclo Solar – Ferreira do Alentejo 83

Tabela 2 Incidência solar sobre a estrutura de membrana tensionada. Ferreira do Alentejo 84

Tabela 3 Resultante de Reações. Vento e pré-tensão. Metodologia Eurocódigo 1-4 106

Tabela 4 Resultante de Reações. Vento e pré-tensão. Metodologia CFD 106

Tabela 5 Rácios de análise entre as reações obtidas através da metodologia prevista pelo Eurocódigo vs método CFD 107

Tabela 6 Quadro de fatores de segurança para combinação de ações 108

Tabela 7 Estado de Tensão da Membrana Tensionada Pós-Carregamento 109

Tabela 8 Grupo de componentes à tração 118

Tabela 9 Classe de Exposição 119

Tabela 10 Fator de perda, ke 120

Tabela 11 Parâmetros do Solo 122

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO GERAL

Apesar do conceito de estruturas com membrana tensionada parecer um termo recente, nas tipologias construtivas utilizados atualmente, existem evidências de que este método já era utilizado pelos caçadores nómadas há mais de 40 000 anos. De facto, conseguimos encontrar uma estrutura tensionada em quase tudo, desde pontes suspensas a uma simples teia de aranha, ou uma bola de sabão.

No entanto, apesar de ser um método construtivo muito antigo, a arte de projetar estruturas de membrana tensionada é ainda algo limitado a um número relativamente pequeno de especialistas, devido à falta de regulamentação e documentação técnica disponível. As soluções de estruturas em membrana tensionada podem ser vistas como uma solução rápida de construção/instalação e simultaneamente sustentável devido à sua baixa densidade, elevada longevidade e desempenho. Para além disso, a maioria das membranas tensionadas são 100% recicláveis graças à tecnologia Texyloop, o que torna a solução mais ecológica. Os materiais empregues nas membranas são geralmente tecidos revestidos por uma resina polímera e a sua resistência definida pelas fibras constituintes. O revestimento protege as fibras contra agentes atmosféricos (raios ultravioleta, anti fungos, humidade e precipitação).

Projetar uma estrutura de membrana tensionada é encarado como um desafio interessante e complexo devido ao inúmero leque de formas orgânicas que é possível desenvolver e que oferece uma vasta gama de aplicabilidade. Numa vertente da engenharia, estruturas de membrana tensionada exigem uma análise bastante rigorosa e complexa ao nível do comportamento não-linear geométrico e análise das grandes deformações. Contudo, o resultado é bastante satisfatório uma vez que se conseguem obter elevados vãos com uma reduzida quantidade de material.

Desenvolver uma geometria tridimensional de uma membrana tensionada exige um bom modelo matemático como suporte, onde se procura encontrar tensões que promovem o equilíbrio estático de uma superfície. Com isto, o rigor do fabrico e da sua instalação são etapas fundamentais e rigorosas, visto que um pequeno erro pode corresponder a danos leves ou gravosos no funcionamento global da estrutura.

A estrutura que será o caso de estudo foi projetada pelo autor, projeto esse desenvolvido na empresa EUGREB INVEST, onde foi realizado todo o dimensionamento, desenho de cada componente da estrutura, acompanhamento e verificação da fabricação e instalação da estrutura tensionada. Trata-se de uma solução idealizada para permitir a cobertura de uma vasta área de domínio público através de uma estrutura leve, orgânica e sinuosa, integrando-se na complexidade formal inerente ao espaço envolvente de um jardim. O objetivo final será demonstrar o dimensionamento estrutural de uma estrutura de membrana tensionada flexível, levando a cabo todos os detalhes e pontos de entrada chave para o correto dimensionamento e cálculo de uma estrutura da mesma tipologia.

1.2 ENQUADRAMENTO NORMATIVO

Existe cada vez mais evolução tecnológica e preocupação ambiental que, quando combinadas, conduzem a soluções de maior rapidez de fabrico e montagem, mais ecológicas e maior diversidade arquitetónica, e que, consequentemente, se mostram mais apelativas em aplicá-las. No entanto, a arte de projetar e construir estruturas de membrana tensionada ainda é algo limitado a um número relativamente pequeno de especialistas e fabricantes.

Desde há muito tempo que existe a necessidade de criar uma regulamentação comum para o correto e fundamental dimensionamento de estruturas tensionadas, tornando-as mais económicas e fiáveis. O guia de dimensionamento *European Design Guide for Tensile Membrane Structures* foi um primeiro passo nesse sentido.

Existem imensas ideias e opiniões diferentes sobre um correto dimensionamento destas estruturas. No entanto, com o aumento da procura de soluções de cobertura em membrana tensionada, dever-se-á procurar que esta tecnologia seja vista como uma nova tecnologia de construção e não como um nicho de mercado com riscos elevados. Existem soluções de membrana tensionada, como a fachada do edifício Allianz Arena ou a fachada da Unilever, que por terem sido incorretamente dimensionadas tiverem de ser posteriormente reforçadas com estruturas pesadas para absorver os esforços transmitidos pela membrana ao elemento de suporte.

Figura 1-1 Esquerda: Allianz Arena (WS1, s.d.); Direita Unilever Fachada (WS2, s.d.).

Apesar de na Europa não existir regulamentação que inclua recomendações técnicas sobre aspetos tais como dimensionamento, especificação, ensaio e construção destas estruturas, têm sido apresentadas comunicações isoladas em conferências, publicados artigos muito específicos em revistas científicas e até realizados congressos inteiramente dedicados a este tema. Outros importantes contributos, têm sido dados pela série de volumes ilustrados publicados pelo Institut für Leichte Flächentragwerke (IL), em Estugarda, e por comunicações apresentadas em diversas conferências por membros do *Working Group 6 – Tension and Membrane Structures da International Association for Shell and Spatial Structures (IASS).*

Atualmente, no âmbito do CEN/TC 250 "Eurocódigos Estruturais", foi elaborado o *Working Group (WG) 5* com objetivo de desenvolver um novo Eurocódigo, voltado para o dimensionamento de Estruturas Tensionadas. A norma alemã DIN 4134 dá uma breve base apenas sobre estruturas insufláveis. A DIN 4112 considera membranas tensionadas de carácter temporário, mas ainda sem detalhe. *Bureau Veritas* (França) elaborou um conjunto de recomendações aplicáveis a membranas tensionadas de carácter permanente que foram publicadas em *Annales du bâtiment et des travaux publis*.

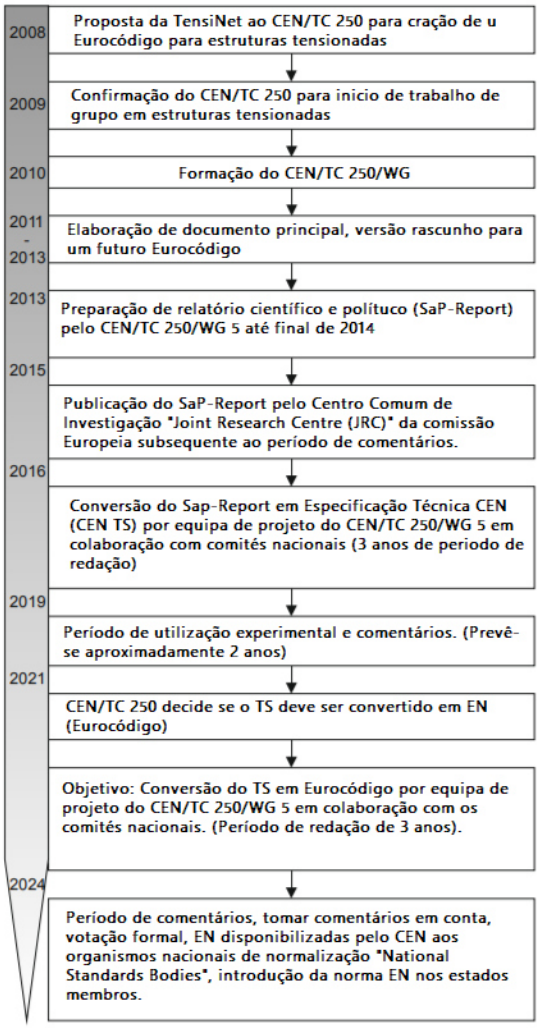


Figura 1-2 Etapas para a realização do Eurocódigo aplicado a estruturas de membrana tensionada. Adaptado de (Stranghöner N. U., 2014)

A grande diversidade de geometrias possíveis na formulação de uma cobertura de membrana tensionada faz com que os regulamentos e manuais existentes não abranjam a totalidade das formas, principalmente no caso da quantificação da ação do vento. Alguns autores apresentam uma base de valores de coeficiente de pressão (cp) para estruturas típicas, no entanto não são suficientes. Há por isso uma maior tendência de recorrer a ensaios de túnel de vento físico ou a softwares de cálculo numérico e de simulação de fluidos para determinação da magnitude das ações externas que são aplicadas caso a caso e particularmente a cada estrutura. Estas simulações, permitem, tal como os ensaios de túnel de vento físico, interpretar graficamente o comportamento do vento em torno da geometria de estrutura específica, permitindo a análise da dinâmica da estrutura para efeitos de dimensionamento, possibilitando ainda a análise das condições de conforto.

Softwares de análise CFD (*Computacional Fluid Dynamics*), como o *Rwind Simulation*, integrado no software de elementos finitos da *Dlubal*, permitem uma análise 3D de fluxo de vento incompressível, aplicação do perfil de vento, em função da altura, de acordo com as normas (velocidade e intensidade de turbulência), representação gráfica de linhas de fluxo, apresentação de coeficientes de pressão aerodinâmicos, representação gráfica das propriedades de turbulência na área do vento e análises de pressão. Ainda assim, a análise é feita tendo em conta modelos rígidos não levando em consideração as mudanças da distribuição das pressões aplicadas devidas à deformação da superfície da membrana.

Uma das grandes vantagens da utilização do CFD é a possibilidade da aplicação de considerar a ampliação dinâmica estrutural às flutuações das ações do vento. Métodos como ensaios em túnel físico, podem trazer resultados bastante fiáveis, apesar de que geralmente não oferecem resultados relativos às suas deformações. Para além disso, ensaios em túnel de vento só se apresentam viáveis para grandes projetos.

Está previsto incorporar nos próximos Eurocódigos o desenvolvimento de novas metodologias e regras gerais simplificadas para obtenção de valores de cp, aplicados a estruturas tensionadas, que terão como base os ensaios em túnel de vento.

1.3 MATERIAIS ENVOLVIDOS

Todos os materiais empregues em estruturas de membrana tensionada exigem um elevado rigor e alta especialização no fabrico dos mesmos, com requisitos quer na fabricação quer nos ensaios realizados. Como tal, o fabrico dos mesmos é feito recorrendo a tecnologias de alta precisão, o que impossibilita que seja realizado *in-situ*.

Os elementos utilizados na superfície da estrutura de membrana são geralmente os tecidos revestidos e *foils,* adicionados de compósitos de várias naturezas que melhoram as propriedades dos materiais. As principais verificações que devem ser garantidas na construção destes materiais são as propriedades de resistência contra ataques químicos e biológicos, juntamente com a resistência às diferentes condições climatéricas. Os pontos de transferência de carga, normalmente bordos, devem garantir os requisitos citados anteriormente, de modo que a estrutura contenha um comportamento solidário, garantindo-se assim a resistência e rigidez necessária à transferência dos esforços decorrentes do comportamento específico destas estruturas.

Os materiais constituintes das estruturas de cabos e de membrana têm sido alvo de investigação e evolução, bem como as suas respetivas ligações aos elementos de estrutura primária, tais como mastros,

vigas, etc. Atualmente é possível encontrar cabos com as mais diversas secções, formas de fabrico e composição, dependendo do seu tipo de utilização (postes, redes de cabos ou cabos para membranas). A própria composição dos elementos, desde o aço (mais utilizado), polyester (para estruturas de menor dimensão e carácter transitório) e fibras de vidro ou carbono-kevlar (estruturas de maior dimensão), formam numerosas combinações possíveis. As propriedades de resistência à corrosão, através do emprego de processos como galvanização são estudadas, ou até mesmo a proteção interna dos cabos, através da adição de pastas para que o atrito entre os cordões não desgaste os mesmos.

No que diz respeito às membranas, o polyester revestido a PVC (Policloreto de vinilo) tem uma presença marcante a par das fibras de vidro revestidas a PTFE (Politetrafluoretileno). O emprego destes materiais deve ser sempre ponderado quanto às vantagens e desvantagens de cada um no que se refere às propriedades resistentes e mecânicas, etc. Na Figura 1-3 é possível visualizar alguns dos tipos de materiais que são utilizados em estruturas de membrana.

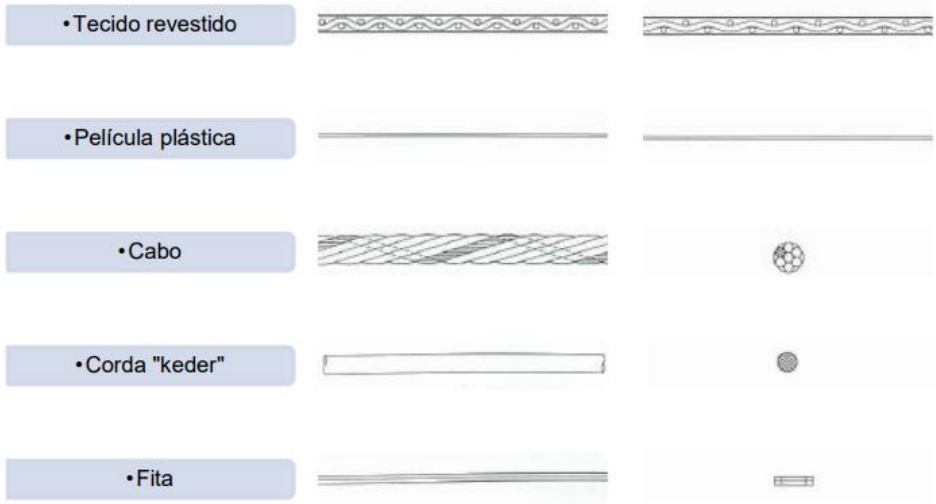


Figura 1-3 – Elementos de transferência de carga nas estruturas de membrana. (Seidel, 2007).

1.4 OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Como se pode compreender do que já foi mencionado, existe necessidade de as comunidades técnicas e científicas desenvolverem regulamentação que oriente o dimensionamento de estruturas de membrana tensionada. Este trabalho pretende fornecer um encaminhamento geral para a abordagem do dimensionamento estrutural de uma estrutura em membrana tensionada aplicada a um caso prático, detalhando-se assim todos os procedimentos e boas-práticas na sua conceção e execução.

O trabalho desenvolve-se em três capítulos antes do dimensionamento da estrutura tensionada alvo de estudo. Esses capítulos dão o enquadramento base para uma compreensão clara da metodologia e análise que irá ser realizada.

O segundo capítulo inicia-se pelo enquadramento histórico das estruturas de membrana tensionada, apresentando-se a sua evolução ao longo do tempo. Desenvolve-se pela apresentação do conceito das formas e suas características inerentes, indicando-se as suas principais vantagens e sua aplicabilidade.

O terceiro capítulo é dedicado às bases de projeto a ter em conta no âmbito da engenharia das estruturas tensionadas. Inicia-se pela formulação geométrica e matemática da superfície até aos pontos fundamentais para o fabrico de uma estrutura de membrana tensionada.

O quarto capítulo é dedicado às bases e regulamentação aplicável a estruturas de membrana tensionada. Aqui é realizada uma síntese da regulamentação e recomendações práticas a ter em conta durante o processo de dimensionamento, fazendo-se referência a fenómenos particulares que ocorrem neste tipo de estruturas.

O quinto capítulo é inteiramente dedicado ao dimensionamento integral de uma estrutura de membrana tensionada que se encontra instalada em Ferreira do Alentejo, Portugal. São cobertos todos os pontos-chave relativos ao projeto e construção da estrutura, desde as condicionantes aplicáveis, passando pelo dimensionamento global de cada componente e descrição dos respetivos modelos de cálculo utilizados, apresentando-se no final os resultados obtidos. No decorrer do capítulo é também realizada uma análise comparativa entre as pressões do vento obtidas através do procedimento preconizado no Eurocódigo 1 e essas mesmas pressões calculadas através do método CFD. Por fim, é apresentada a metodologia adotada para controlo e planeamento do fabrico e montagem da estrutura.

CAPÍTULO 2

ARQUITETURA DAS MEMBRANAS TENSIONADAS

2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

É possível encontrar estruturas tensionadas em diferentes aplicações, sejam elas edifícios, pontes suspensas, velas de barcos, balões, os primeiros aviões ou até mesmo numa simples teia de aranha. Embora a designação de arquitetura têxtil seja uma designação recente e expressiva, é provavelmente o método construtivo mais antigo, havendo evidências da sua utilização por culturas nómadas há mais de 40.000 anos. As tradicionais tendas "Yurts" da Asia Central, assim como as "Tipi", utilizadas pelas tribos Americanas, eram fabricadas em peles de animais ou membranas em tecido que eram esticadas sobre uma estrutura que, normalmente, era feita em ossos grandes ou ramos de árvores.

Figura 2-1 À esquerda uma tenda "Yurt" na Mongólia (WS3, s.d.), à direita uma tenda típica "Tipi" utilizada pelas tribos Americanas.

Entre os inúmeros avanços arquitetónicos feitos pelo Império Romano, estes antigos inovadores também deram algumas das contribuições importantes para a utilização e aplicação de estruturas tensionadas. As sombras romanas, como hoje conhecemos, eram originalmente utilizadas para bloquear a entrada de luz solar e o pó dentro das casas, mas foram adaptadas para utilização em grande escala quando foram utilizadas para sombrear o Coliseu de Roma, onde foi utilizada uma estrutura em tecido retrátil que era suportado e esticado sobre o *cavea* (área destinada à plateia). Este tipo de toldo, designado por Velário (do latim *Velarium*), tinha como principal função proteger os espetadores das

intempéries naturais e da luz solar. No entanto, desde a época do Império Romano até ao século XX, a baixa procura e a falta de recursos (cabos, telas e conectores) levaram a poucos avanços adicionais.

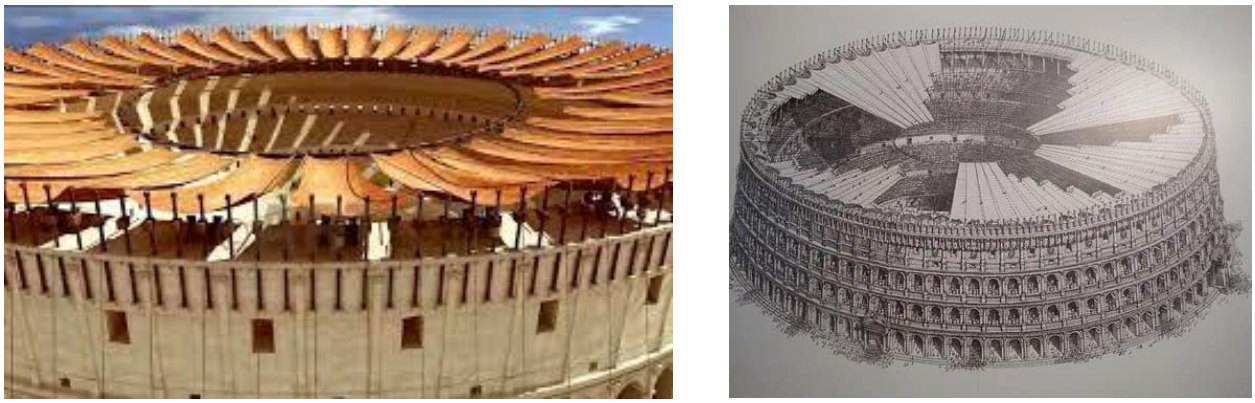
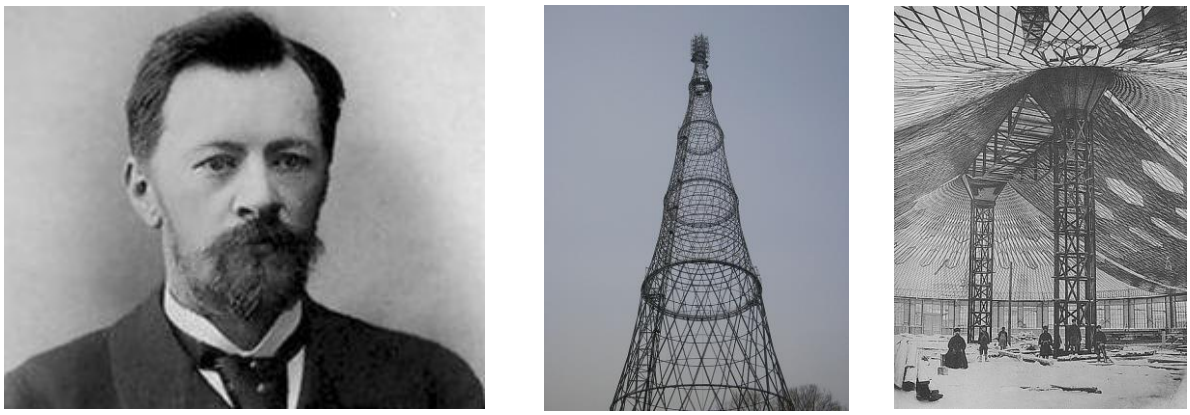


Figura 2-2 Velário sobre o Coliseu de Roma (WS4, s.d.).

O processo de fabricação que se desenvolveu durante a Revolução Industrial e o início da linha de montagem deu lugar a um surto de novas tecnologias para os materiais de construção, destacando-se a produção em massa do aço.

No final do século XIX e início do século XX, Vladimir Shukhov, Engenheiro, Cientista e Arquiteto Russo, deu mais um passo fundamental em direção à atual tecnologia de estruturas tensionadas ao desenvolver novos métodos de análise de engenharia civil, através de cálculos práticos de tensões e deformações para vigas, cascas e membranas. Tornou-se um dos principais especialistas em estruturas metálicas, incluindo estruturas hiperboloides (como a famosa Torre de Shukhov em Moscovo), estruturas de casca finas e estruturas tensionadas, deixando inúmeros exemplos do seu trabalho em toda a Rússia.



(a) (b) (c)

Figura 2-3 (a) – Vladimir Shukhov; (b) – Torre de Shukhov, Moscovo, (c) Estrutura Tensionada em Pavilhão Oval desenvolvida em 1895 (WS5, s.d.).

O grande avanço de estruturas tensionadas dá-se nos anos 50, pelo Arquiteto e Engenheiro Alemão Frei Otto, afastando-se das soluções geométricas simples e iniciando estudos sobre cabos e membranas tensionadas para criar sistemas de coberturas de formas orgânicas livres com base em processos de autoformação de bolhas de sabão, cristais, plantas microscópicas, vida animal, e sistemas de ramificação, onde concluiu que os objetos naturais criam formas muito eficientes utilizando o mínimo de material.

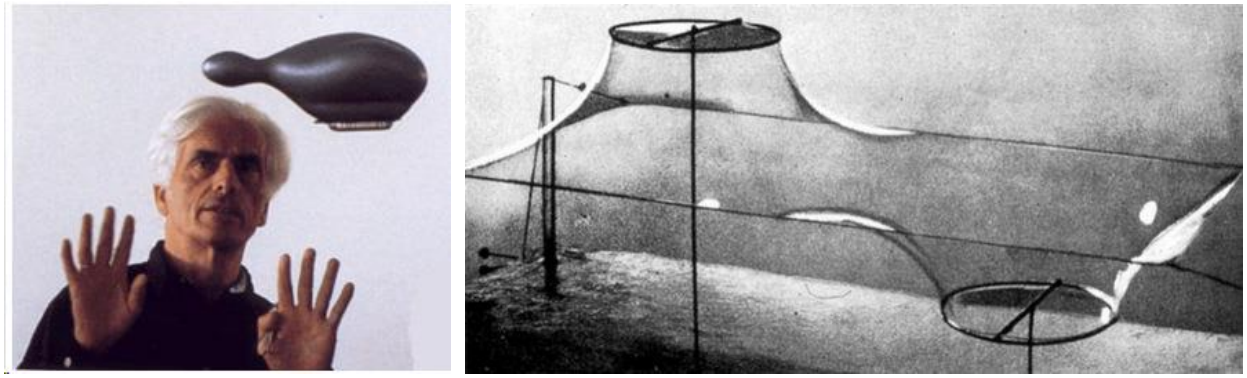
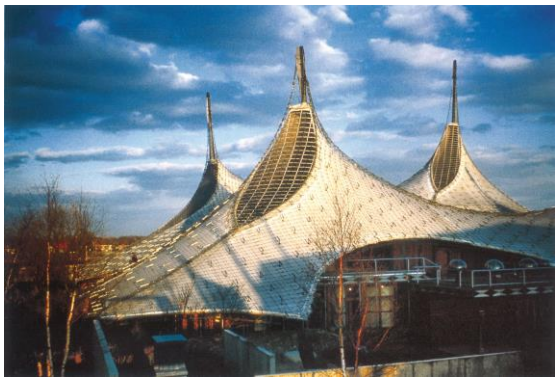
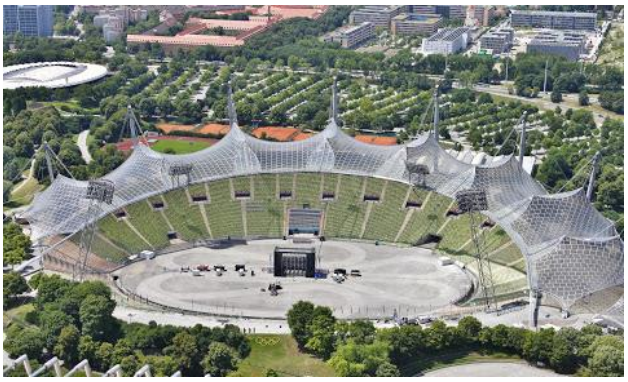


Figura 2-4 Experiências realizadas em Bolas de Sabão pelo Arquiteto e Engenheiro Frei Otto (Otto & Trostel, 1969).

Frei Otto começa por realizar toldos de tecido de algodão, onde percebe e afirma que a flexibilidade de uma estrutura tensionada é uma força e não uma fragilidade, provando que era possível realizar grandes edifícios em membranas tensionadas, mesmo que os materiais e métodos de construção necessários ainda não tivessem disponíveis. Hoje em dia, as estruturas de membrana tensionada já beneficiam de tecidos mais fortes que o aço, com vida útil garantida por mais de trinta anos.

Nos anos 60, Frei Otto fundou o *Center for Development of Light Construction,* juntamente com o *Institute of Light Structures* da Universidade de Estugarda, tendo publicado dezenas de livros e artigos, repletos de ideias inovadoras, e formado uma geração de engenheiros europeus. Entre os seus notáveis projetos, destaca-se o Pavilhão Alemão para a Expo de 1967 em Montreal e o Estádio Olímpico de Munique, em 1972.





(a) (b)

Figura 2-5 a) Pavilhão Alemão para Expo 1967 em Montreal b) Estádio Olímpico de Munique, 1972 (WS6, s.d.).

O segundo grande passo na engenharia das estruturas tensionadas foi dado por Horst Berger, um Engenheiro Civil Alemão. Berger pôs em prática as teorias de Frei Otto, tendo-se tornado no principal responsável pela introdução de estruturas de membrana tensionada na arquitetura moderna. Em 1974, Horst Berger descobre como determinar matematicamente a forma de uma estrutura de tecido de bolhas de sabão. Até esta data, as formas tensionadas podiam ser determinadas através da construção cuidadosa de modelos que podiam ser mergulhados num tanque de sabão. Berger foi também responsável pela construção das maiores e mais belas estruturas tensionadas no mundo, como o Edifício Terminal Haj em Jeddah, Arábia Saudita. Este ajudou também na construção da cobertura do *Great Hall* no Aeroporto de Denver, sendo considerada um caso de teste de carga para estruturas de membrana tensionada, localizada numa área de queda de neve significativa, ventos extremos e tempestades de granizo.

(a) (b) (c)

Figura 2-6 a) Horst Berger, Engenheiro Civil b) Terminal Haj em Jeddah, Arábia Saudita c) Great Hall Aeroporto de Denver (WS7, s.d.).

Em 1983 instalou-se a primeira cobertura em membrana tensionda em contacto com climas extremamente frios, a cobertura do centro Aquático Lindsay Park em Calgary, Alberta (Talisman Centre). Esta estrutura combina camadas de tecido de fibra de vidro revestido a teflon com um enchimento de lã translúcido. A membrana tem um valor insulativo de R16 a R20 enquanto ainda transmite quatro por centro da luz solar disponível, que é suficiente para iluminar toda a instalação durante o dia, sem uso de luz artificial.

Figura 2-7 Talisman Centre – Parque Aquático Lindsay Park em Calgary, Alberta (WS8, s.d.)

2.2 LEQUE DE FORMAS

As estruturas de membrana oferecem geometrias de forma infinita e arquitetonicamente expressivas que melhoram o ambiente urbano. Devido às suas propriedades únicas, tal como o seu baixo peso próprio e elevada deformabilidade, as estruturas de membrana tensionada diferenciam-se das convencionais. Adicionalmente, estas estruturas, uma vez que são apenas esforçadas à tração, poderão adaptar a sua forma de acordo com o fluxo das forças e ainda cobrirem elevados vãos com uma quantidade mínima de material. Contudo, o processo da definição de forma é algo disciplinado, rigoroso e obrigatoriamente baseado num conhecimento profundo em estruturas deste tipo.

Geralmente podemos considerar que existem dois tipos diferentes de formas:

- Formas Anticlásticas (curvatura negativa), também designadas como forma de sela com dupla curvatura, que são tensionadas e equilibradas pela ação do pré-esforço aplicado mecanicamente no plano da membrana;
- Formas Sinclásticas (curvatura positiva) ou esféricas com dupla curvatura, que são tensionadas e equilibradas por pressão pneumática ou hidráulica que atua perpendicularmente à superfície da membrana.

2.2.1 Membranas Tensionadas de Superfície Anticlástica

Como princípio estrutural, é possível estabilizar um elemento no espaço utilizando-se apenas esforços de tração, desde que neste atuem pelo menos 4 forças autoequilibradas, em que os vetores não são complanares. Devido ao seu estado interno de tração, as membranas são capazes de resistir às ações externas a que são submetidas, cobrindo áreas extensas com uma quantidade mínima de material. A superfície tensionada é, por si só, o principal elemento estrutural. A tela é mantida em equilíbrio por reforços posicionados nas fronteiras (tais como cintas ou cabos e platinas de ligação) que se encontram distribuídos no espaço por elementos de suporte (estrutura secundária). A alteração da posição espacial dos elementos de suporte internos e externos permitem a geração de diferentes formas anticlásticas. A Figura 2-8 representa exemplos de estruturas de membrana tensionada com superfície anticlástica, com diferentes formas geométricas, mas utilizando o mesmo princípio fundamental do seu equilíbrio interno.

(a)

(b)

(c)

Figura 2-8 Estruturas Tensionadas de Superfície Anticlástica. a) Urban Loritz Platz (Moreira, 2008), Viena/Austria; b) Pavilhão de Feiras e Exposições Expolima, Ponte de Lima/Portugal; c) Centre Pompidou, Metz/França (WS9, s.d.).

Em estruturas de membrana tensionada com superfície anticlástica, as cargas externas descendentes são absorvidas pela curvatura concava gerada entre os pontos altos, enquanto as cargas ascendentes são absorvidas pela curvatura convexa gerada pelos pontos baixos.

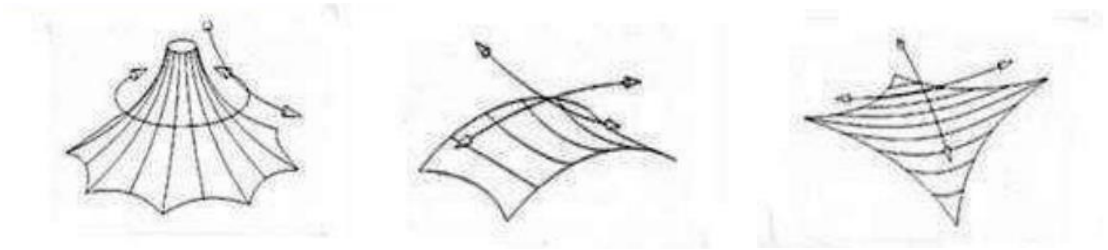


Figura 2-9 Representação da dupla curvatura em membranas tensionadas (Seidel, 2007)

De referir que a distribuição e escala dos elementos de suporte e a forma da membrana têm de ser vistos em relação aos vãos a cobrir e às ações que serão aplicadas.

A forma anticlástica mais básica é a chamada "sela de 4 pontas" (Figura 2-10), definida por pontos altos e baixos alternados e ligados por bordos retos ou curvos.

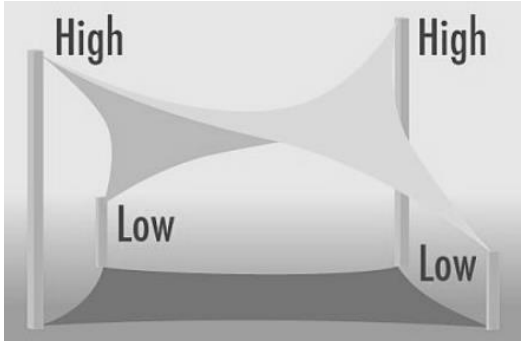


Figura 2-10 Princípio da Sela de 4 Pontas (Stranghöner, et al., 2016)

2.2.2 Membranas Tensionadas de Superfície Sinclástica

As membranas de forma sinclástica possuem curvatura primária em toda a sua superfície, sendo modeladas, pré-esforçadas e estabilizadas por uma diferença de pressão de um gás ou fluido que atua na perpendicular às suas superfícies. As forças que se desenvolvem são proporcionais à curvatura da membrana na medida em que maiores raios de curvatura originam forças maiores. Ao observarmos o comportamento de gotas de água e células vivas, podemos concluir que estruturas modeladas hidrostaticamente convergem para o sistema natural que melhor distribui as cargas. Quanto maior a altura de água, maior a pressão hidrostática formando-se raios de curvatura continuamente variáveis. No entanto, as estruturas insufladas na atmosfera natural podem ser consideradas como sendo

uniformemente carregadas. As primeiras aplicações surgem com o aparecimento dos balões de ar quente, construídos no século XVII em França pelos irmãos Montgolfier.

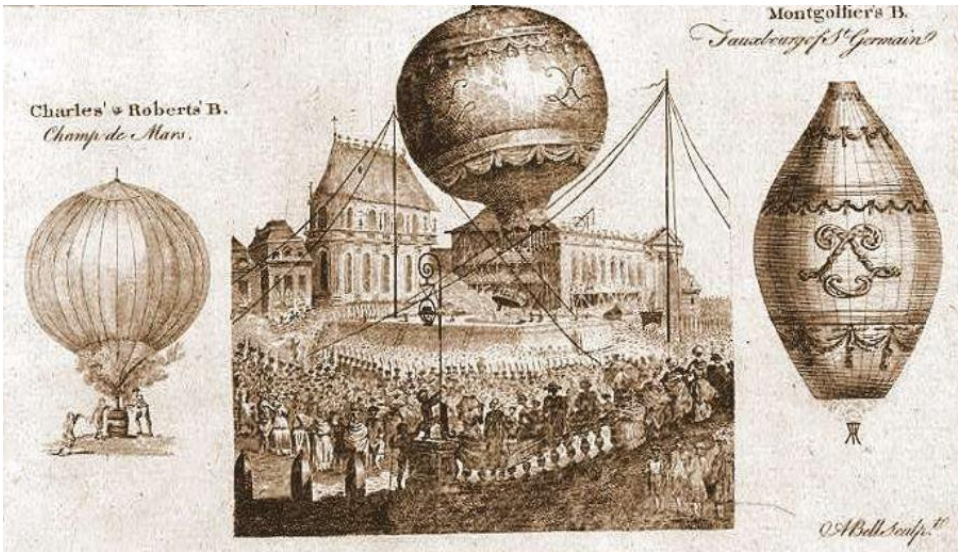


Figura 2-11 Estrutura Sinclástica. Balões de ar quente - Montgolfier (Roland & Otto, 1973)

Hoje em dia, devido à leveza do material, possibilidade de cobrir grandes vãos sem apoios internos, excelente iluminação devido à transparência dos materiais e bom isolamento térmico, a sua aplicação no ramo de engenharia é muito mais abrangente.

Destacam-se duas referências de aplicação de estruturas tensionadas com geometria sinclítica:

- Centro Aquático Nacional, na China, construído em 2008 para receber as competições de natação das Olimpíadas de Beijing. A sua estrutura é composta por 3000 bolsas pneumáticas revestidas com material semelhante ao Teflon (EFTE), criando uma área coberta de mais de 110.000m2;

Figura 2-12 Centro Aquático Nacional. China (WS10, s.d.).

- Jardim botânico Eden Project, na Cornualha Reino Unido, fornecendo um habitat para árvores e plantas de três zonas climáticas diferentes. As cúpulas com extensão mista mínima de 124m, estão localizadas numa pedreira. As cúpulas de curvatura geodésica são concebidas por dupla camada em ETFE (Etileno Tetrafluoroetileno), sendo a superfície exterior concebida com uma geometria hexagonal e a interior por uma geometria triangular. Ambas as camadas estão unidas a elementos estruturais em aço, em configuração piramidal.

Figura 2-13 Jardim Botânico - Eden Project. Reino Unido (WS11, s.d.).

2.2.3 Caracterização, Tipologia e Classificação

A utilização de membranas tensionadas tem-se mostrado muito vasta juntamente com os diferentes propósitos que estas podem servir. Deste modo, e para que seja possível caracterizar uma estrutura de membrana tensionada em relação à sua utilização no tempo, tipologia e prepósito quanto ao meio onde estão inseridas, será apresentado no presente capítulo uma classificação esquemática destes diferentes domínios, ilustrando-se as diferentes qualidades dos materiais têxteis revestidos, como a leveza, translucidez, e variedade de formas arquitetónicas que é possível criar.

O principal objetivo de caracterizar, identificar a tipologia e a respetiva classificação de uma determinada estrutura de membrana tensionada é permitir a comparação e exploração das soluções existentes numa fase de conceção da estrutura.

2.2.3.1 Caracterização da construção quanto à sua utilização no Tempo

As construções de estruturas de membrana tensionada poderão ser consideradas de carácter permanente ou carácter temporário, em função da sua utilização para a qual será dimensionada.

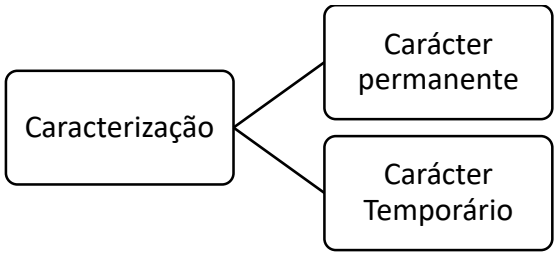


Figura 2-14 Caracterização da Estrutura quanto à sua Utilização no Tempo

2.2.3.1.1 Construções de Carácter Permanente

As construções de membrana tensionada de carácter permanente estão associadas a uma construção, onde o dimensionamento é realizado segundo um determinado período de vida útil e onde permanecerá no mesmo local para as funções a que se destina, com manutenção prevista, mas sem necessidade de grandes reparações.

Um exemplo de uma estrutura de membrana tensionada, de carácter permanente é a cobertura do Aeroporto de Denver. Esta estrutura foi projetada pelo Arquiteto Ian Fraser e o Engenheiro Horst Berger,1993. Trata-se de uma cobertura com 140.000m2, composta por duas camadas de membrana (fibra de vidro e cobertura com Teflon), com espaçamento entre ambas de 60cm para isolamento térmico e acústico.

Figura 2-15 Cobertura em Membrana Tensionada. Aeroporto de Denver (WS12, s.d.).

2.2.3.1.2 Construções de Carácter Temporário

Entenda-se como construções de carácter temporário aquelas que são reversíveis no ambiente, podendo ser desmontadas e transportadas para diferentes locais em curtos espaços de tempo, tais como tendas de eventos, coberturas de palcos de concertos, tendas nómadas, tendas de emergência, etc. A

flexibilidade destas coberturas é conseguida através da precisão dos sistemas modulares, padronização e leveza dos componentes, além da capacidade de ajuste e modularidade das ligações.

A construção "Music Pavilion", em Nova York, USA é um dos exemplos de construção de carácter temporário. Esta cobertura foi desenvolvida pela FLT Architects (Arquitetura) e por McLaren, P.C., Buro Happold (Engenharia), compreendendo a uma solução modular móvel dimensionada para a Filarmónica de Nova York e a "Metropolitan Opera" com objetivo de proporcionar as melhores condições acústicas para os concertos de verão iniciados em 1965 e que acontecem anualmente nos parques.

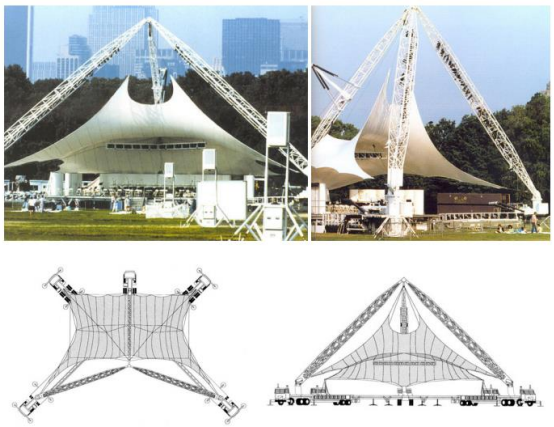


Figura 2-16 *Music Pavilion,* Nova York (Moreira, 2008).

2.2.3.2 Tipologia de Estruturas

Existem diversas tipologias estruturais associadas à forma que se pretende obter, sejam estas estruturas formalizadas por elementos de suporte rígidos, flexíveis ou mistos. Na Figura 2-17 serão identificadas as tipologias mais utilizadas para a composição do sistema estrutural das coberturas de membrana tensionada.

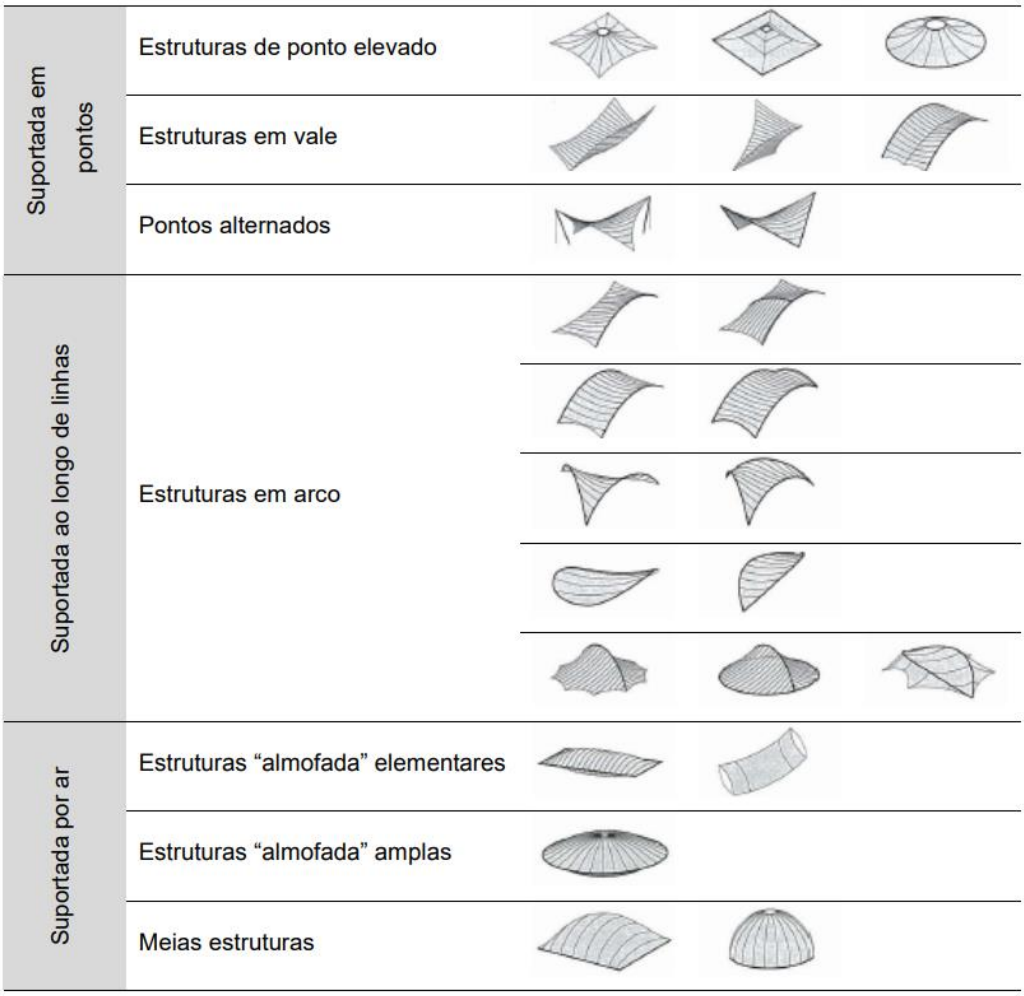


Figura 2-17 Tipologia de Estruturas de acordo com a forma e suporte, adaptado de (Seidel, 2007).

As construções de geometria anticlástica dividem-se em:

- Estruturas de ponto elevado ou estruturas de ponto alto: Superfícies elevadas em um ou mais pontos altos do interior para o exterior;
- Estrutura de Vale (*Rigde and Valley)*: Estruturas que originam um vale no seu ponto mais baixo e um cume no seu ponto mais alto;
- Estrutura de Pontos Alternados: Superfícies paraboloide hiperbólica tensionada a partir de pontos altos e baixos alternados entre si;
- Estruturas em Arco: Superfícies em forma de sela entre vigas de bordadura e/ou intermédias em forma de arco;

As construções de geometria sinclástica geradas pela pressão interna dividem-se em:

- Estruturas “almofada” elementares: Almofadas insufladas em forma de tubo, dispostas de forma paralela entre si;
- Estruturas “almofada” amplas: Almofadas insufladas de grande dimensão;
- Meias estruturas: Estruturas insufladas de grandes dimensões em formato de cúpula;

2.2.3.3 Classificação das Estruturas

Como já referido, as estruturas de membrana tensionada destacam-se pela diversidade de formas e aplicações que são possíveis de realizar. A classificação das estruturas pode resultar da avaliação de diferentes aspetos como a sua função para a qual é projetada (transmissão de luz, sombreamento, proteção solar, proteção contra chuva, projeção de imagem, funcionamento acústico, integração paisagística, etc.).

Na figura abaixo, apresenta-se as classificações mais correntes na aplicação de estruturas de membrana tensionada.

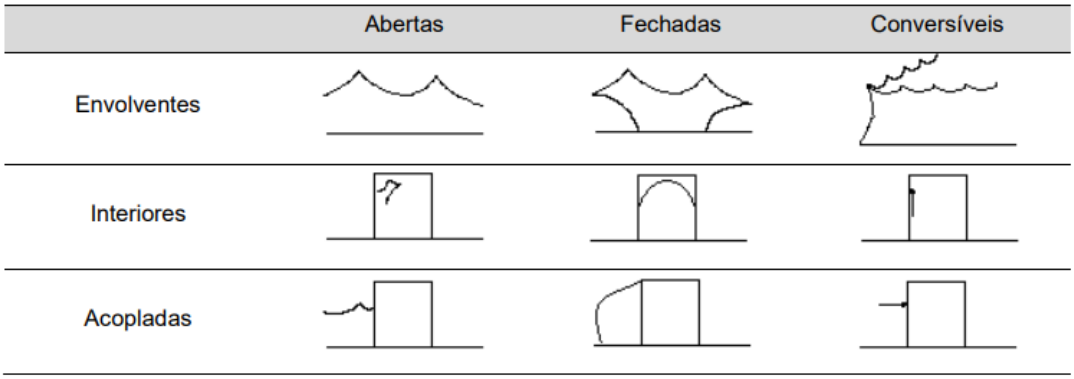


Figura 2-18 Classificação das estruturas de membrana tensionada, adaptado de (Moreira, 2008).

Serão em seguida apresentados exemplos de classificação mais utilizados no âmbito de estruturas de membrana tensionada, sendo que informação mais detalhada quanto à classificação deste tipo de estruturas poderá ser consultada em (Moreira, 2008) e (Forster & Mollaert, 2004).

A estrutura de membrana tensionada que será alvo de dimensionamento contida neste documento é um exemplo de uma estrutura Aberta Envolvente. A construção realizada em Ferreira do Alentejo, Portugal, visa a proteção solar e chuva para os utentes de um anfiteatro localizado no Jardim Municipal, promovendo ainda a qualidade acústica no seu interior.

Figura 2-19 Estrutura de Membrana Tensionada no Anfiteatro do Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo.

A cobertura do estádio de Futebol de Frankfurt é um exemplo de estrutura conversível acoplada, onde a sua forma poderá ser recolhida com a frequência que se deseje em função das condições meteorológicas.

a) b)

Figura 2-20 Cobertura do Estádio de Futebol de Frankfurt. a) Membrana aberta b) Membrana recolhida (WS13, s.d.).

A estrutura do Centro de entretenimento Khan Shatyr no Cazaquistão, Astana, considerada a estrutura tensionada mais alta do mundo (150m de altura) é um exemplo de uma estrutura fechada e envolvente representando um novo espaço cívico, cultural e social para a habitantes de Astana, reunindo uma vasta gama de atividades dentro de uma envolvente climática que proporciona um ambiente confortável durante todo o ano. Esta estrutura inclui ainda um parque à escala urbana, juntamente com uma variedade de instalações de entretenimento e lazer, incluindo cafés, restaurantes, cinemas, etc.

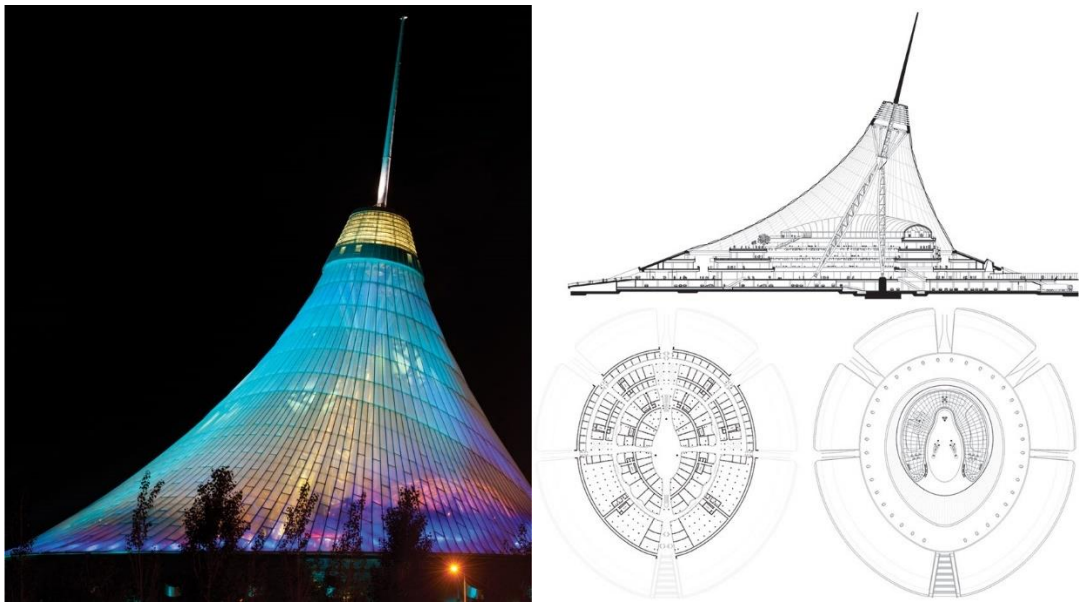


Figura 2-21 Centro de Entretenimento Khan Shatyr, Cazaquistão, Astana (WS14, s.d.).

2.3 QUALIDADES CONSTRUTIVAS

As qualidades construtivas das estruturas de membrana tensionada são, de facto, muito especiais quando comparadas com os métodos construtivos tradicionais, essencialmente devido às formas orgânicas possíveis de se desenvolver juntamente com a natureza dos seus materiais constituintes, tornando-as únicas.

Entre outras qualidades, o capítulo em apreço refere as qualidades construtivas mais evidentes na construção de estruturas de membrana tensionada.

2.3.1 Leveza

O peso próprio da estrutura em membrana tensionada é reduzido quando comparado com soluções tradicionais. Esta qualidade é conseguida pelo facto da sua estabilidade não depender da massa de material utilizada, mas sim da sua configuração inicial pré-esforçada. O rácio peso/área mostra-se interessante arquitetonicamente pela oportunidade de expressar leveza e estabilidade de uma forma coerente e unificada através da conceção de cada detalhe.

Figura 2-22 Palco de Concertos Radolfzell, Alemanha (Ferreira, 2010).

2.3.2 Translucidez e condução de luz

A iluminação do espaço interior através da translucidez da membrana é das qualidades mais apreciadas das coberturas tensionadas promovendo um papel importante na eficiência energética. Para além da translucidez, a condução da luz pelas fibras da membrana também promove um excelente efeito de luz que pode tornar a estrutura numa escultura de luz. O grau de opacidade da membrana depende do tipo de fibra que forma a base estrutural, da cor do seu revestimento ou da sua microperfuração. Geralmente, este parâmetro varia entre 10% e 20%, mas existem materiais com 40%, assim como outros completamente opacos, como por exemplo, as membranas para projeção de imagem multimédia. A adição de revestimentos pigmentados ou padrões pode também servir para ajustar o nível de transmissão de luz.

a) b)

Figura 2-23 a) Ruas do Centro Histórico de Abrantes; Eye Beacon Pavilion, Amesterdão (WS15, s.d.).

2.3.3 Flexibilidade

As estruturas em membrana tensionada não são rígidas, podendo alterar a sua forma quando sob a ação do vento ou da neve. A sua geometria responde à solicitação deformando-se, desenvolvendo raios de curvatura mais apertados na direção da ação, e encontrando-se assim uma forma estrutural mais eficiente para fazer face a essas condições particulares de carregamento (Forster & Mollaert, 2004).

A flexibilidade das membranas é uma qualidade que se evidencia das estruturas tradicionais, pois permitem a dobragem de uma determinada área de cobertura em elementos mais pequenos possíveis de transportar. A sua flexibilidade também permite a retractilidade da estrutura.

Figura 2-24 Mesquita em Medina, Arábia Saudita (WS16, s.d.).

2.3.4 Esculturalidade

As geometrias tridimensionais que são possíveis de se desenvolver em estruturas de membrana tensionada dependem da criatividade Arquitetónica, uma vez que apresentam uma grandeza infinita de possibilidades, uma pequena variação de pré-tensão, um reposicionamento do elemento de suporte da membrana ou uma curvatura da bordadura da membrana diferentes, produzindo resultados completamente distintos na sua geometria.

Figura 2-25 Serpentine Sackler Gallery, Reino Unido, Londres (WS17, s.d.).

2.3.5 Segurança

As estruturas de membrana tensionada são concebidas segundo a regulamentação, manuais e tecnologias computacionais ou físicas existentes. Estas estruturas são particularmente estáveis a ações horizontais, como ação sísmica. Em caso de colapso, geralmente estas estruturas tendem a ser menos perigosas do que os sistemas construtivos tradicionais. O projetista concebe ainda soluções hiperestáticas que garantem que em caso de falha da membrana tensionada, os elementos de suporte permaneçam estáveis, que são geralmente os mais perigosos devido ao seu peso próprio.

a) b)

Figura 2-26 a) Thowal Majlis Tent, Jeddah, Arábia Saudita. (Moreira, 2008) b) Sistema de segurança na rótula da treliça em caso de colapso, Ferreira do Alentejo, Portugal.

2.3.6 Forma Arquitetónica Expressiva

A geometria das estruturas de membrana tensionada pela sua naturalidade, associadas à imponência e características fortes, juntamente com a possibilidade de poucos elementos de apoio, criam um impacto visual forte e uma beleza natural. São normalmente estruturas que se enquadram em qualquer ambiente, quer seja natural, histórico ou moderno.

a)

b)

Figura 2-27 a) Parque infantil do Parque nossa Senhora das Dores, Trofa, Portugal. b) The Sun Station, Santiago de Chile, Chile (WS18, s.d.).

2.3.7 Proteção Climática

Para além da geometria arquitetonicamente interessante, as estruturas de membrana tensionada promovem ainda o abrigo e conforto face às condições climatéricas como sol, chuva, neve, vento, dependendo do local onde é instalada. Existe inúmeras diversidades de composição de materiais de revestimento de membrana que deverão ser escolhidos de modo a garantir o fim para a qual é projetada. Materiais de estrutura porosa poderão ser utilizados para criar sombra, que por vezes poderão ser associados a revestimentos de proteção térmica controlando o conforto no interior da cobertura.

Quando o objetivo é proteger da chuva deverá ser projetado o sistema de drenagem de águas pluviais para um escoamento rápido das águas. Existem também sistemas de aquecimento superior da membrana que previnem a acumulação de neve excessiva sobre a cobertura. O projetista deverá conceber o sistema adequado, de movo a evitar fenómenos de *ponding*, que se traduz na acumulação de água e/ou neve quando a membrana sofre deformação.

Figura 2-28 Schierker Feuerstein Arena, Wernigerode, Alemanha (WS19, s.d.).

2.3.8 Mobilidade e Efemeridade

A leveza e a flexibilidade destas estruturas em membrana tensionada conferem vantagens claras sobre as restantes construções quando projetadas para serem reversíveis no ambiente, pois permitem que estas estruturas sejam transportadas e dobradas fácil e rapidamente e se torne em elementos de curtas dimensões, o que favorece o seu armazenamento quando não são montadas.

Estas características são úteis para estruturas temporárias e móveis, e essências no caso de emergências e catástrofes em que é necessário criar abrigos para um grande número de pessoas em pouco tempo.

Figura 2-29 Tesla Tent, Fremont, Califórnia (WS20, s.d.).

2.3.9 Convertibilidade e Adaptabilidade

Estruturas de membrana tensionada conversíveis caracterizam-se pela possibilidade de modificar a sua forma através de equipamentos mecânicos, adaptando-se assim às necessidades do ambiente onde são instaladas. Esta característica permite a possibilidade de eficiência energética e térmica através do controlo da luz natural e da temperatura interna.

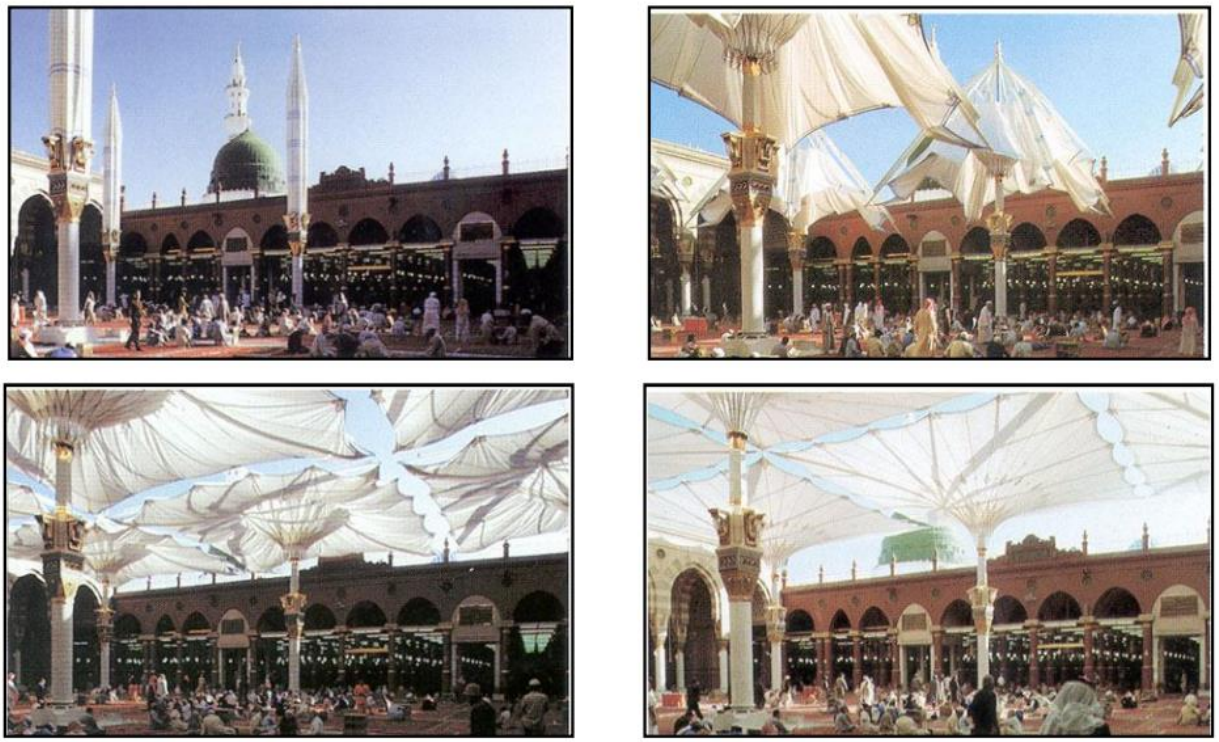


Figura 2-30 Mesquita em Medina, Arábia Saudita adaptado de (Moreira, 2008).

CAPÍTULO 3

ENGENHARIA DAS MEMBRANAS TENSIONADAS

3.1 FORMAS E COMPORTAMENTO

As formas e comportamento de uma estrutura de membrana tensionada diferem substancialmente das estruturas correntes estruturas porticadas com comportamento linear elástico, usualmente utilizadas nas construções convencionais.

Os projetistas preocupam-se com três fatores estruturais primários: escolha da forma da superfície, níveis de pré-esforço a instalar e a sua deformabilidade, levando ainda em conta considerações relacionadas com os aspetos ambientais, local da instalação e a escolha adequada do tipo e classe de material a empregar.

3.1.1 Configuração das Superfícies

Durante décadas, o ser humano tem vindo a copiar, imitar e aprender com a natureza. Para que os desenhos ficassem em harmonia, os engenheiros e arquitetos Gregos usavam a natureza para imitar as suas proporções. Hoje em dia, designers continuam a usar uma constante Phi, (Phi=1.618), também designada de proporção “Aurea” que consiste numa constante real algébrica irracional obtida quando dividimos uma reta em dois segmentos de forma que o segmento mais longo da reta dividida pelo segmento menor seja igual à reta completa dividida pelo segmento mais longo. O nome Áurea é dado em homenagem ao escultor Phideas (Fídias). Arquitetos, designers e engenheiros pretendiam estabelecer uma ligação entre a construção e a natureza.

Biónica e biomimetismo, são dois dos movimentos envolvidos na ideia de ligar a natureza com as invenções humanas. A biónica é a aplicação de métodos e sistemas biológicos encontrados na natureza. O processo de "copiar, imitar e aprender com a biologia" foi concebido por Jack Steele já em 1960. Para sobreviver, seremos forçados no futuro a concentrar uma grande parte do nosso pensamento e ação para nos aproximarmos o mais possível de um equilíbrio natural entre o consumo inteligente de recursos não renováveis e uma reciclagem total. A Biomimétrica defende a apreciação e compreensão da forma como a natureza funciona. A natureza é vista como um modelo, medida e mentor. Este é um método inovador

que procura soluções sustentáveis, emulando os padrões e camadas da natureza testados ao longo do tempo. O objetivo fundamental é criar produtos, processos, medidas e ferramentas que se adaptem à vida em terra ao longo de um longo percurso.

3.1.2 Membrana Tensionada

A membrana é uma superfície linear e contínua de funcionamento estrutural bidimensional, onde o seu peso e espessura são baixos, mas a sua estabilidade e capacidade de resistir aos carregamentos externos e internos e conduzir estes esforços até aos seus pontos de suporte é bastante eficaz. Quando a membrana é submetida a pré-tensão, a superfície mostra-nos o caminho das forças para onde estão a ser distribuídas, podendo mesmo ser feita uma analogia como uma rede de cabos internos.

3.1.2.1 Comportamento da membrana tensionada – Analogia de Rede de Cabos

Um cabo é um elemento estrutural esbelto, unidimensional que, quando comprimido ou carregado lateralmente, devido à sua falta de rigidez à flexão e compressão, torna-se instável e altera a sua geometria em função do tipo de carregamento designando-se de funicular ("funis": corda, "gonia": ângulo). Geralmente o cabo adota as seguintes geometrias: catenária (cabo suspenso entre dois pontos), circular (cabo carregado uniformemente em ângulos iguais), parabólica (cabo sob cargas iguais aplicadas em intervalos uniformes), ou cabo suspenso sob ação de carga concentrada.

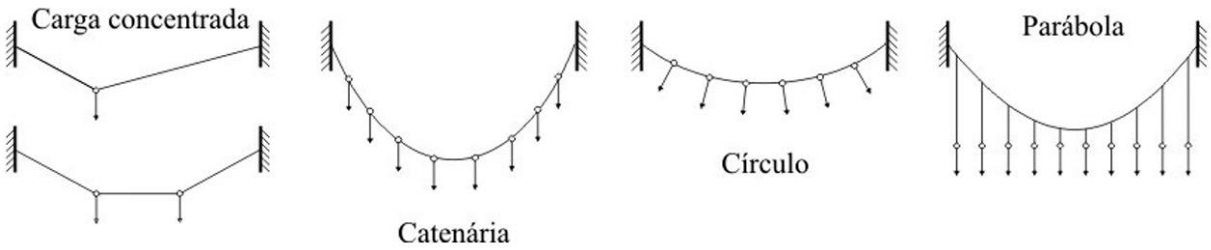


Figura 3-1 Geometrias típicas dos cabos com carregamento, Fonte: Adaptado de (Otto & Trostel, 1969).

No entanto, quando o carregamento é axial e de tração, o cabo é capaz de suportar carregamentos elevados que se distribuem de forma uniforme ao longo da sua seção transversal. Como tal o seu equilíbrio só é possível na configuração deformada.

Fazendo a mesma analogia para uma estrutura bidimensional composta por elementos lineares (malha de cabos) disposta livremente, segundo o seu peso próprio, percebe-se que a estrutura é flexível, correspondendo ao mesmo comportamento estrutural dos cabos (a sua estabilidade só é possível na sua configuração deformada).

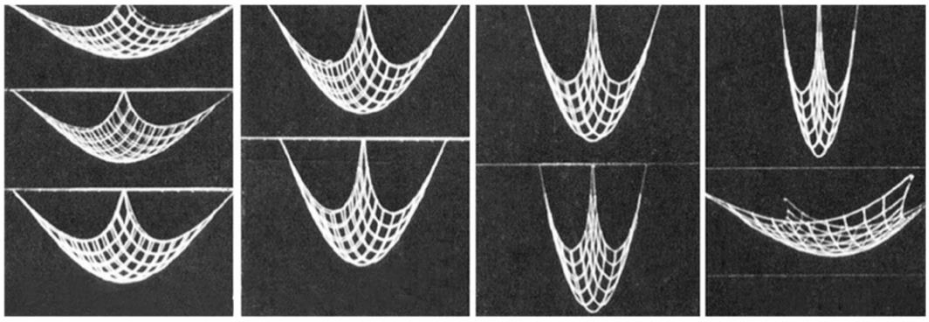


Figura 3-2 Malha ou rede de cabos disposta livremente segundo peso próprio: Estrutura flexível, Fonte: Adaptado de (Otto & Trostel, 1969).

Tendo em conta o seu funcionamento estrutural, a forma de garantir estabilidade e rigidez da superfície flexível é aplicar um par de elementos de superfície (cabos) ancorados e fracionados em direções opostas (planos mutuamente perpendiculares), dando origem a uma superfície empenada, de dupla curvatura (superfície anticlástica), que consequentemente diminui o efeito de mudança de geometria para cargas normais ao seu plano e sintetiza o comportamento e conjunto continuo do sistema flexível em estudo o que proporciona a sua estabilidade tridimensional. Poderá ser consultada mais informação sobre desempenho e geometria da membrana em (Otto & Trostel, 1969).

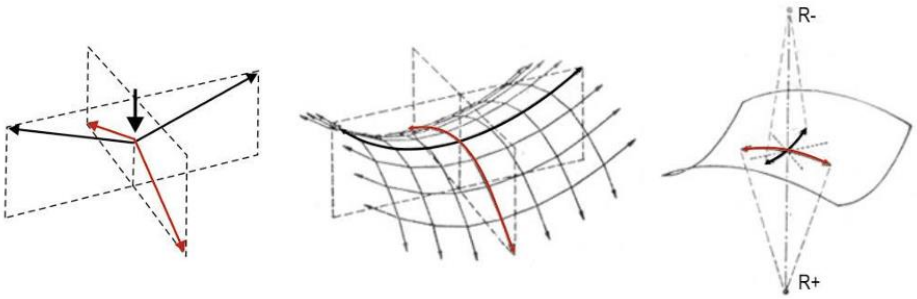


Figura 3-3 Condição mínima para estabilizar uma superfície flexível (rede de cabos): Par de elementos (cabos), superfície ancorada e fracionada em direções opostas entre si, adaptado de (Roland & Otto, 1973).

3.1.3 Superfície minimalista ou superfície mínima

De que forma a natureza escolhe as suas formas? Por que motivo a bolha de sabão é uma esfera? Ao criarmos bolhas de sabão notamos que as formas criadas pela varinha de bolhas são esferas, independentemente do seu contorno, o resultado final será sempre uma esfera. A natureza é inteligente e utiliza a menor quantidade passível de película de sabão para criar as suas formas. Matematicamente,

a superfície mínima é definida como superfícies de curvatura média zero. O equilíbrio das superfícies mínimas, provem da tensão instalada, onde o equilíbrio numa direção é igual ao equilíbrio na direção contraria. As superfícies mínimas são definidas como um campo de tensões isotrópicas e homogéneas de magnitude constante. Isotrópico é caracterizado pelas tensões uniformes em todas as direções. Charles Vernon Boys, realizou as primeiras pesquisas na mecânica das superfícies formadas por bolhas de sabão que podem ser vistas em (Boys, 1891).

Figura 3-4 Bolhas de Sabão – Superfície mínima (WS21, s.d.)-

A aplicação de superfície mínima em estruturas de membrana tensionada é interessante na modelação da superfície, uma vez que conduz à forma mais económica para uma membrana pré-tensionada e não carregada através da utilização de uma superfície de menor área dentro de um limite predeterminado e a menor quantidade de energia potencial. No entanto, esta afirmação só é valida se os carregamentos ascendentes (vento) e descendentes (cargas permanentes, vento, neve, etc.) tivessem a mesma magnitude, o que normalmente não acontece na prática. Assim sendo, nem sempre a superfície mínima é a forma ideal pois as superfícies ficam sujeitas à variação dos raios de curvatura para equilibrar as ações externas ou minimizar as tensões nos cabos de bordadura. Ainda assim, e segundo (Gründig, Moncrieff, Singer, & Ströbel, 2000), a forma sob tensão constante deve ser vista como uma referência ao início do processo de dimensionamento e "design" e não como uma meta, pois raramente pode ser mantida.

A analogia física da película de sabão é aqui útil na medida em que esta apenas se pode formar dentro de um sistema de elementos fronteira cuja geometria permita a existência de trações equilibradas entre as suas moléculas. Devido a estas características e apesar da dificuldade de registo e manipulação de elementos físicos, de dimensões reduzidas e vida útil relativamente curta, a modelação de estruturas de superfície mínima foi muito utilizada por Frei Otto no "design" e no desenvolvimento de estruturas de membrana tensionada, possibilitando uma primeira análise simplificada da forma e comportamento das

membranas sem carregamento (Forma Inicial). A Figura 3-5 ilustra um modelo físico de uma cobertura realizada em película de sabão.

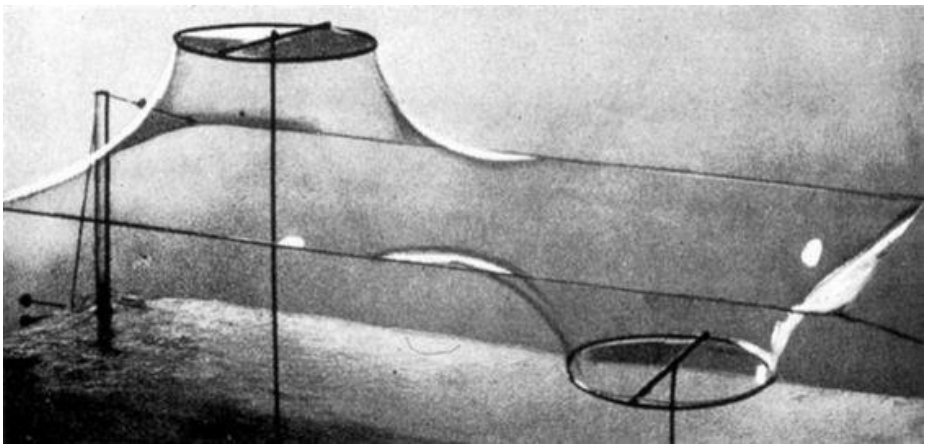


Figura 3-5 Modelo em película de sabão de uma cobertura (Otto & Trostel, 1969).

3.2 BASE DE GEOMETRIAS 3D

É possível criar uma diversidade enorme de formas através de equações matemáticas sobre eixos X,Y e Z. Uma equação linear simples como y=x+1 desenha um vetor no plano cartesiano. Quando queremos expressar formas que definem o início da superfície de dupla curvatura, passamos a utilizar uma equação não-linear como $y=x^2+0$ que, como resultado, corresponde graficamente a uma parábola no plano cartesiano.

Figura 3-6 Representação gráfica: Equação Linear e Equação não linear.

3.2.1 Parábola

Na Figura 3-7 vemos como podemos desenhar duas parábolas em direções diferentes com uma equação como $y = x^2 + 1$ que. Como resultado, desenha uma parábola na direção positiva do eixo x. Definindo a equação como $y = - x^2 + 1$ desenha a parábola na direção oposta no eixo do X negativo no plano cartesiano.

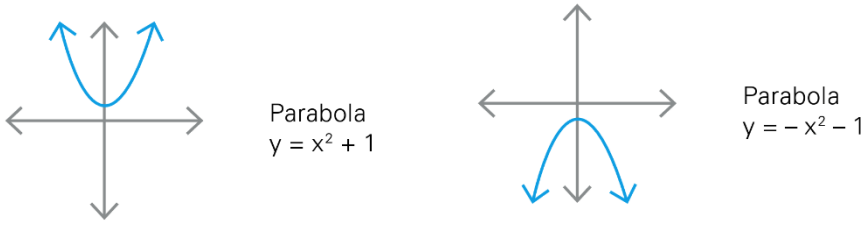


Figura 3-7 Representação gráfica: Parábola

3.2.2 Hipérbole

As equações seguintes introduzem uma forma muito importante que nos ajudará a definir qual será a forma básica e a primeira forma de uma superfície de dupla curvatura. Com a equação $x^2 - y^2 = 1$, podemos desenhar no plano cartesiano a forma de uma hipérbole. A equação $(x^2 - y^2 - 1)(x^2 - y^2 + 1) = 0$ irá desenhar duas formas de uma hipérbole no plano cartesiano. Se olharmos para a segunda equação $(x^2 - y^2 - 1)(x^2 - y^2 + 1) = 0$ a partir de uma vista de cima, já podemos começar a definir que se parece com uma hipérbole de quatro pontos.

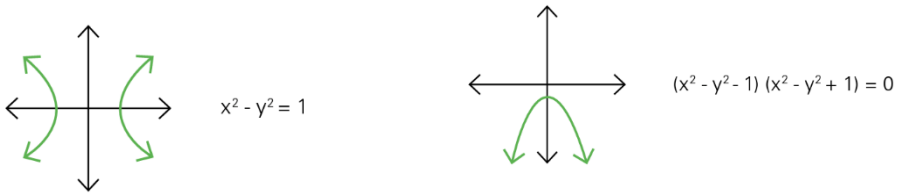


Figura 3-8 Representação gráfica: Hipérbole

Podemos visualizar o seu aspeto em 3D nos eixos de X, Y e Z. A imagem 1 da Figura 3-9 mostra um Paraboloide Hiperbólico (dupla curvatura) com duas parábolas (vermelho) em direções opostas e uma hipérbole (verde). A imagem 2 da mesma figura mostra um Paraboloide Elíptico (dupla curvatura) com duas parábolas (vermelho) em direções opostas e uma hipérbole (azul).

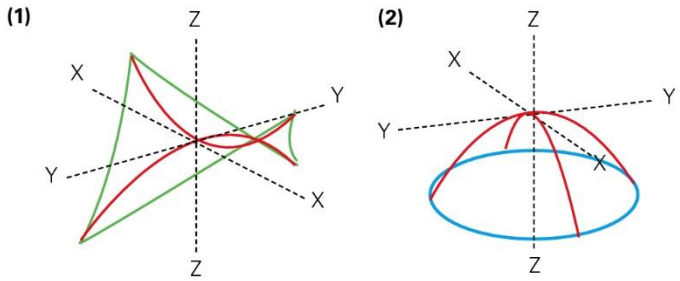


Figura 3-9 Representação gráfica: (1) Paraboloide Hiperbólico; (2= Paraboloide Elíptico.

3.2.3 Superfícies Quadráticas

O Paraboloide Hiperbólico é a forma mais típica em estruturas de membrana tensionada. Trata-se de uma superfície quadrática com duas curvaturas em direções opostas onde a sua equação pode ser expressa como $(z/c) = (x^2/a^2) - (y^2 - b^2)$. O Paraboloide Elíptico é também uma forma muito típica aplicada a estruturas de membrana tensionada, sendo normalmente utilizadas para superfícies pneumáticas. É uma superfície quadrática sem curvatura na mesma direção e a equação pode ser expressa como $(z/c) = (x^2/a^2) + (y^2 - b^2)$.

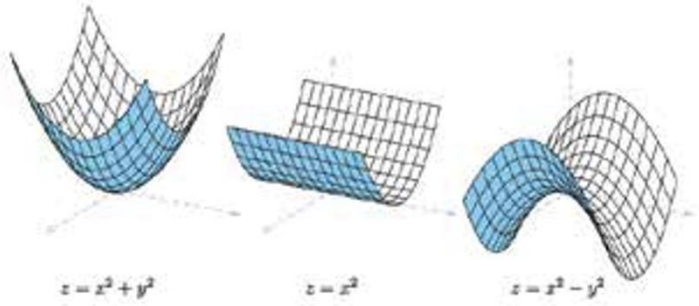


Figura 3-10 Representação gráfica: Superfícies quadráticas.

3.2.4 Superfícies Anticlásticas e Sinclasticas

As seguintes imagens representam a tipologia de formas que as estruturas tensionada são. Duas parábolas ou curvaturas em direções opostas definidas como formas anticlásticas e duas parábolas ou curvaturas nas mesmas direções definidas como formas sinclásticas. No caso das formas anticlásticas, podemos desenhá-lo como Paraboloide Hiperbólico (1) e no caso da forma sinclástica, podemos desenhá-lo como Paraboloide Elíptico (2).

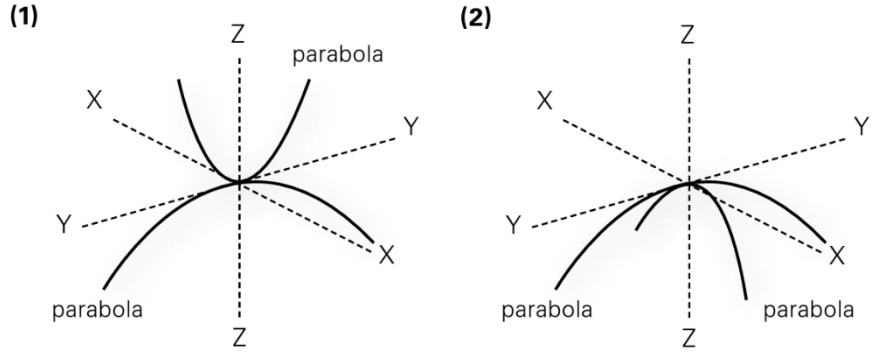


Figura 3-11 Representação Gráfica: (1) Formas Anticlásticas; (2) Formas Sinclásticas.

3.2.5 Curvatura Gaussiana

A curvatura Gaussiana, ou curvatura de Gauss de um ponto sobre uma superfície é o produto das curvaturas principais, κ1 e κ2, de um determinado ponto. É uma medida intrínseca de curvatura, onde o seu valor depende somente de como as distâncias são medidas sobre a superfície e não da forma como estão imersas no espaço. Na curvatura de Gauss, o resultado do K = (k1) (k2) como valor negativo desenhará uma forma hiperbólica e este resultado negativo em cada ponto da superfície garantirá o equilíbrio sob qualquer carga aplicada (a). K= (k1) (k2) como valor 0 desenhará uma forma de curvatura não duplicada, um cilindro, por exemplo (b) e K= (k1) (k2) como valor positivo desenhará uma forma de esfera (c). A curvatura gaussiana tem o nome de Carl Friedrich Gauss, que publicou o seu teorema em 1827.

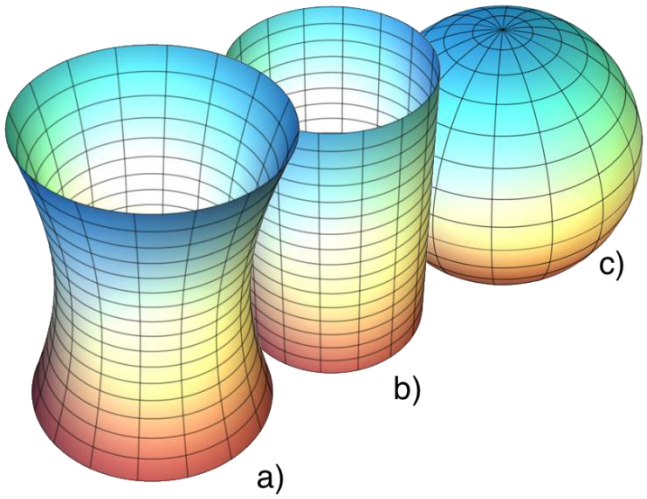


Figura 3-12 Representação gráfica: Curvatura Gaussiana.

3.3 PRINCÍPIOS ESTRUTURAIS

Como já referido, uma estrutura de membrana tensionada é uma combinação de um material de superfície (membrana) e elementos de suporte. Abaixo será feito um breve resumo dos princípios estruturais básicos necessários a ter em conta para obtenção de eficiência estrutural na conceção de uma estrutura de membrana tensionada.

3.3.1 Aplicação de Tensão

Para que uma estrutura seja estática, é necessário encontrar o ponto de equilíbrio da estrutura. Quando todas as forças que atuam num determinado objeto estão em equilíbrio, a estrutura permanece

estável e sem movimento. Exemplificando, se pendurarmos uma corda livremente, esta tenderá à forma de uma linha instável, no entanto, se aplicarmos tensão na corda a mesma ficará estável. Se colocarmos uma corda horizontal e a fixarmos nas extremidades, a forma obtida será uma centenária instável, no entanto, se nesta mesma corda aplicarmos tensão axial e ainda adicionarmos um terceiro ponto de tensão, criamos uma corda estável e sem movimento.

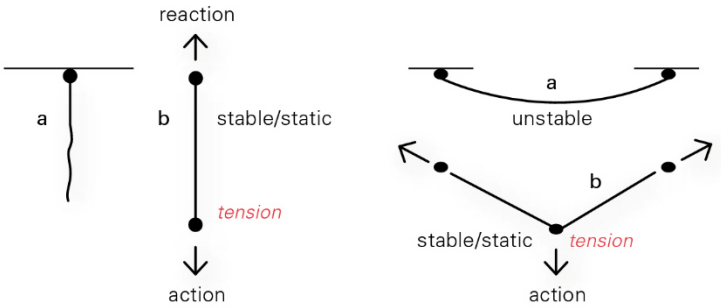


Figura 3-13 Princípio básico para a equilíbrio de um elemento flexível.

3.3.2 Dupla Curvatura

A fim de criar uma forma que possa cumprir os princípios estruturais de estruturas de membrana tensionada, precisamos de uma superfície de dupla curvatura. Se tomarmos a imagem 1 da Figura 3-14 como exemplo, e convertermos os vértices em pontos altos em dois pontos altos e dois pontos baixos obtemos uma forma com curvaturas duplas estáveis indo de encontro com o princípio fundamental das estruturas tensionada. De notar que se pressionamos o ponto de interseção das cordas encontramos uma forma estável.

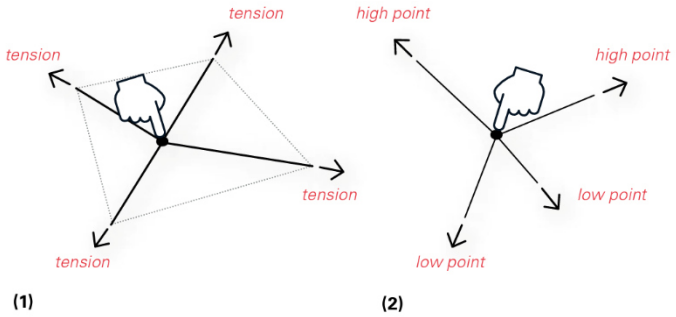


Figura 3-14 Princípio básico para o equilíbrio de uma membrana tensionada.

3.3.3 Forma anticlástica versus sinclástica

Como já referido anteriormente, as estruturas de membrana tensionada podem ter uma geometria anticlástica ou sinclástica. Se introduzirmos em um software de produção matemática gráfica a equação $(z / c) = (x^2 / a^2) - (y^2 - b^2)$ e alterarmos o símbolo positivo (+) ou negativo (-) o resultado será uma conversão de uma superfície anticlástica (2) para uma superfície sinclástica (1).

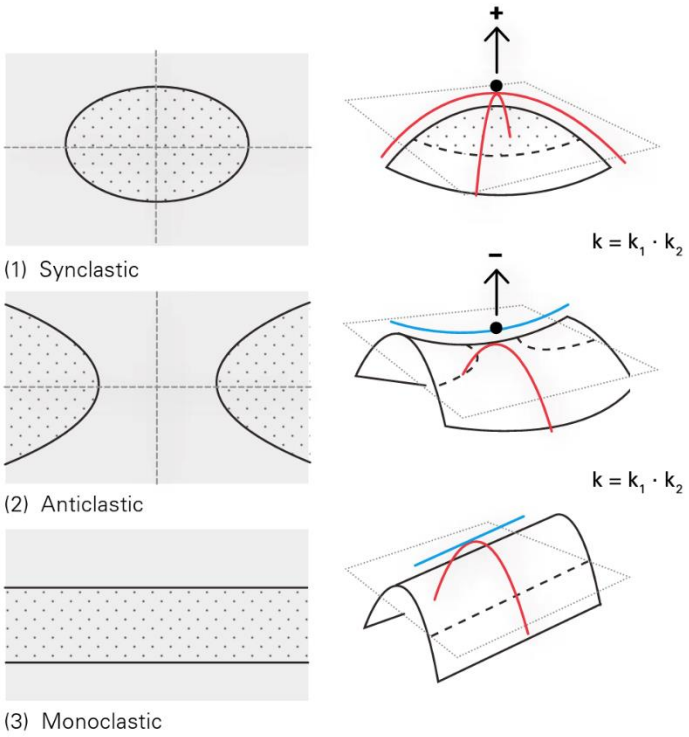


Figura 3-15 Formas Anticlásticas vs Sinclásticas.

3.3.4 Ângulos grandes versus ângulos pequenos

Levantar um peso num ângulo maior (4) a elevação é sempre mais difícil. De forma análoga, se o mesmo peso for levantado num ângulo menor será mais fácil e de levantar.

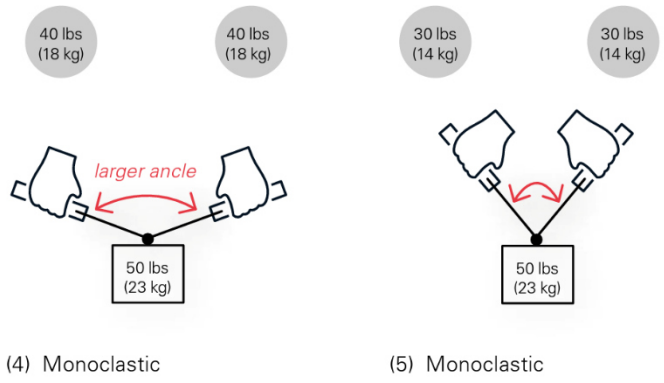


Figura 3-16 Principio básico: Distribuição de forças.

3.3.5 Grande versus pequena curvatura

Este princípio está intrinsecamente ligado com o anterior, onde as curvaturas das superfícies são comparadas com o ângulo do exemplo anterior. As imagens seguintes ilustram um comportamento semelhante na superfície com maior e menor curvatura. Uma estrutura de membrana tensionada é composta pela membrana de cobertura e uma estrutura de suporte. Como tal, a curvatura mais alta e mais baixa tem um efeito direto no custo do dimensionamento, materiais, fabricação, transporte e instalação. Assim, uma superfície com menor curvatura requer mais força. Por este motivo, os elementos de suporte serão maiores e a superfície terá de transportar mais força e menos rigidez na superfície da membrana. Já no caso de uma superfície com uma maior curvatura pode ser criada com menos força em comparação com uma superfície de menor curvatura. Neste caso, os elementos de suporte serão mais pequenos e a superfície precisará de transportar menos força. Em suma, com maior curvatura obtemos mais rigidez na superfície da membrana e elementos de suporte mais leves, com uma baixa curvatura resultará em menos rigidez e elementos de suporte mais pesados.

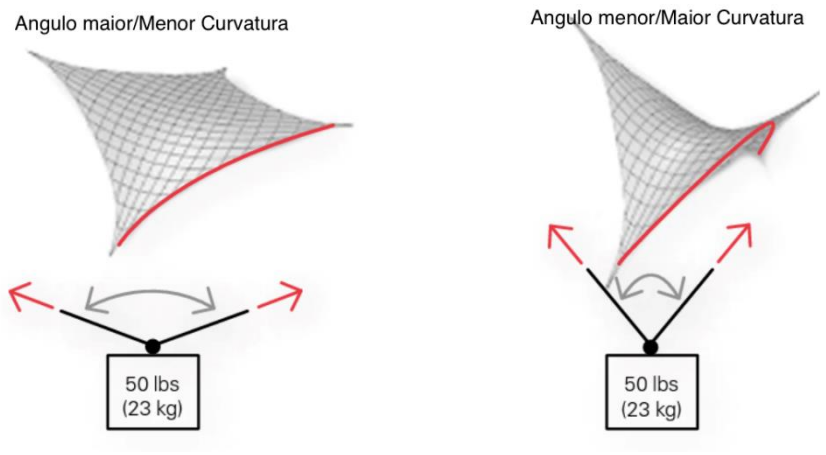


Figura 3-17 Distribuição de esforços com ângulos pequenos e grandes.

3.3.6 Curvatura dos bordos de contorno da Superfície

As duas hipérboles da superfície paraboloide hiperbólica são também comparadas com ângulo do princípio anterior. As imagens seguintes mostram os diferentes comportamentos de uma superfície com um bordo menos curvado e um bordo mais curvado. O bordo com menor curvatura resultará em menos rigidez e o bordo com mais curvatura resultará em mais rigidez sobre na superfície.

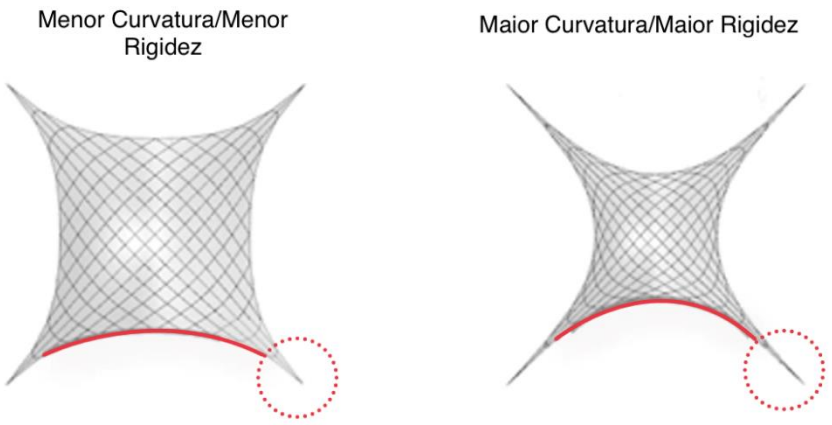


Figura 3-18 Curvatura dos bordos da superfície.

3.3.7 Superfície Plana versus Superfície Curva

É impossível criar dupla curvatura numa superfície concebida por três vértices. Para o fazer necessitamos de pelo menos quatro vértices (também denominado de pontos de amarração, ancoráveis

ou pontos de fixação), já que estruturas planas não são uma escolha em estruturas de membrana tensionada.

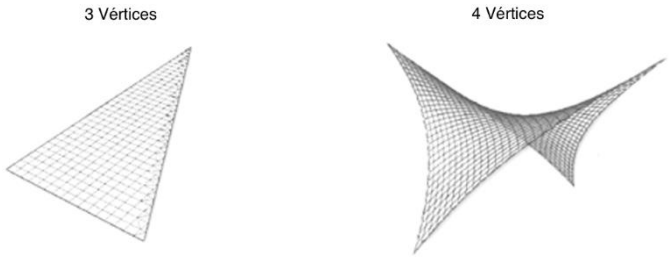


Figura 3-19 Superfície plana vs superfície curva.

3.3.8 Cantos pares

Não se pode afirmar que este princípio seja um princípio estrutural. No entanto, a criação de superfícies utilizando uma quantidade par de cantos ajuda imenso na conceção de estruturas de membrana tensionada. Isto deve-se ao facto de que será mais fácil criar maior curvatura das formas anticlástica com cantos pares do que com cantos ímpares. Não obstante, seremos capazes de criar qualquer tipo de formas anticlástica com qualquer quantidade de cantos, mas será necessária alguma experiência para alcançar a maior curvatura como resultado final.

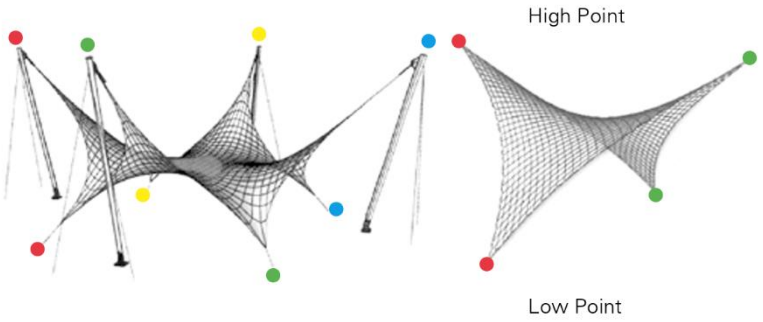


Figura 3-20 Superfície anticlástica. Cantos pares.

3.3.9 Evitar zonas de superfície planas

Para evitar que água, neve ou outros sólidos ou líquidos se acumulem na superfície é importante que a modelação da superfície 3D não contenha quaisquer áreas planas. Uma superfície plana que permita a acumulação de sólidos ou líquidos faz com que haja uma acumulação de carga na superfície podendo conduzir ao seu colapso.

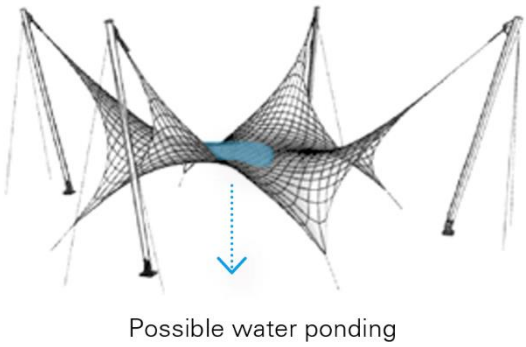


Figura 3-21 Modelação da superfície. Zonas planas para acumulação de sólidos ou líquidos

3.3.10 Drenagem de águas

Ao conceber uma estrutura de membrana tensionada é sempre fundamental elaborar um sistema que permita a remoção da água que possa ficar acumulada na superfície. Sendo esta uma tarefa simples, normalmente é esquecida e conduz a erros significativos. Através de simulações matemáticas ou modelos físicos é possível estudar o comportamento da drenagem da água na superfície.

3.3.11 Tensão versus compressão

Tensegridade ou integridade tensionada é uma propriedade presente em objetos que pela combinação de compressão e tração garantem a sua estabilidade. O termo *Tensegrity* (integridade tensionada) foi criado por Buckminster Fuller em 1960 e é muitas vezes utilizado em estruturas de membrana tensionada de qualquer dimensão e estruturas de grande vão.

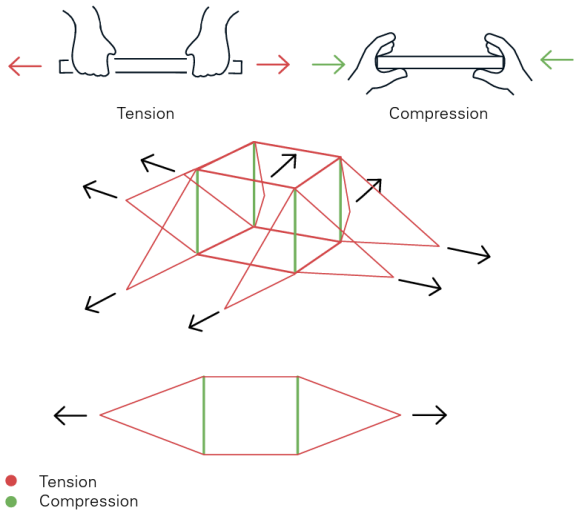


Figura 3-22 Tensegridade em estruturas.

3.4 ENCONTRO DA CONFIGURAÇÃO GEOMÉTRICA (*FORM FINDING*)

A primeira etapa a realizar na conceção de uma estrutura de membrana tensionada, é encontrar a forma inicial da superfície. Este processo pode ser realizado através do processo *Form Finding*. A arte de encontrar a configuração geométrica inicial é o encontro da configuração geométrica da membrana que fica em equilíbrio no seu estado de deformação devido às forças de pré-esforço inicial. O processo *Form Finding* é muito fiável e normalmente conduz a resultados corretos quando aplicados na realidade, no entanto é sempre recomendado construir elementos físicos a escala reduzida antes de realizar a conceção da estrutura final.

3.4.1 Pré-Esforço

A aplicação de pré-esforço contribui significativamente para o aumento da rigidez das membranas devido à atuação das suas componentes de curvatura oposta. Por norma, o nível de pré-esforço será um compromisso entre dois fatores:

a) Ser suficientemente baixo para reduzir o trabalho envolvido durante a construção;

b) Suficientemente elevado para que se mantenha efetivo após as perdas por fluência do material da membrana.

De forma simplificada e como pré-modelação, as condições fronteira para obtenção da pretensão que deverá ser utilizada pode basear-se em:

$$\sum Fy = 0 \leftrightarrow \begin{Bmatrix} g \times l = 2 \times F \times \cos(\alpha) \\ \cos(\alpha) = \dfrac{l/2}{R} \end{Bmatrix} \leftrightarrow g \times l \times 2 \times F = \frac{l/2}{R} \tag{3.1}$$

Que resulta em:

$$F = g \times R \tag{3.2}$$

Em que:

F – Força de pré-esforço inicial no cabo de bordadura [kN];

g – Tensão normal ao cabo dado pela pretensão da membrana [kN/m];

R – Raio de Curvatura [m].

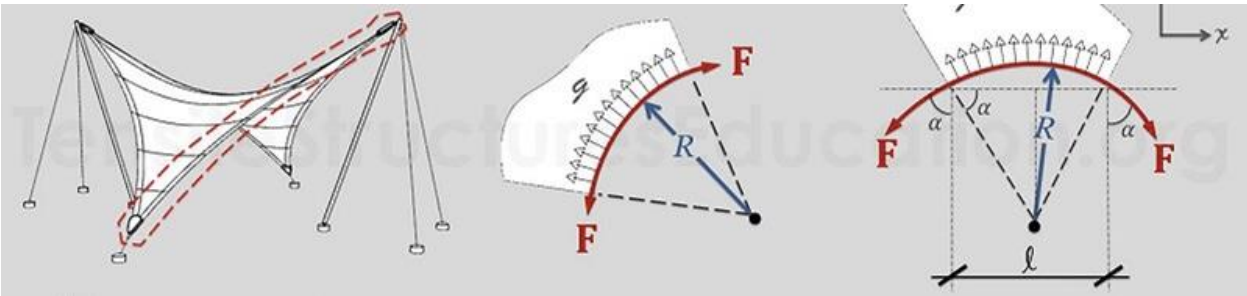


Figura 3-23 Pré-modelação de uma superfície. Processo matemático.

Os esforços de pré-esforço são transmitidos dos bordos da membrana para os pontos de ancoragem singulares e devem, em regra geral, conter o mesmo valor absoluto, conduzindo a uma resultante que passa na bissetriz entre a força à esquerda e a direita. Esta imposição conduz a um melhor funcionamento quando submetido a cargas exteriores como ação do vento, pois proporcionam um funcionamento simétrico evitando excentricidades e consecutivamente rotações no elemento de ancoragem.

A equação acima apresentada provém de um procedimento simplificado, na medida em que assume que as pressões normais são aplicadas à superfície deformada e uniformemente distribuídas. No entanto fornece uma boa aproximação como dado de entrada. Na situação onde existem condicionantes de natureza geométrica no problema, como necessidade de raios de curvatura alargados, serão então necessários níveis de pré-esforço mais elevados que o habitual de forma a controlar as deformações da membrana. Na prática existem limites relativos ao que pode ser aplicado com segurança e que permaneçam a longo prazo. No caso em que o raio de curvatura de superfície tende para infinito (bordadura plana), os únicos parâmetros disponíveis para controlar as deformações da estrutura são o pré-esforço e a rigidez do material (EA).

Normalmente, a magnitude de pré-esforço instalada na membrana é igual nas duas direções, contudo em casos onde a magnitude das pressões positivas e negativas aplicadas são marcadamente diferentes, pode ser economicamente vantajoso conceber uma membrana com diferentes níveis de pré-esforço em cada direção, como por exemplo as geométricas em cone.

3.4.2 Deformabilidade

A deformabilidade em uma estrutura tensionada é uma característica intrínseca útil e importante para o seu funcionamento estrutural, mas que merece especial atenção aquando do seu dimensionamento. Devido à baixa rigidez da membrana, a superfície altera a sua geometria em função do seu carregamento externo, deformando-se em ordens de grandeza muito superiores às estruturas e construções tradicionais rígidas. Estas deformações por sua vez desenvolvem um papel fundamental para

o seu comportamento estrutural, já que as tensões não evoluem de uma forma linear traduzindo-se por vezes no amortecimento destes esforços e sendo conduzidos de valores de menor magnitude. Também, a mudança de geometria por vezes altera a curvatura da superfície atenuando o aumento de tensão nessa zona. Assim cargas elevadas localizadas como a pressão do vento ou neve são então suportadas por uma área maior de que a superfície de atuação da carga devido à alteração geométrica que ocorre no seio da membrana.

Por outro lado, as deformações devem ser controladas de forma que quando carregadas com ação do vento ou neve, a geometria mantenha uma inclinação necessária para o escoamento da chuva ou águas devido ao degelo. A acumulação desta água formalizada em pontos localizados da membrana, é um fenómeno normalmente designado de *Ponding*, e quando ocorre é um processo que evolui ao longo do tempo, isto é, a membrana vai-se deformando cada vez mais permitindo que se acumule cada vez mais água ou neve, podendo em alguns casos conduzir ao colapso da estrutura. Para isso e necessário um estudo rigoroso da geometria da superfície deformada, analisando-se normalmente através de curvas de nível, inclinações da superfície e as linhas de percurso de água geradas.

Ainda devido às grandes variações geométricas da superfície, o cálculo dos elementos de suporte, e as ligações de ancoragem devem ser dimensionadas considerando a sua posição final após se deformar, por exemplo, os cabos de bordadura da membrana ligados ao canto de ancoragem, quando submetidos a ações externas alteram o seu ângulo de saída levando a tensões em diferentes direções, ou mesmo a rotação da chapa de ancoragem.

3.5 SEQUÊNCIA DE PROJETO

3.5.1 Conceção Geral

A conceção geral é o início do projeto de uma estrutura de membrana, pois é aqui que todos os aspetos ambientais, envolventes, condicionantes, funcionais, arquitetura local, e o fim a que se destina da estrutura são discutidos e agrupados. O local de implantação influencia diretamente as ações a que a estrutura está sujeita, avaliando-se a necessidade de maior ou menor quantidade de ancoragens a apoios ou a sua tipologia estrutural. A estrutura deverá cumprir na integra o objetivo para a qual será concebida, sendo necessária a avaliação de todas as condicionantes geométricas, físicas e humanas. Será possível conceber uma estrutura que proteja um determinado local em determinadas horas? A estrutura terá de ser fechada ou aberta? A estrutura que será alvo de dimensionamento em apreço a este documento surge pela necessidade de criação de sombreamento e abrigo para chuvas dos utentes da zona de espetáculos do Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo. É nesta fase que é avaliada a possibilidade de ancoragem em

elementos existentes, ou se será necessário criar estruturas de suporte novas. A topografia do local também é alvo de análise, isto é, que tipologia se enquadra num determinado tipo de terreno. A arquitetura do local de implantação influencia o desenvolvimento da forma que se pretende elaborar, projetando-se uma solução que se enquadre perfeitamente no local.

A escolha dos materiais deverá ser feita para o fim a que se destina. Existe uma vasta variedade de composições de membranas têxteis com diferentes princípios de funcionamento, como por exemplo, membranas com maior ou menor resistência ao fogo, maior ou menor resistência mecânica, membranas destinadas a uma determinada exposição ambiental, maior ou menor absorção de luz, maior ou menor condução de calor, existem membranas com sistema *black-out* onde uma das faces é completamente opaca e fornecendo uma barreira à luz, etc. Os materiais constituintes das membranas são facilmente danificados por objetos afiados, tornando-as vulneráveis por vandalismo ou impacto de objetos voadores. Para isso é necessário que o dono de obra implemente um sistema de inspeção periódica da estrutura no sentido de prevenir acidentes graves, assim como a manutenção/preservação dos componentes.

Geralmente os componentes constituintes de uma membrana tensionada são integralmente pré-fabricados. Se no limite, fosse possível elaborar uma implantação da estrutura ao milímetro, a estrutura teria exatamente a mesma dimensão desenhada matematicamente, pois, aquando da sua montagem a estrutura tenderia para o nível de pré-esforço para a qual foi projetada. No entanto, existem sempre divergências e erros que se deve ter em conta, e para isso o projetista deverá produzir um sistema de tensionamento e retensionamento que controla os níveis de pré-esforço instalados na membrana não só no momento da instalação, mas também numa fase de relaxação da membrana ou cabos. São exemplos destes elementos, os esticadores que permitem o deslocamento axial de um cabo, conferindo-se tensão e que consecutivamente "esticam" a membrana no sentido perpendicular a este. Na montagem o rigor da implantação também deverá ser cuidado, como por exemplo recorrer à sua implantação com recurso a equipamento topográfico de alta precisão.

Por vezes, modelos físicos mostram-se interessantes podendo em primeira instância, o projetista explorar aspetos relevantes da sua montagem ou funcionamento.

3.5.2 Pormenorização

A pormenorização de uma estrutura de membrana tensionada é sempre apoiada por um software de elementos finitos de análise não linear sobretudo análise de grandes deformações.

A) Definição geométrica inicial, incluindo a aplicação e definição de todos os elementos constituintes da estrutura, bem como as suas propriedades mecânicas e físicas.

Nesta fase, após modelação integral da estrutura procura-se encontrar a geometria equilibrada pelas tensões axiais pelo processo de encontro da forma *Form-Finding*. Normalmente são utilizados os seguintes métodos para modelação de membranas tensionadas:

- Métodos FDM (*Force Density Method*), proposto pela primeira vez por Linkwitz e Scheck em 1974, é um método eficiente para encontrar configurações de redes de cabos e membranas, uma vez que proporciona geometrias viáveis numa única análise de equilíbrio linear. Neste método a membrana é modelada como uma rede de ligações e nós, as ligações entre os nós são assinalados como elementos de membrana e terão uma propriedade que evidencia o sentido principal da membrana (teia ou trama). Este método mostra-se limitado, quando a geometria da membrana é muito irregular.

- Método NFDM (*Natural Force Density Method*), e URS (*Update Reference Strategy*) são uma extensão do método FDM, para encontrar estruturas de membranas contínuas, preservando a linearidade do método original e supera as dificuldades do método original para lidar com malhas irregulares. Pauletti sugeriu-o pela primeira vez em 2006, com base num elemento de membrana triangular introduzido por Argyris em 1974. O método URS, introduzido por Bletzinger e Ramm em 1998, considera uma sequência de análise não linear, atualizando a malha de referência durante as iterações.

Ambos os processos, com aplicação correta e uma boa modelação de malha de elementos finitos fornece resultados bastante fiáveis quando comparados com a realidade. Em qualquer um destes métodos é possível modificar a relação entre tensões, ou posicionamento dos apoios, conduzindo o resultado para geometrias distintas.

Como em qualquer modelo de elementos finitos, quanto mais rigorosa a atribuição das características dos materiais de cada elemento, melhor aproximação do modelo de cálculo face à realidade. Importa salientar que os tecidos não têm um comportamento perfeitamente elástico, para tal devem ser adotados os parâmetros fornecidos pelo fabricante do material resultante da interpolação linear dos ensaios realizados.

Após aplicação do método de encontro da forma, é necessário verificar a distribuição das tensões internas da membrana nas duas direções principais da membrana, assim como o equilíbrio das tensões através das tensões equivalentes de Von Mises ou método similar.

A análise estrutural surge após o encontro da forma. Nesta fase os elementos de suporte e a membrana tensionada funcionam solidariamente, sendo o seu cálculo realizado conjuntamente. Durante o processo de cálculo é possível analisar as zonas de tensão nula, que na prática se traduz em zonas da membrana "frouxas" ou de uma parte enrugada da membrana. As malhas de elementos finitos são sempre alinhadas no sentido das fibras do tecido, para ser possível prever a localização e direção das

emendas entre painéis individuais de tecido que irão formar a totalidade da superfície. Estes emendas nunca deverão ser vistas como arbitrárias, uma vez que promovem mais rigidez para a direção para onde são posicionadas. Deve-se sempre colocar estas emendas no sentido principal das fibras da membrana (quando se trata de uma membrana ortotrópica) ou nas direções de maior solicitação de cargas externas, uma vez que o aumento de rigidez limita a deformação da membrana a médio e longo prazo. Nos casos em que ação do vento é francamente superior à da neve faz sentido orientar as fibras principais segundo a curvatura côncava, ou vice-versa, quando a carga do vento ascendente é claramente superior à carga descendente ou carga da neve as emendas deverão ser orientadas no sentido da curvatura convexa.

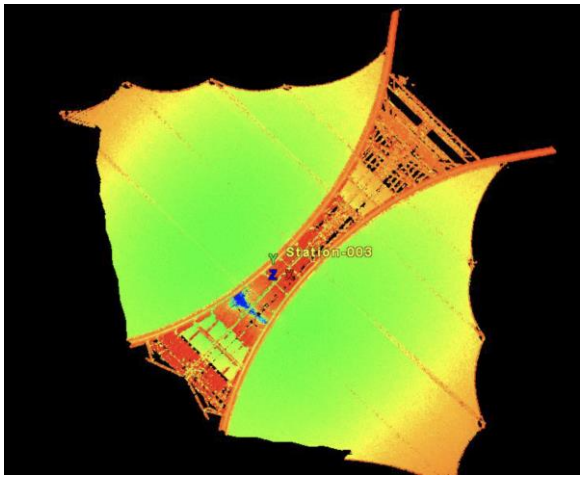
A superfície deformada pelas ações externas tem obrigatoriamente de ser analisada quanto à possibilidade de *ponding*.

B) Planeamento do processo de montagem da estrutura

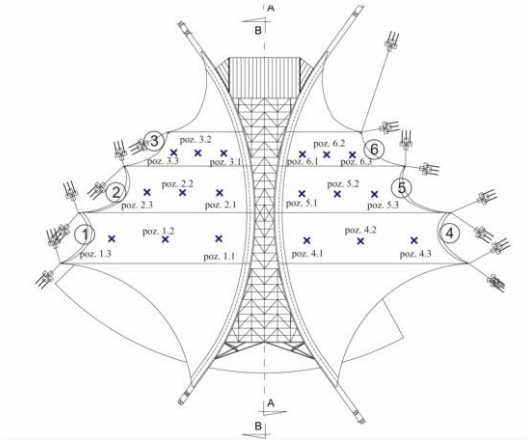
É sempre necessário realizar um planeamento da montagem da uma estrutura de membrana tensionada, onde se insere o procedimento da montagem (faseamento construtivo), a forma como a membrana se irá "desembrulhar" sobre a estrutura de suporte, os meios mecânicos necessários para produzir o tensionamento da membrana ou dos cabos de pré-esforço obtidos pelo cálculo numérico realizado anteriormente. O incorreto planeamento poderá conduzir a erros que se traduzem em excesso de tensões para a membrana não previstas no dimensionamento, já que os esforços se tendem a distribuir pela sua área, que poderá fazer com o material entre em rotura plástica e consecutivamente sofra extensão pontual, originando rugas ou mesmo rasgos. Então, o projetista, deve juntamente com as peças desenhadas de fabrico da estrutura, elaborar um plano de montagem, identificando quais os primeiros elementos a serem ancorado, a sua magnitude e todos os aspetos relevantes à sua correta montagem, bem como a monitorização necessária durante o processo de montagem (controlo da tensão da membrana, por exemplo).

a)

b)



c)



d)

Figura 3-24 Anfiteatro Forest Opera. Polónia - Planeamento e controlo do processo de montagem. a) Vista geral da estrutura pós-montagem; b) Montagem da membrana tensionada com recurso a malha de rede provisória para servir de apoio à descarga da membrana principal; c) e d) Monitorização do estado de tensão da membrana, bem como as suas deformações com recurso a *LaserScan* e a fotogrametria.

3.5.3 Dados para fabrico

A execução de uma estrutura de Membrana Tensionada é algo complexo e deverá ser realizada com o maior rigor possível, de modo que todo o seu dimensionamento envolvido e a sua geometria final seja obtida conforme pretendido. Qualquer alteração de um dos elementos constituintes da estrutura, conduz a diferentes distribuições de esforços, o que por sua vez, conduz a um diferente funcionamento estrutural e um aspeto final comprometido.

As dimensões dos painéis de tecido que vão constituir a totalidade da membrana são desenvolvidos a partir da sua configuração final, ou seja, após o tensionamento. Este processo é designado de desenvolvimento ou padronização, onde são criados padrões de corte bidimensionais da estrutura tridimensional. A criação de formas dimensionais fixa a forma para posterior corte, bem como os eixos anisotrópicos para a distribuição de rigidez na membrana. Por uma questão de economia do material, os padrões de corte resultantes são formados por emendas geradas através de linhas geodésicas. Posteriormente, os padrões de corte são "compensados", ou seja, reduzir percentualmente o tamanho de cada padrão, podendo ser feito nas direções principais e secundarias da membrana, ou nas próprias emendas. Esta compensação tem como objetivo garantir o pré-esforço da membrana após efeito de fluência do material, bem como homogeneização de tensões entre cada painel. Este processo deverá ser definido aquando do dimensionamento estrutural, e de acordo com os parâmetros dos ensaios do material realizados pelo próprio fabricante. Por vezes, para facilitar a montagem, pode haver necessidade de aumentar o tamanho destes painéis de "descompensação". Cada um dos painéis deve ser identificado de acordo com a sua sequência de montagem, bem como a linha de sobreposição de cada um, evitando-se assim erros geométricos e/ou erros de montagem. Por fim, estes padrões são cortados com recurso a corte CNC, garantindo-se a geometria pretendida, com o maior rigor possível.

Para alem dos padrões de corte, os restantes elementos constituintes da estrutura (estrutura metálica, cabos, elementos de tensionamento ou ligações) devem ser fabricados levando a cabo todos os aspetos de montagem e tensionamento considerados durante o dimensionamento.

Nos seguintes capítulos serão apresentados, de forma sucinta, alguns dos pormenores que devem ser levados a cabo quando se vai projetar uma estrutura em membrana tensionada. Uma informação mais detalhada poderá ser vista em (Seidel, 2007) e (Ferreira, 2010).

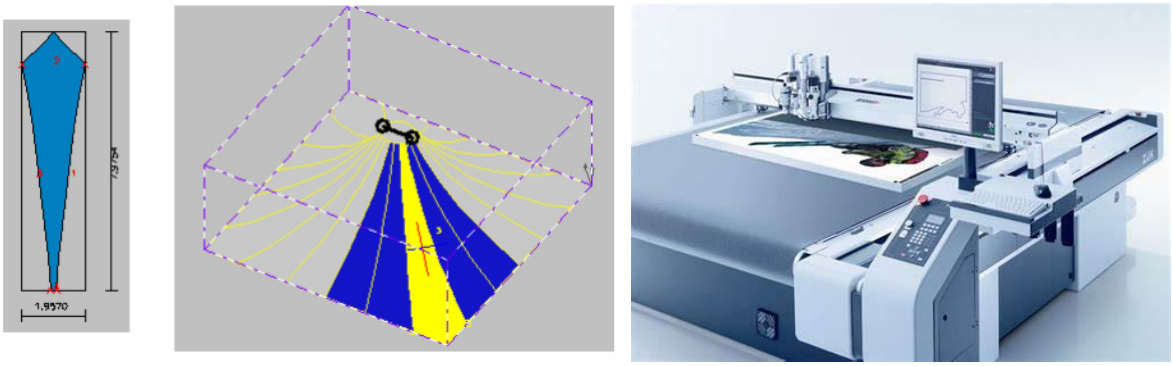


Figura 3-25 Esquerda - Exemplo de Corte da tira e intenção geométrica com evidência das linhas geodésicas (Ferreira, 2010), direita – Exemplo de máquina de corte por CNC.

3.5.3.1 Processo de Padronização

Em função de alguns critérios apresentados abaixo e da geometria da superfície, é realizado um arranjo e dimensões das peças sobre a superfície. O processo de padronização inicia-se com a identificação das linhas de corte, recorrendo sempre que possível a linhas geodésicas, ou seja, linhas de curvatura geodésica nula, ou seja, caminhos de menor distância entre dois pontos numa dada superfície. O estudo destas linhas geodésicas exige alguma sofisticação matemática e podem ser lidos em (Lovelock & Rund, 1989) e (Weinstock, 1974).

Um critério muito importante no arranjo dos padrões, além da impressão visual, é o melhor aproveitamento do material disponível. Na Figura 3-26 apresenta-se um diagrama contendo os critérios a ter em conta na definição dos padrões de corte de uma membrana tensionada.

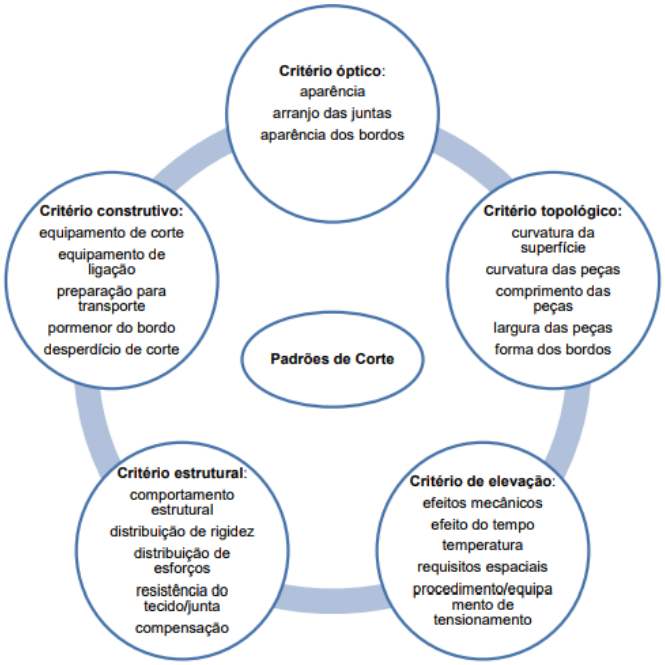


Figura 3-26 Diagrama de critérios para definição dos padrões de corte, fonte: (Ferreira, 2010).

O critério topológico tem em conta o comportamento anisotrópico do material, sendo a distribuição de rigidez pela membrana determinada pelo arranjo dos padrões. Esse arranjo é determinado pelos esforços que aparecem quer na membrana, quer nos bordos. De forma geral, as peças são colocadas de acordo com a direção principal para otimizar a direção anisotrópica principal. Outra vantagem reside no facto de o esforço principal não passar pelas juntas (frágeis).

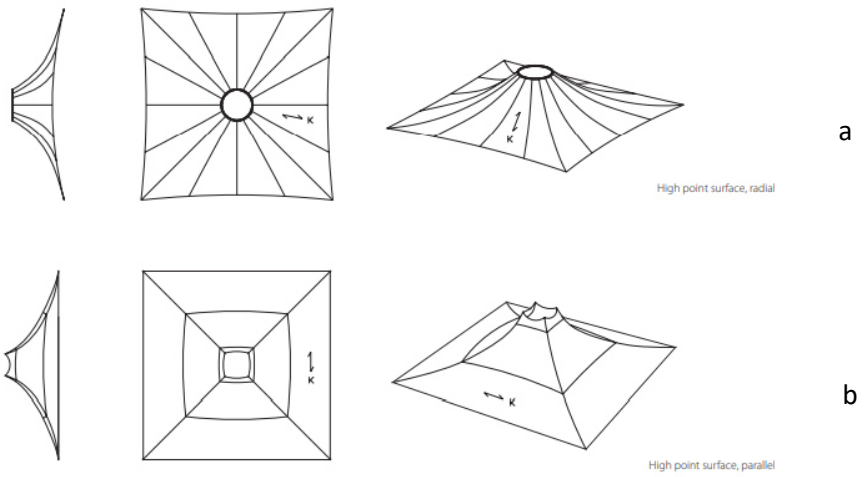


Figura 3-27 Exemplos de arranjos. A) radial; b) paralelo, fonte: (Seidel, 2007).

O arranjo do material poderá ser radial, paralelo ou uma combinação de ambos. Normalmente o arranjo tipo paralelo conduz a melhor distribuição de esforços.

O material tem também um papel fundamental, na medida em que maior rigidez implica menores deformações. Então a escolha do arranjo das peças deriva da melhor combinação possível para que haja menos distorções.

A determinação da direção anisotrópica principal nas estruturas suportadas por um ponto elevado, como é o caso dos cones, reveste-se de condições especiais. A redução de área na zona do ponto alto aumenta a concentração de esforços (singularidades), resultando em requisitos de resistência mais elevados com menos material perto do ponto elevado.

Os pontos de amarração de uma membrana estão sujeitos a maiores distorções entre o urdume e a trama também devido à redução da quantidade de material. Este efeito aumenta com a largura das peças, sendo necessário reforçar, com adição de camadas, por exemplo.

Figura 3-28 Singularidades de carga dependendo da largura das peças, fonte: (Seidel, 2007).

Observando-se a Figura 3-28, entende-se que quanto maior a divisão em várias peças, menor será o aparecimento de esforços em excesso nas zonas de canto.

3.5.3.2 Ligação dos padrões de corte

Depois do corte das peças, estas são ligadas de forma permanente ou temporária. Ligações de carácter permanente são as mais importantes (Juntas soldadas, combinadas, costuradas e coladas). As temporárias normalmente são feitas com recurso a chapas metálicas, ligação de *keder*, ligação cordoada e entrelaçada.

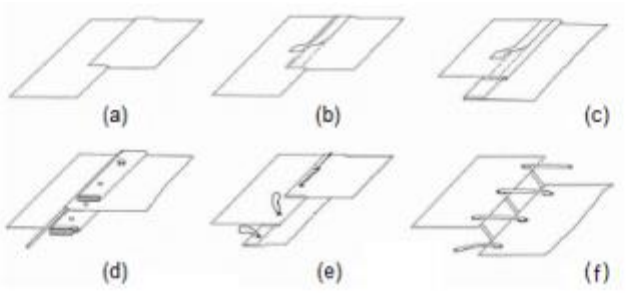


Figura 3-29 Exemplos comuns de ligação em membranas: a) junta soldada; b) junta costurada; c) junta costurada com aba; d) ligação em chapa metálica; e) ligação cordoada; f) ligação entrelaçada fonte: (Seidel, 2007).

3.5.3.2.1 Ligação permanente dos padrões de corte

As ligações permanentes são geralmente as mais utilizadas e são executadas de modo a permitir uma transmissão total das forças provindas dos padrões de corte adjacentes. As juntas soldadas aumentam significativamente a rigidez da junta e são estáveis aos raios UV e estanques à água.

A soldadura é feita com plásticos térmicos. Os plásticos são maus condutores térmicos, assim existem menores problemas de soldadura em telas finas do que em espessas. Estas soldaduras podem ser realizadas com recurso a alta frequência ou soldadura com um elemento quente. A primeira forma é realizada com uma larga junta homogénea em que as espessuras dos dois tecidos ficam integradas, a segunda é realizada através do aquecimento ligeiro da superfície e posteriormente é pressionada sobre a membrana com uma pressão controlada. A largura de soldadura por alta frequência normalmente ronda os 30-80mm. Em tecidos revestidos a PVC a resistência da soldadura pode rondar 90% a 100% da resistência do tecido.

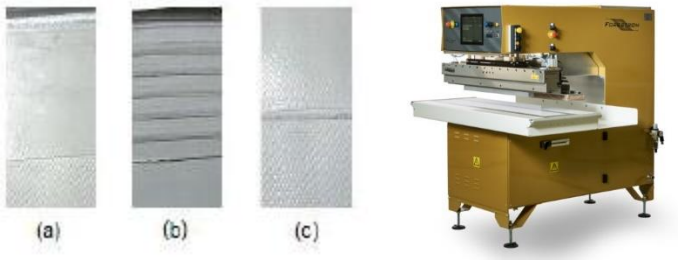


Figura 3-30 Tipos de Junta: a) achatada; b) saliente; c) *bead*, adaptado de: (Ferreira, 2010). À direita: equipamento para solda por alta frequência.

Para além destas juntas, é também frequente aplicar sistemas de reforço com juntas costuradas.

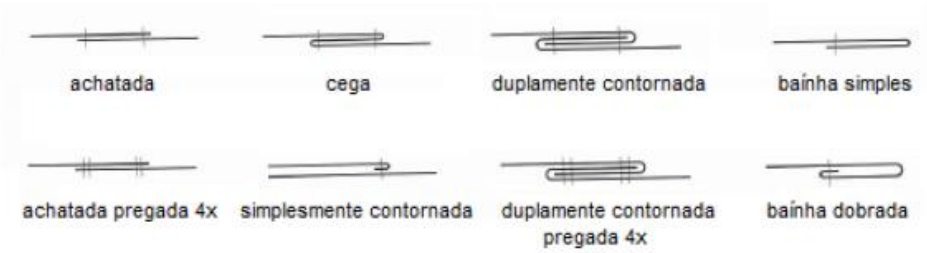


Figura 3-31 Tipos de juntas costuradas, fonte: (Ferreira, 2010).

3.5.3.2.2 Ligações reutilizáveis, mecânicas ou temporárias em padrões de corte

As condicionantes e limitações da estrutura enviada para obra, leva à necessidade da utilização de diferentes tipos de ligação. Tais ligações podem ser aparafusadas ou entrelaçadas. As chapas metálicas e as ligações de *keder* tem um papel dominante na transferência de forças elevadas.

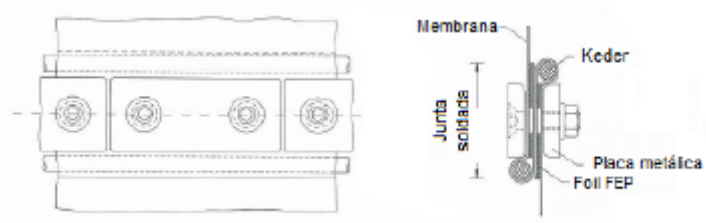


Figura 3-32 Ligação com chapas metálicas, fonte: (Ferreira, 2010).

Uma alternativa à chapa metálica são as ligações em perfil linear com *keder* em alumínio ou de plástico.

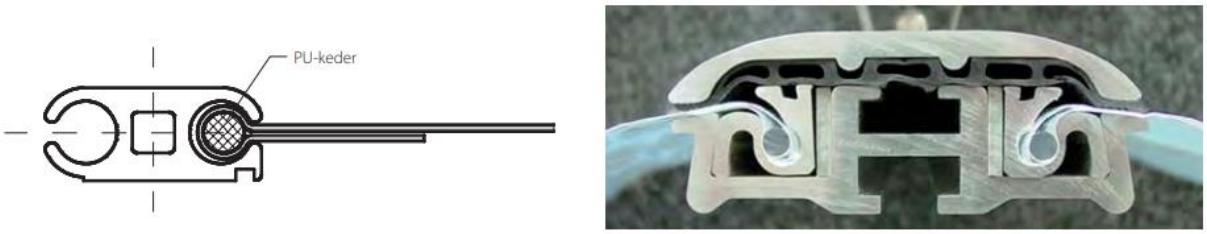


Figura 3-33 Sistema de ligação de perfil linear com *keder*, fonte: (Seidel, 2007).

Ligações cordoadas e entrelaçados são utilizadas essencialmente em estruturas de carácter temporário. É utilizado normalmente cordas de poliéster que entrelaçam através de orifícios em aço inoxidável ou galvanizado soldados à membrana.

Figura 3-34 Ligação entrelaçada à esquerda e ligação cordoada à direita, fonte: (Seidel, 2007).

3.5.3.3 Bordos da membrana

Em membranas tensionadas, o seu contorno final poderá ser realizado através de um bordo flexível, como é o caso dos cabos de pré-esforço, ou bordos rígidos, como é o caso do perfil linear com *keder,* anteriormente abordado, ou perfis metálicos. Estes bordos são normalmente diferenciados pela sua rigidez e deformação. Os bordos rígidos são capazes de suportar esforços de compressão, tração e a absorção de alguns momentos fletores, enquanto bordos livres unicamente suportam esforços de tração.

Devido à rigidez de um bordo rígido, por vezes não é possível relaxar os esforços de pico através da deformação de bordo. Neste caso o material de membrana requer maior resistência.

Figura 3-35 Membrana com bordos flexíveis (esquerda); Membrana com bordos rígidos (direita), fonte: (Seidel, 2007).

3.5.3.4 Cantos

Geralmente, a interseção dos bordos da membrana é designada de canto ou esquina. Os cantos "recebem" as tensões da membrana e conduzem-nas para o seu respetivo ponto de ancoragem, que geralmente está associado a um componente de ligação metálico. Os cantos devem ser executados de forma a absorver a alternância constante de cargas bem como as suas deformações. Um canto mais fechado é normalmente um canto mais problemático, isto porque necessita de absorver as tensões com menos quantidade de material, nesse caso dever-se-á proceder a uma análise cuidada do seu reforço de modo a evitar distorções ou tensões excessivas, que provocam rugas e/ou rasgos.

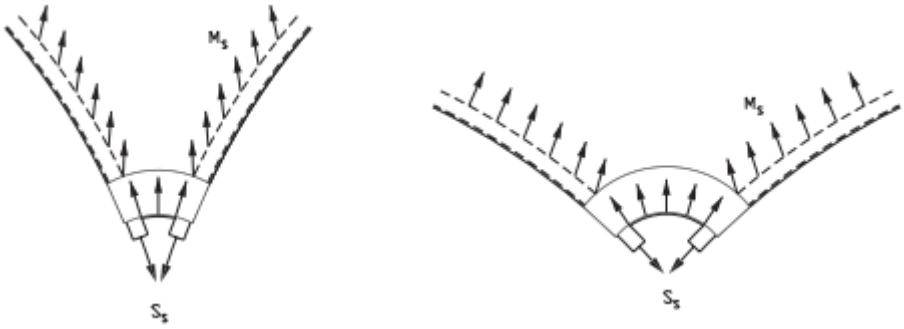


Figura 3-36 Esquema do fluxo das forças conduzidas pelos bordos até ao respetivo canto, fonte: (Seidel, 2007).

Assim sendo, os cantos devem ser desenhados sobre a geometria final, sendo a sua geometria tal que conduza naturalmente os esforços para o ponto de ancoragem da membrana. Quando a tensão atuante é superior à tensão resistente da membrana, deverão ser adicionadas camadas de membrana sobrepostas e/ou chapas metálicas que garantam a sua resistência mecânica, para posterior ancoragem ao ponto de ancoragem, normalmente com chapa metálica rígida. Na Figura 3-37, apresenta-se um exemplo de um canto utilizado na estrutura do caso de estudo deste documento, onde se consegue visualizar a zona de reforço através da adição de camadas de membrana no canto e duas chapas metálicas que promovem a resistência necessária da membrana.

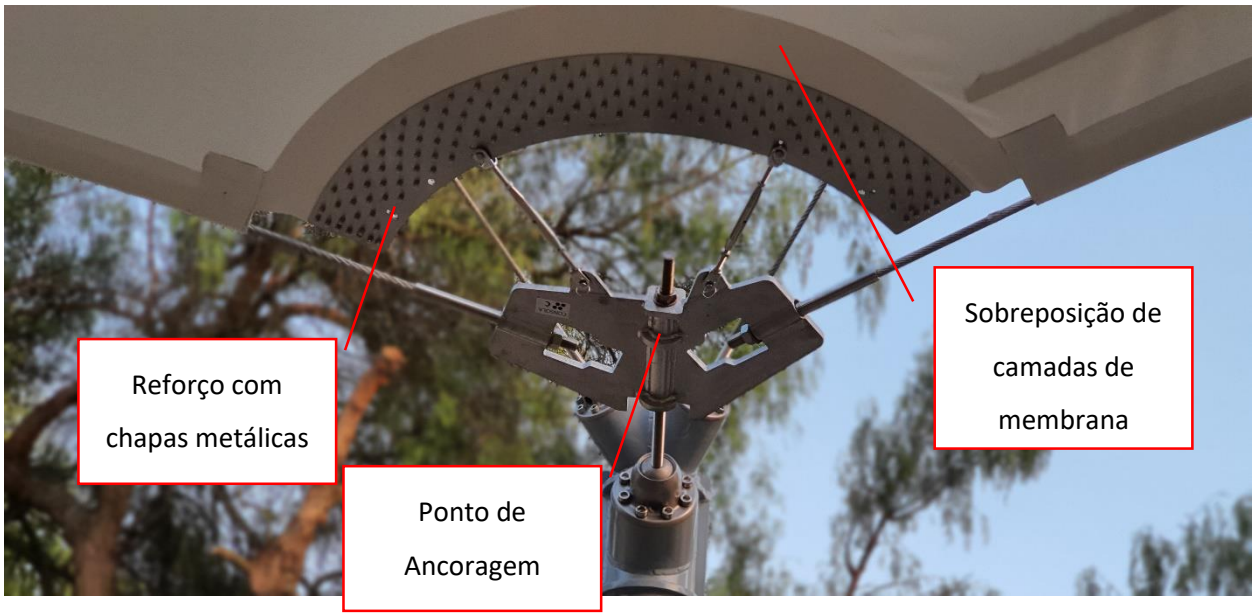


Figura 3-37 Exemplo de reforço de canto. Estrutura Tensionada em Ferreira do Alentejo.

O ponto de ancoragem, condutor da resultante de esforços da membrana para a estrutura de suporte deverá ser também concebido de forma geométrica que promova o fluxo normal de esforços provindos da membrana para a estrutura de suporte. O ponto de ancoragem é desenhado para ligar os bordos da membrana e o respetivo canto, que pode ser ligado diretamente a essa peça de ancoragem, através de esticadores que permitem a sua "afinação", ou cintas e podem apresentar imensas configurações. Na Figura 3-38 apresentam-se alguns tipos mais utilizados em membranas tensionadas.

Figura 3-38 Pormenores de ancoragem: À esquerda uma ligação direta da membrana ao ponto de ancoragem; ao centro uma ligação do canto da membrana ao ponto de ancoragem através de cintas; à direta uma ligação do canto da membrana ao ponto de ancoragem através de esticadores. (Ferreira, 2010).

3.6 AÇÕES DE PROJETO

Devido à natureza de estruturas de membrana tensionada, onde o seu principal elemento é altamente deformável e com rigidez à flexão praticamente nula, o impacto das ações externas, como vento ou neve é normalmente superior quando comparado com as estruturas de comportamento rígido ou semi-rígido. Também devido à sua alteração geométrica em função da magnitude do carregamento faz com a sua intensidade varie em função do tempo, sendo necessário levar esses efeitos a cabo na atribuição de ações. Também a legislação atual, incorpora apenas formas e comportamentos *standard*, tornando difícil a escolha do método a utilizar. A evolução tecnológica tem mostrado que a simulação virtual do fluxo do vento em torno da estrutura, através de método CFD (*Computacional Fluid Dynamics*), apresenta bons resultados quando comparados com a experiência de túnel de vento físico.

3.6.1 Pré-Esforço

O pré-esforço que é empregue na superfície da membrana é uma ação interna necessária que permite o aumento da sua rigidez e melhora o seu desempenho estrutural de todos os elementos constituintes da estrutura (mastros, pórticos, cabos, etc), como tal deve ser atingido durante a sua montagem e mantido ao longo do tempo de vida útil da estrutura. A atribuição de pré-esforço ocorre durante o processo de "busca da forma" que depende de diferentes parâmetros, como detalhado anteriormente.

Efeitos diferidos, como a fluência do material da membrana ou erros geométricos na sua execução podem alterar os níveis de pré-esforço instalados. Deve haver, portanto, medidas preventivas que asseguram o nível de pré-esforço adequado e projetado.

Geralmente, o nível de pré-esforço empregue a uma membrana está relacionado com a rigidez e resistência do material, eficiência da curvatura às ações externas ou mesmo na própria geometria da membrana que queremos obter, por exemplo, geralmente uma estrutura cónica necessita de maior pré-esforço no sentido vertical do que no sentido horizontal para gerar uma correta geometria. Também níveis de pré-esforço insuficientes podem conduzir a aparência pouco uniforme ou enrugada, uma vez que nem todas as fibras da tela se encontram tracionadas.

O fabricante, pode indicar o nível de pré-esforço adequado para o pré-tensionamento da membrana, no entanto, não havendo dados mais precisos poder-se-á aplicar uma pré-tensão maior ou igual a 1.3% da resistência media a tração do material em cada uma das direções principais. Esta relação conduz a valores aproximados em função do tipo de fibras de poliéster revestido a PVC de 0,7 kN/m, 0,9 kN/m, 1,3 kN/m, 1,6 kN/m e 2,0 kN/m para o tipo I, II, III e IV respetivamente.

Em membranas em fibra de vidro revestidas a PTFE, por ser um material mais rígido, tendem a ser superiores aos de poliéster revestido a PVC. Nestes casos a força de pre-tensão não deverá ser inferior a 2,0kN/m, e a classe mais resistente destas fibras de vidro é frequentemente pré-esforçada a 5,0 kN/m, podendo ser superior, por exemplo no caso de superfícies planas. Poder-se-á atribuir, regra geral valores de pré-esforço superiores a 2,5% e inferiores a 6% da resistência media a tração do material em cada uma das direções principais do material.

Em qualquer um dos casos, o rácio de pré-esforço para as direções principais da membrana não deverá exceder 1:4 ou 4:1.

3.6.1.1 Compensação

A compensação é geralmente utilizada no desenho dos padrões de corte da membrana, e tem como objetivos principais garantir os níveis de pré-esforço pré-definidos para a sua geometria pós fluência do material, assim como homogeneizar as tensões geradas localmente na superfície.

O pré-esforço instalado na membrana pode ser controlado de duas formas:

- Regime controlado por força: A membrana atinge os valores primários do pré-esforço pré-definido, no entanto necessita de ser retensionado quando ocorre a fluência do material.
- Controlado Geometricamente: Na instalação da membrana é aplicado uma pré-tensao superior à pré-definida, fazendo com que após fluência do material, a membrana fique com a tensão de pré-esforço pré-definida.

O método a utilizar deve ser previsto durante a fase de dimensionamento e deve ter em conta o seu processo de montagem e ainda os seguintes aspetos:

- No caso de se optar por regime controlado por força, avaliar previamente se durante a montagem, enquanto a membrana está a ser colocada na sua posição final, haverá zonas da superfície que ficará demasiado esforçada levando a fluência do material;
- No caso de se optar por regime controlado geometricamente, se o aumento da pré-tensão instalada não será demasiado elevando que quando a estrutura esteja sujeita a ações externas, como vento, neve ou outros, provoque a sua rotura.

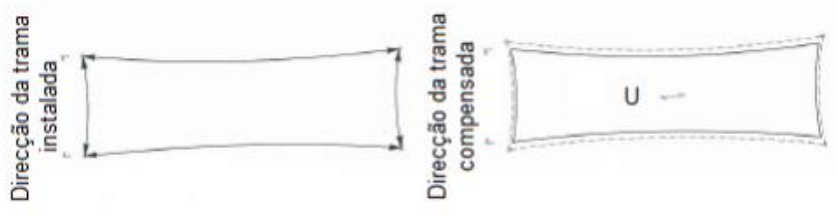


Figura 3-39 Tira de membrana compensada nas duas direções da membrana antes de ser ancorada nos pontos de fixação fonte: (Ferreira, 2010).

3.6.1.2 Manutenção ou Substituição da Membrana

As operações de manutenção devem ser previstas e planeadas durante a fase de projeto. Por exemplo, nos casos de operações de limpeza em que seja necessário a remoção da membrana, o processo de relaxação da membrana deve ser cuidadosamente analisado de modo que a redistribuição de tensões não seja demasiado elevada em zonas pontuais da membrana. Uma análise análoga deverá ser realizada para o seu retensionamento. No caso de substituição parcial da membrana, deve ser feita uma análise da redistribuição das tensões que ocorreram na membrana com a adição do novo padrão.

Geralmente, nestas circunstâncias, será admissível considerar valores reduzidos de ações de projeto face ao curto período de tempo de ocorrências das condições da análise.

3.6.2 Peso Próprio

O peso próprio de uma membrana varia em função do tipo de fibra, espessura e construção que e concebida, estando normalmente compreendido entre 0,70 a 2,0kg/m2.

O peso próprio da membrana é sempre analisado conjuntamente com as restantes ações, no entanto poderá não ser considerado durante o processo da busca da forma inicial.

3.6.3 Ação do Vento

A ação do vento é normalmente a ação condicionante para esta tipologia de estruturas, como tal deve ser dada especial atenção na sua quantificação. Geralmente a ação do vento é considerada como estática, definida pelo produto da pressão dinâmica por um coeficiente de pressão (Cp). Deve-se ainda ter em conta as alterações geométricas da membrana ao longo da aplicação da carga. A velocidade do vento e respetiva pressão dinâmica podem ser obtidas através do Eurocodigo 1 parte 4.

3.6.3.1 Coeficientes de pressão

Os valores de coeficiente de pressão podem ser obtidos ou extrapolados através da legislação em vigor e artigos científicos. No entanto, na maior parte das vezes somos deparados com uma geometria que não se enquadra em nenhum destes documentos, sendo necessário para isso recorrer a ensaios em túnel de vento ou realizar uma simulação do vento através de CFD. Qualquer uma destas abordagens visam a determinação dos coeficientes de pressão locais e aumentar a fiabilidade das ações de projeto a considerar. Na elaboração de um destes métodos para análise dos coeficientes de pressão deve-se ter em conta o máximo detalhe possível quanto à barreira atmosférica de modo a acomodar os efeitos de rajada do vento, assim como os efeitos influenciados por edifícios e outras construções existentes na sua periferia. Por fim, esta simulação deverá devolver as pressões locais atuantes na estrutura, fatores de ampliação dinâmica e efeitos de escala. Os resultados destes ensaios/simulações devem ser apropriadamente filtrados no sentido de encontrar os casos de carga condicionantes para a estrutura. No caso das membranas tensionada estes estarão necessariamente relacionados com os modos de vibração, como frequentemente acontece quando se trata de estruturas mais convencionais.

3.6.3.2 Efeitos Dinâmicos

Geralmente, a análise estrutural é conduzida considerando ações de natureza estática, no entanto existem situações, que apesar de raras, os efeitos dinâmicos do vento devem ser considerados.

A frequência natural de uma estrutura de membrana tensionada é normalmente baixa, na ordem dos 0.5 e 1.5Hz. No entanto, o baixo peso próprio e a alta eficiência do amortecimento fazem com que efeitos como ampliação dinâmica sejam pouco significativos, podendo-se até desprezar na maioria dos casos. Os efeitos de ampliação dinâmica são estimados por especialistas em ensaios de túnel de vento considerando coeficientes de amortecimento entre 1.5% e 3.0%, desprezando o amortecimento aerodinâmico. Na indústria das membranas, julga-se ser adequado considerar valores mais elevados, uma vez que a natureza compósita do material e a sua interação entre fibras deverão proporcionar um amortecimento mais elevado devido ao atrito.

Os bordos livres das membranas são suscetíveis a efeitos dinâmicos locais. Os bordos frontais e paralelos à direção do sotavento devem ser objeto de analise cuidada, uma vez que os coeficientes de pressão Cp nestas zonas alteram-se dramaticamente apenas com variações do angulo de atuação do vento. Este efeito é designado por *flutter* e ocorre particularmente em áreas planas de fronteira ou em bordos pouco tensionados da tela. No sentido de minimizar este efeito é recomendável limitar o vão dos cabos que materializam os bordos a cerca de 20m.

Atuar sobre a curvatura da membrana é a chave para minimizar o efeito de “Flutter", embora valores elevados de pré-esforço aplicados na estabilização de superfícies planas possam, por vezes, constituir uma alternativa.

Em seguida apresenta-se uma relação que representa um bom indicador da rigidez disponível D para fazer face a pressões aplicadas a uma determinada membrana:

$$D \approx \frac{N_{warp}}{R_{warp}} + \frac{N_{weft}}{R_{weft}} \tag{3.3}$$

Em que:

N_{warp} – Pré-esforço na direção principal (kN/m);

N_{weft} – Pré-esforço na direção secundária (kN/m);

R_{warp} – Raio positivo na direção principal (m);

R_{weft} – Raio positivo na direção secundária (m);

D – Rigidez da superfície (kN/m2).

Membranas com bom funcionamento estrutural apresentam valor de D tipicamente superiores a 0.3kN/m2. Estruturas com valores de D de 0.15kN/m2 ou menores têm sido observadas pequenas ondas na superfície criadas pelo fluxo do vento. Estruturas com D<0.20kN/m2 em áreas alargadas poderão exibir um comportamento muito sensível a deformações.

3.6.4 Ação da Neve

A ação da neve é determinada de acordo com o disposto no Eurocódigo 1 parte 3, podendo-se, no entanto, consultar a informação disponível nos serviços meteorológicos locais para uma análise mais precisa.

3.6.4.1 Distribuição da ação da Neve

A configuração da distribuição da neve sobre uma membrana não depende apenas da sua geometria, mas também das condições do vento fraco ou forte. Em zonas de ventos fortes, a neve tende a acumular-se em determinadas zonas, sendo a sua distribuição não uniforme. Em zonas de ventos fracos, a neve tende a criar zonas de neve uniformes sobre a membrana. No entanto, este efeito é difícil de prever, devendo ser consideradas várias distribuições de carga, desde que plausíveis, dimensionando-se a estrutura para o caso mais condicionante. O Eurocódigo 1-3 fornece indicações sobre os coeficientes a serem aplicados a cada situação.

A eventualidade de existir um caso de carga composto por sucessivos nevões também deve ser considerada, o Eurocódigo 1-3 adota os conceitos de “evento isolado” e “evento múltiplo”.

3.6.4.2 Escorregamento

Deve ser analisado efeito de escorregamento de massas de neve podendo-se concentrar junto de outras zonas da membrana, como as estruturas de vales e pontos baixos. Deve ainda ser analisado o eventual risco para pessoas e equipamentos associado ao escorregamento para fora da cobertura, caindo em direção ao solo, podendo-se instalar equipamentos de anti-queda de neve para minimizar esse efeito.

3.6.4.3 Ponding

Como explicado atrás, a neve depositar-se-á nos vales das coberturas e deslizará na direção dos seus limites. Com a concentração da neve, essas cargas podem ser de tal forma elevadas que desenvolvam deformações que invertam a direção das pendentes originais, criando uma zona fechada e sem drenagem onde os líquidos e/ou sólidos se vão acumulando até que geram a rotura do material.

A sua análise deve demonstrar que na presença da ação da neve, a deformação da membrana não é suficiente para que este fenómeno ocorra, não é suficiente criar apenas pendentes na forma pré-esforçada, uma vez que a sua geometria é facilmente alterada por ações externas. Uma solução alternativa é dotar a membrana de sistemas de aquecimento da superfície da membrana, evitando uma grande acumulação de neve sobre a membrana.

Figura 3-40 *Ponding* numa cobertura em membrana tensionada - Pennsylvania, EUA (Moreira, 2008).

3.6.5 Ação da Temperatura

A ação da temperatura é normalmente condicionante em estruturas de suporte da membrana tensionada, principalmente quando a estrutura de suporte é hiperestática, por exemplo, cobertura de

naves industriais em membrana tensionada. Também a variação de comprimento da estrutura metálica pode conduzir a diferentes níveis de pré-esforço para a membrana, uma vez que os pontos de suporte se deslocam relativamente à membrana.

3.6.6 Ação do Sismo

Geralmente a ação do sismo não é problemática, uma vez que as estruturas em membrana são muito leves, não assumindo assim acelerações significativas na ocorrência de um sismo. Ainda assim, quando a estrutura apresenta uma massa significativa, dever-se-á realizar uma análise dessas acelerações e considerar a ação sísmica caso se manifeste relevante.

3.6.7 Tolerâncias de Construção Admissíveis

Como já referido, as estruturas de membrana tensionada são muito sensíveis a erros de fabricação e/ou montagem, manifestando-se sobre forma de rugas (zonas de tensão nula), pontos demasiado esforçados (zonas de tensão excessiva) ou até mesmo desequilíbrio estático da estrutura. Assim sendo, devem ser levadas a cabo critérios restritivos ou em alternativa tomar medidas que garantam que todos os elementos constituintes são fabricados e posicionados com precisão. Esses critérios deverão ser baseados em tolerâncias que podem ser definidas com base numa análise dos encurtamentos e alongamentos. Não obstante, dever ser realizado um levantamento do posicionamento real dos apoios antes da instalação de qualquer estrutura de membrana.

Tomando como exemplo os cabos de pré-esforço que estão no bordo da membrana podemos ter:

a) Cabos genericamente mais curtos do que o previsto originando forças de pré-esforço mais elevadas sobrecarregando a estrutura de suporte e aumento de tensão instalada na membrana;

b) Cabos genericamente mais longos do que o previsto, originando forças de pré-esforço mais baixas o que faz com que a membrana possa não estar tensionada corretamente, uma vez que os cabos podem ficar “frouxos”.

Nestas situações, uma forma de controlar estas tolerâncias é munir os cabos de um sistema de regulação tipo “esticador” que dentro de uma determinada tolerância permite aumentar ou diminuir o comprimento total do cabo.

Um valor tipicamente utilizado como tolerância para cabos cortados sob tensão e já com ligações nas extremidades é dado pela seguinte relação:

$$Tolerância = \pm\left(\sqrt{\frac{L}{1000} + 5mm}\right) \tag{3.4}$$

Em que L é o comprimento do cabo (mm).

Os cabos são geralmente cortados à medida sobre a força de pré-esforço prevista pelo projeto. É assim importante que as forças de pré-esforço utilizadas no cálculo representem com rigor as forças que efetivamente estarão instaladas nos cabos aquando da construção da estrutura.

3.7 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

As combinações de ações devem ser convenientemente estudadas. É da maior importância que os resultados de uma combinação de ação seja obtido pela soma de ações e posteriormente analisados em vez de constituírem um somatório de efeitos produzidos por ações individuais.

O peso próprio da estrutura e pré-esforço fazem parte das ações nas combinações de ações. As combinações podem ser geralmente obtidas de acordo com o documento nacional de aplicação do Eurocódigo 1-1.

CAPÍTULO 4

BASES DE DIMENSIONAMENTO E CRITÉRIOS DE SEGURANÇA

4.1 BASES DE DIMENSIONAMENTO. GENERALIDADES

No âmbito de engenharia em estruturas tensionadas, a sua conceção e dimensionamento depende de várias etapas, que de forma resumida se traduzem em: construção de modelo de cálculo e processo de busca de forma (*Form-finding)*, análise estrutural, geração de padrões de corte, fabricação e montagem.

Ao contrário das estruturas rígidas, a forma geométrica da estrutura terá de ser definida numa fase inicial através da aplicação de pré-esforço nas direções principais da membrana que conduza ao equilíbrio e todas as necessidades, quer sejam estruturais ou arquitetónicas.

A utilização de tecidos revestidos e os "*foils*" para utilização estrutural é feita através do processo de geração de padrões de corte bidimensionais da estrutura tridimensional. Este processo denomina-se por padronização e tem como objetivo fixar a forma das peças a cortar num determinado rolo, definido posteriormente, assim como os eixos anisotrópicos para a distribuição de rigidez na membrana.

A forma tem de ser criada sem dobras no material, atualmente existem equipamentos de cortes tipo CNC dotados da operação de vácuo que diminuem a probabilidade da ocorrência de dobras durante o seu processo de corte. Geralmente é necessário compensar os planos de corte na direção do urdume e da trama, de maneira a garantir que a membrana é capaz de atingir os níveis de pré-tensão após fluência do material para valores nominais definidos em fase de projeto. Existem várias abordagens definidas estabelecidas para a determinação do padrão de corte, que vai desde a aplicação da compensação até à definição de problemas de otimização de componente mecânica, como se pode observar em (F., Bletzinger, & Wüchner, 2012), (L., E., P., & D., 2000), (Lee, 2002), (J., R., & Bletzinger, 2008), (B. & R., 1999), (Moreira, 2008) e (Ferreira, 2010). Tudo isto terá ainda de ser considerado juntamente com as dimensões possíveis, fabrico, transporte e montagem.

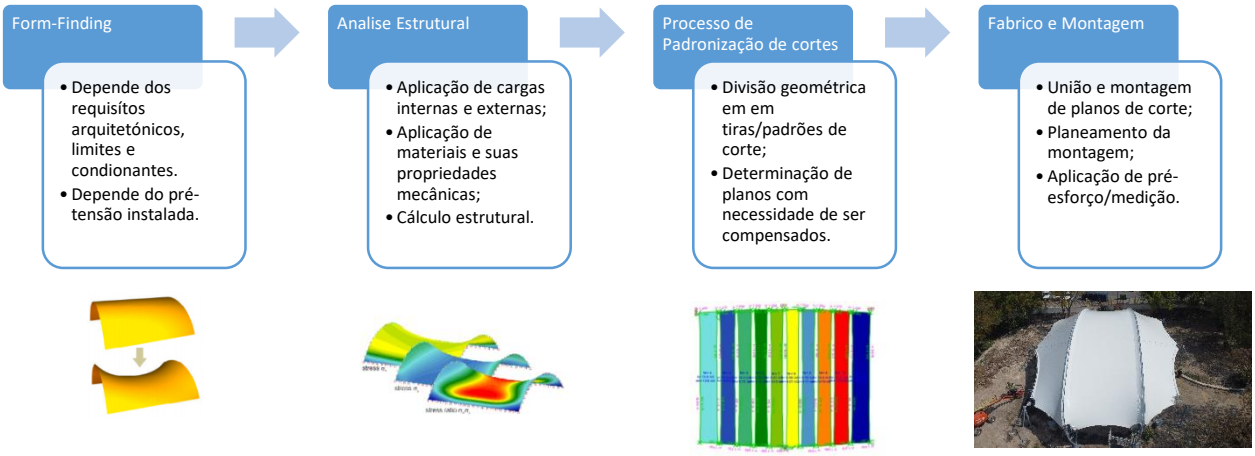


Figura 4-1 Fluxograma exemplificativo das etapas para o dimensionamento de uma estrutura tensionada.

O fluxograma acima representado é uma simplificação das etapas necessárias para o projeto de uma estrutura de membrana tensionada, na verdade existem várias iterações entre as várias fases apresentadas até o encontro da solução final que conduz ao seu processo de fabrico e montagem.

Todas as estruturas de membrana tensionada devem ser analisadas de forma não-linear geométrica e análise de grandes deformações. O modelo de análise deverá incorporar todos os elementos constituintes da estrutura e deverão ser analisados conjuntamente. As estruturas de membrana tensionada são compostas por elementos de comportamento elástico-linear (real ou assumido), exibindo alterações significativas no comportamento. Como estas estruturas dependem tanto da magnitude como da distribuição de ações, a sua análise deve ser feita numa filosofia de tensões admissíveis, considerando-se a variabilidade das propriedades dos materiais, assim como diferentes coeficientes parciais de segurança associados ao tipo de carregamento. No caso da deformação da membrana, deve-se limitar tal que não coloque em causa o seu funcionamento de serviço, como o caso do *ponding* e outros fenómenos já abordados. Tipicamente, os coeficientes de segurança a aplicar podem estar compreendidos entre 5 e 7 no caso da resistência dos tecidos, 2.5 para cabos e 3 para cintas, cada um em relação a tensões de rotura e dependentes do material a aplicar e do tipo de duração da ação em questão. Estes coeficientes variam ainda com as condições ambientais e qualidade de fabrico. No caso da estrutura de suporte (betão, estrutura metálica, etc), a sua análise e dimensionamento deverá ser realizado de acordo com o preconizado nos respetivos Eurocódigos. Em todos os elementos constituintes do sistema estrutural deve-se ter em conta efeitos de segunda ordem, como o caso do bambeamento, no caso dos pilares de suporte.

4.2 ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL

Os ensaios são necessários para a determinação do comportamento e definição das características de cada material. São quase sempre necessários em todos os materiais, pois estas características serão utilizadas para a realização do projeto estrutural. No caso das membranas tensionadas, os ensaios mais correntes e importantes são os ensaios de tração visando a determinação das propriedades de resistência do material ou emendas à tração e os ensaios bi-axiais que têm como objetivo determinar o comportamento de tensão-deformação e determinar as propriedades de rigidez do material ou respetivos valores de compensação. No entanto, existem muitos outros ensaios que complementam o conhecimento do funcionamento das membranas, como podemos observar no anexo B de (Stranghöner, et al., 2016).

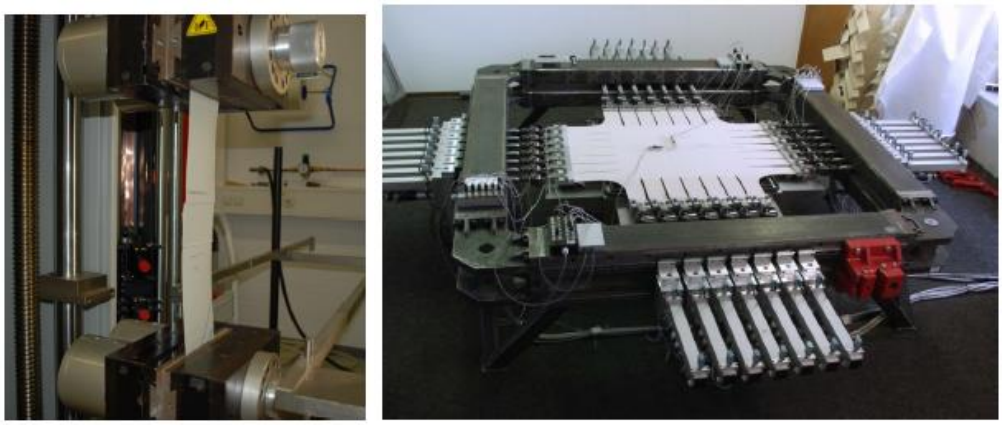


Figura 4-2 Ensaio de Tração (Esquerda). Ensaio bi-axial (direita). (Stranghöner, et al., 2016).

4.3 COEFICIENTES DE SEGURANÇA

A resistência do material constituinte da membrana, incluindo as suas emendas ou juntas dependem do seu estado de degradação, idade, manutenção, existência de vincos, fluência, fadiga, ação da temperatura e outros fatores e ainda de erros geométricos gerados durante o seu processo de fabrico. Quase todos esses fatores dependem do tipo de material, tipo de emenda, escala da estrutura e período de vida útil.

Existe um conjunto de manuais de dimensionamento que foi desenvolvido em vários países da Europa, na América do Norte e no Japão, onde cada um conjuga os referidos fatores de forma distinta no sentido de obter o coeficiente global de segurança a aplicar na análise da membrana, sendo os mais comuns:

a) Recomendações do Grupo de Trabalho da IASS, voltado principalmente para estruturas sinclásticas, defendem que o coeficiente global de segurança é baseado no método das tensões

admissíveis e devem ser compostos por um fator de ampliação, um fator de importância e fatores de incerteza relacionados com a estimativa das ações aplicadas, o rigor e verificação do cálculo estrutural e a qualidade de execução em obra;

b) Manual Francês de Coberturas Têxteis de Carácter Permanente, onde a tensão admissível do material depende de vários fatores, como qualidade da membrana, fator de risco devido a um defeito critico em função da área da superfície e um fator de segurança relativo ao nível de poluição/degradação por fatores ambientais a que a membrana estará sujeita;

c) Norma Alemã DIN 4134, combinando a Norma (DIN 4134. Tragluftbauten, 1983) e a dissertação "Comportamento Mecânico de Ligações em Telas Revestidas" por (Minte, 1981), que refere uma série de coeficientes de segurança baseados em numerosos ensaios experimentais. Esta norma define a tensão admissível do material como a razão entre a resistência à tração definida como o percentil de 5% de pelo menos 5 faixas de material com largura de 10cm, ensaiadas a 23ºC e o produto do fator de carregamento, coeficiente de segurança do material e a combinação dos fatores de redução, dependendo do caso de carga.

d) Regulamento italiano, semelhante à normalização alemã, aplica fatores de redução semelhantes definidos por três classes de ligações relativas à qualidade e tipo de execução (em oficina ou em obra).

e) Manual da associação de estruturas em membrana do Japão, recomenda os valores de tensão admissível a considerar no caso de ações de curta ou longa duração;

f) Norma da ASCE, estipula que os valores da tensão admissível para os estados de tensão uniaxiais dependem do produto entre o fator de redução dependente das combinações das ações, fator de ciclo de vida e as tensões de rotura mínimas declaradas nas duas direções principais.

Todos estes manuais podem ser vistos de forma resumida em (Moreira, 2008) e (Stranghöner, et al., 2016), no entanto, sendo o dimensionamento da membrana Têxtil apresentado na componente prática deste documento baseado no Manual Francês de Coberturas Têxteis de Carácter Permanente apresenta-se de seguida a sua formulação:

Pelo manual francês de coberturas têxteis de carácter permanente, a tensão admissível "Tp" (direção principal ou secundária) é dada pela seguinte expressão:

$$Tp = (\frac{Kq.Ke.Tsm}{Sf}) \tag{4.1}$$

Onde:

Tsm – Tensão de rotura declarada do material (direção principal ou secundária);

Kq – Fator de qualidade da membrana (emendas e tela);

1.00, para telas ou emendas testadas e certificadas;

0.80, caso contrário;

Ke – Fator de escala que leva em consideração o aumento do risco devido a um defeito crítico à medida que a área da superfície aumenta;

1.00, para superfícies com área inferior a 50m2;

0.80, para superfícies com área superior a 1000m2;

Sf – Fator de segurança que depende do nível de poluição/degradação por fatores ambientais a que a membrana estará sujeira;

4.0, para poluição ligeira;

4.5, para poluição forte;

Este último fator (Sf) deve ser tomado igual a 5 para zonas da membrana onde possa haver concentração de tensões, como o caso dos cantos, principalmente com pouco ângulo de abertura.

4.4 RESISTÊNCIA E PROPAGAÇÃO DE RASGOS

A propagação de rasgos deve ser tida em conta conjuntamente com a resistência do material. Desejavelmente, a resistência ao rasgamento do material será sempre grande o suficiente para que rasgos pré-existentes e pequenos defeitos não se propaguem sob efeito de ações de cálculo pelo menos até que sejam reparados. Infelizmente, ensaios padrão como *Tongue Tear Method* e *Trapezoidal Tear Method* foram originalmente desenvolvidos pela ASTM (American Society for Testing and Materials) para a industria de vestuário, não sendo apropriados para ensaiar tecidos estruturais. De um ponto de vista estrutural, a questão importante é relacionar a resistência de uma tela isenta de rasgos com a sua resistência na presença de um pequeno rasgo que interseta o caminho das forças.

Então, as normas EN 1875-3 e DIN 53363 mencionam um teste uniaxial usando uma amostra trapezoidal com um corte. De acordo com a norma 1875-3, poder-se-á utilizar um exemplar de 150mm x 75mm para a realização do ensaio preferencialmente com os cortes realizados de acordo com o modelo geométrico apresentado na Figura 4-3.

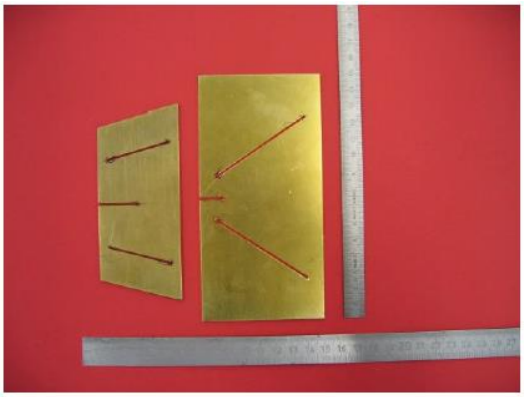


Figura 4-3 Modelo geométrico para utilização em ensaios de rasgos. [©ELLF] (Stranghöner, et al., 2016).

O ensaio é realizado colocando os bordos superiores e inferiores das pinças perfeitamente alinhadas com as marcas da amostra como representado na Figura 4-4.

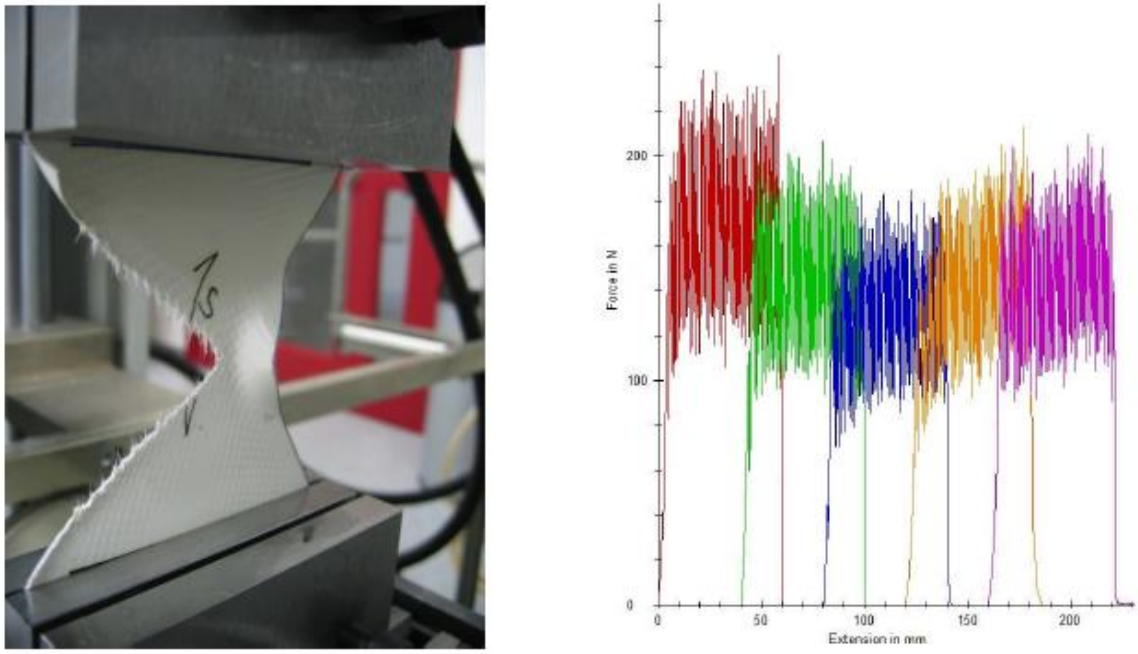


Figura 4-4 Configuração de ensaio de rasgo (Esquerda) e resultados típicos (Direita) [©ELLF] Fonte: (Stranghöner, et al., 2016).

Outra possibilidade para a determinação da resistência ao rasgo é através de um ensaio de rasgo com painel largo *wide panel tear test*, de acordo com Figura 4-5. O ensaio bi-axial é realizado para 3 rasgos de diferentes comprimentos (5, 10 e 15cm de comprimento em exemplares com 70cm de lado) na direção principal e secundária com o objetivo de avaliar o fator K_{ic} do material com o respetivo pré-esforço na direção ortogonal ao rasgo.

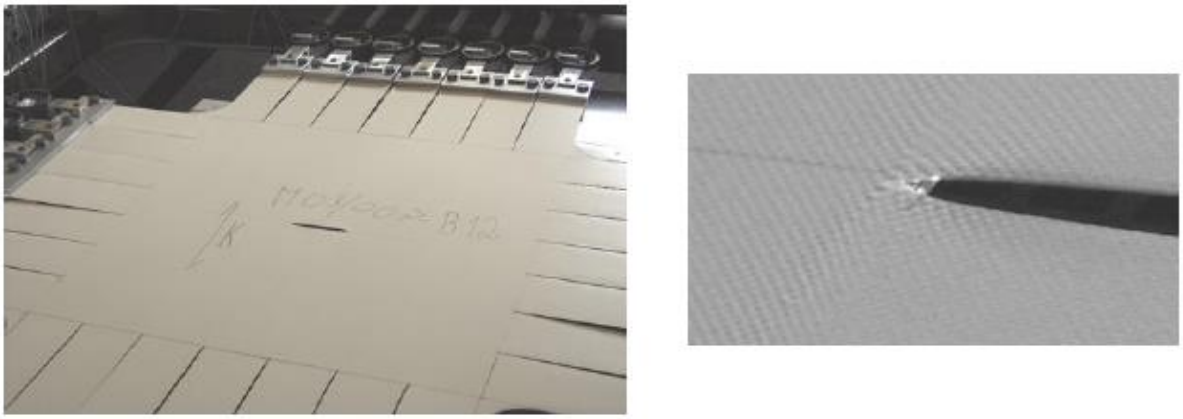


Figura 4-5 Ensaio biaxial com rasgo com dimensão definida no centro do exemplar (Esquerda), Tensões concentradas da ponta do rasgo: início da propagação dos rasgos. [©DEKRA/Labor Blum] Fonte: (Stranghöner, et al., 2016).

O resultado destes ensaios tem demonstrado que a resistência de um tecido danificado com rasgo é reduzida de um fator de 3 a 4 quando a tela é tensionada uniaxialmente, sendo que para tensões biaxiais a sua redução de resistência poderá ser ainda maior. Este parâmetro é ainda afetado da idade da estrutura.

Da leitura dos vários regulamentos/manuais apresentados no ponto anterior, que consideram aspetos como qualidade do material constituinte da membrana, a dimensão da estrutura e a degradação por fatores ambientais, recomenda-se um coeficiente de segurança mínimo de 5.0 relativo a tensões admissíveis. No entanto, este valor é obtido sem que haja uma formal consideração da resistência da tela à propagação de rasgos. Um coeficiente de segurança de 4, que permita levar em consideração os efeitos de degradação da tela por fatores ambientais poderá afigurar-se adequado uma vez que é igual ao coeficiente relativo a propagação de rasgos (um rasgo pode ser visto como uma degradação por fatores ambientais, ainda que severos).

4.5 RESISTÊNCIA DE EMENDAS E EFEITOS DA TEMPERATURA

A rotura por fluência de uma emenda depende da duração do carregamento e das condições de temperatura a que estão expostas, embora, normalmente a temperatura da membrana não aumenta significativamente durante a atuação das ações de projeto (vento forte ou neve). É necessário assim para o dimensionamento da membrana a consideração de duas combinações de carga por fluência de forma separativa, onde a primeira considera as ações de projeto máximas com uma temperatura padrão e outra considera apenas as cargas permanentes (peso próprio, pré-esforço, etc) juntamente com a temperatura máxima atuante.

A Norma Canadiana (CAN3-S367-M81 - National Standard of Canada – Air Supported Structures, 1981) estipula que as emendas devem ser capazes de suportar o dobro da tensão máxima de projeto durante 4 horas, a uma temperatura de 20ºC e a máxima tensão de projeto durante as mesmas 4 horas, mas a uma temperatura de 70ºC. A Norma (Tensile Membrane Structures, 2002), da ASCE estipula as mesmas condições, mas adicionando que as emendas deverão apresentar um escorregamento inferior a 3mm no final do ensaio. Adicionalmente, a resistência da emenda deverá ser superior a 70% da resistência do tecido.

Por vezes, podemos tirar partido das emendas para conferir rigidez numa determinada direção, por exemplo na vincagem das estruturas tipo vale e cume, ou nas estruturas de geometria cónica. Nestas situações a resistência combinada destas camadas deverá ser reduzida. O manual japonês (Guide for Specific Membrane Structures, 1990) refere um limite a considerar para a resistência conjunta a considerar através da seguinte relação:

$$T < 0.9^{(n-1)} \times n \times T_{sm} \tag{4.2}$$

Sendo n o número de camadas do tecido. A norma americana sugere valores idênticos.

4.6 CONTROLO DE RUGAS

As rugas não significam danos na membrana, mas por um critério estético devem ser evitadas. Contudo, eliminar completamente as rugas de uma membrana é um processo muito difícil ou até mesmo irrealista. Para isso o projetista deve prever uma limitação de rugas.

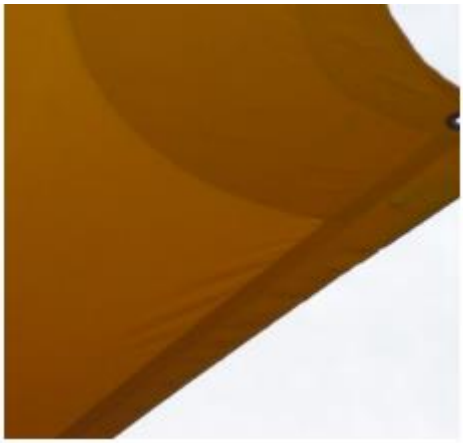


Figura 4-6 Ligeiras rugas no canto de uma membrana (Moreira, 2008).

Quando se realiza uma análise de tensões principais (σ1 e σ2) e se verifica que um dos sentidos tem um valor muito baixo (próximo de zero) ou que a relação entre σ1/σ2 é elevada na prática irá conduzir a uma membrana com rugas nesse local. Estas tensões e a relação com a tensão de corte podem ser representadas com um círculo de Mohr, como se pode observar na Figura 4-7. Neste círculo podemos observar por um lado a relação entre as tensões σ1 e σ2 e por outro representar σ1, σ2 e τxy num

determinado eixo de coordenadas x,y. Geralmente as tensões x,y coincidem com as direções *warp* e *weft* da membrana. O centro do círculo é definido pela tensão média σm=1/2(σx+ σy) e o raio pelo desvio σd=1/2(σx- σy) e a tensão de corte τxy.

$$r = \sqrt{\sigma d^2 + \tau^2{}_{xy}} \tag{4.3}$$

Assim, pela equação acima, podemos concluir que com o aumento da tensão de corte, o círculo de Mohr também aumenta e consecutivamente a menor das tensões principais σ2 iria diminuir. Em suma, quanto maior a tensão de corte maior o risco de aparecimento de rugas. Contudo, o indicador a controlar não é a magnitude da tensão de corte, mas sim, como mencionado acima, o valor da tensão principal de menor dimensão.

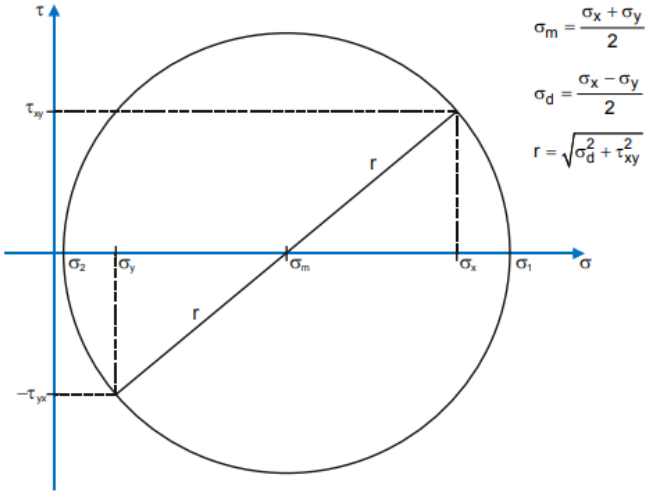


Figura 4-7 Círculo de Mohr. Relação entre tensão principal e a tensão num determinado sistema de coordenadas x,y (Forster & Mollaert, 2004).

Com isto, o projetista deve ter em conta a forma da estrutura, a rigidez e a pré-tensão instalada de modo a garantir um maior equilíbrio entre as tensões principais σ1 e σ2.

4.7 CÁLCULO DE LIGAÇÕES

Em estruturas de membrana tensionada, é muito frequente encontrarmos soluções de ligação, que quer pela sua geometria, quer pelo seu aspeto arquitetónico não se enquadram naquilo que normalmente é um padrão na engenharia de cálculo de ligações em estrutura metálica. Assim sendo, a análise estrutural requer uma atenção especial, principalmente para o comportamento não linear destas ligações, não só

pelo seu funcionamento interno como a cedência do material, o contacto entre chapas, contacto com o maciço de betão, entre outras, mas também por serem ligações que estão conectadas a uma estrutura altamente deformável o que altera a sua posição constantemente. Se pensarmos, como exemplo, numa chapa de ligação (consola) onde está ligado o ponto de amarração e a bifurcação dos cabos do perímetro da tela conseguimos prever que a elevada deformação da membrana altera constantemente a curvatura da catenária do bordo da membrana e que por sua vez altera a direção da resultante do esforço provocado por esse cabo na consola. Assim sendo a análise das ligações deverá ser feita para a sua posição final pós-deformação.

É habitual recorrer ao método das componentes para determinar as forças e tensões em cada componente que compõe a ligação, contudo e devido à geometria e diferentes tipologias de carregamento que estas ligações podem ter, os modelos de cálculo baseados no método das componentes tornar-se-á "pesado" e suscetível a erros.

Na estrutura que se presenteia, as ligações foram desenvolvidas no método das componentes, mas baseada em um modelo de elementos finitos. A utilização de elementos finitos para modelação de ligações parece ser ideal, para além disso, modelos de elementos finitos são normalmente utilizados para fins de investigação do comportamento das ligações.

4.8 PREMISSAS BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE ANÁLISE ESTRUTURAL EM ELEMENTOS FINITOS

Toda a base do dimensionamento de uma estrutura de membrana pode ser realizada através de modelos de elementos finitos. Este modelo deve ser capaz de desenvolver formas de superfície através do equilíbrio da superfície pela aplicação de uma pre-tensão inicial (processo *form-finding*), permitindo a análise de tensões resultantes sobre a membrana. Na realização de um modelo de elementos finitos, devem ser considerados os seguintes aspetos básicos:

- Comportamento não-linear geométrico da estrutura;

- O comportamento principal de uma estrutura de membrana tensionada é resistir ao carregamento através da alteração da forma e das tensões do material.

- A alteração da forma da membrana é geralmente significativa e acrescentam não-linearidade geométrica no comportamento físico da estrutura;

- Os materiais constituintes da membrana são complexos, sendo necessário ter em atenção a própria não-linearidade do material e as suas propriedades anisotrópicas;

- Pode ser necessário introduzir as linhas de soldadura/sobreposição de modo a ter em conta o aumento de rigidez numa determinada direção;

- Todas as ligações que introduzam rigidez significativa na membrana devem ser modeladas corretamente uma vez que podem alterar o funcionamento normal da distribuição de cargas;

CAPÍTULO 5

CASO DE ESTUDO

5.1 APRESENTAÇÃO GERAL. CONDICIONANTES E IMPOSIÇÕES GEOMÉTRICAS

A estrutura em apreço selecionada como caso de estudo, foi construída o mês de março de 2020, no Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo, tendo como objetivo a requalificação do anfiteatro, proporcionando proteção perante condições climáticas adversas tais como chuva, ventos ou sol intenso. O espaço é projetado para permitir a realização de eventos diversificados, tanto de dia como de noite, melhorando as condições de usufruto do espaço público onde será construído.

Figura 5-1 – Alçado Norte. Vista Geral noturna.

Na idealização da solução foram considerados os seguintes aspetos fundamentais: a sua integração paisagista e funcional, a sua sustentabilidade, eficácia e carácter estético e inovador.

A solução idealizada, permite a cobertura de uma vasta área de domínio público através de uma estrutura leve, orgânica e sinuosa, integrando-se na complexidade formal inerente ao espaço e volumetria de um jardim. O espaço criado pela estrutura proposta abre-se para a envolvente urbana existente, permitindo uma utilização diversificada durante todo o ano.

A cobertura da estrutura é em membrana Serge Ferrari Précontraint S2 apresentando características únicas, tais como uma excelente estabilidade dimensional e resistência ao envelhecimento. Possui alta proteção UV (radiação ultravioleta), proteção anti fungus e são ignifugas. Tal membrana integra-se ainda nos princípios da construção sustentável devido à sua leveza, baixa densidade, elevada longevidade e desempenho. A membrana utilizada é também 100% reciclável graças à tecnologia Texyloop.

Por outro lado, na conceção da solução procurou-se incorporar as melhores e mais modernas práticas em termos de materiais e das soluções construtivas que permitem dotar a estrutura da maior qualidade e segurança a todos os utilizadores.

Uma das principais imposições colocadas pelo dono de obra, foi que a geometria da estrutura salvaguardasse que a incidência solar na zona da bancada fosse eliminada durante o período de verão, criando assim um sombreamento para todos os utentes da tribuna e palco durante todo o dia. Para sua validação foram realizados vários ensaios sobre o modelo tridimensional, com base em dados solares específicos que de forma virtual simulam o comportamento do sol em um determinado local, hora e data.

Outra imposição importante, é que a zona interna do anfiteatro teria de estar completamente isenta de elementos estruturais optando-se pela solução de dois arcos autoportantes que vencem o vão total do seu comprimento, sendo as suas ligações às fundações feitas na periferia.

Figura 5-2 – Alçado Este. Montagem de Estrutura Central (Arcos Treliçados)

Abaixo apresenta-se o estudo realizado para um ciclo solar a 05 de Junho de 2020, tendo em conta a geometria final adotada.

Tabela 1 Dados ciclo Solar – Ferreira do Alentejo

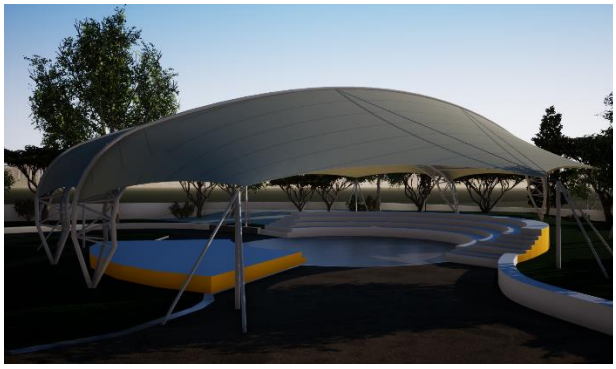
DADOS CICLO SOLAR. JARDIM MUNICIPAL FERREIRA DO ALENTEJO - 05/JUN/2020			
Hora de amanhecer:	06:09:57h	**Longitude:**	W 8º7'11.64" (-8.11990º)
Hora de Pôr do Sol:	20:52:12h	**UTM:**	29S 577209 4212732
Duração do tempo de Luz:	14h 42m e 15s	**TZ:**	Europe/Lisbon DST WEST
Latitude:	N 38º3'32.58'' (38.05905º)	**Altura máxima da Estrutura**	8m

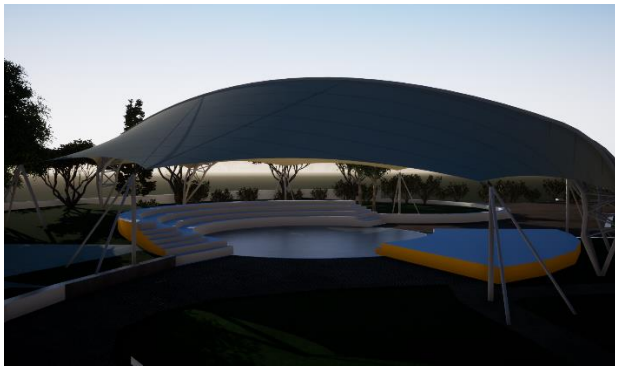
DADOS SOLARES EM 05-JUNHO-2020			
HORA	**Altitude º**	**Azumuth º**	**Sombra [m]**
08:00	19.22	75.85	22.94
10:00	43.01	93.57	8.58
11:00	54.65	105.03	5.68
13:00	73.36	155.93	2.39
16:00	54.5	255.19	5.71
17:00	43.06	266.44	8.56
18:00	31.08	275.71	13.27
19:00	19.47	284.036	22.62
20:00	8.51	292.26	53.48

Seguem-se as ilustrações tridimensionais representativas do sombreamento da zona, provocada pela membrana tensionada a instalar.

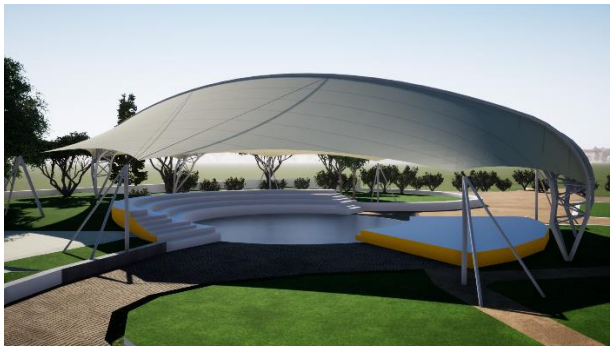
Tabela 2 Incidência solar sobre a estrutura de membrana tensionada. Ferreira do Alentejo

INCIDÊNCIA SOLAR: 08:00h – 05/JUNHO/2020

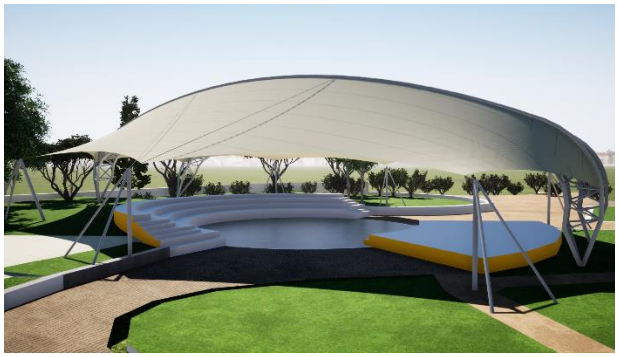




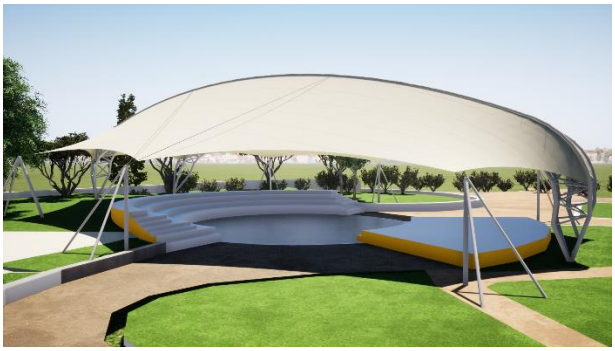
INCIDÊNCIA SOLAR: 10:00h – 05/JUNHO/2020



INCIDÊNCIA SOLAR: 11:00h – 05/JUNHO/2020



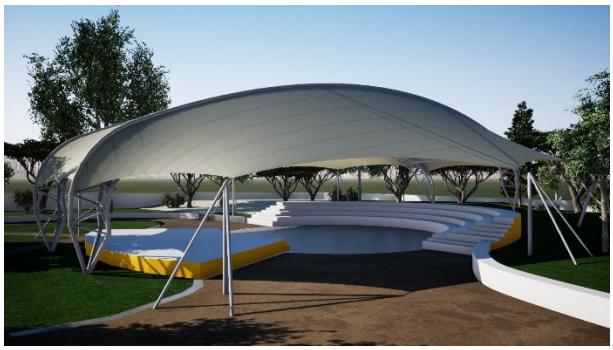
INCIDÊNCIA SOLAR: 13:00h – 05/JUNHO/2020



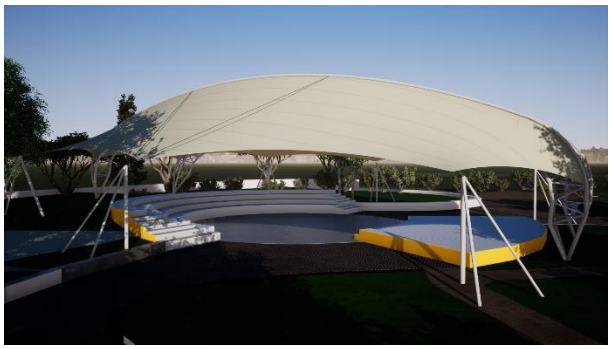
INCIDÊNCIA SOLAR: 16:00h – 05/JUNHO/2020

INCIDÊNCIA SOLAR: 17:00h – 05/JUNHO/2020

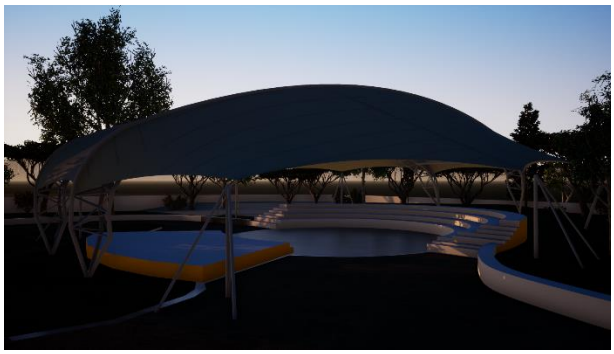
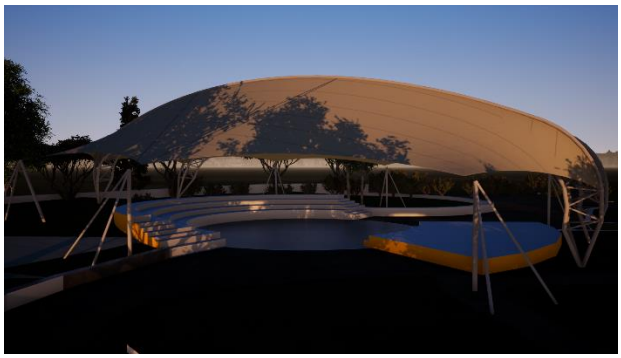
INCIDÊNCIA SOLAR: 18:00h – 05/JUNHO/2020



INCIDÊNCIA SOLAR: 19:00h – 05/JUNHO/2020



INCIDÊNCIA SOLAR: 20:00h – 05/JUNHO/2020

Conclui-se que, a cobertura em membrana tensionada cumpre a sua proteção de incidência solar, durante o seu período de luz total.

5.2 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura tensionada em apreço é to tipo "estrutura espacial", de superfície geométrica tipo anticlástica, de envolvente aberta, com dupla curvatura em equilíbrio com a atuação de pré-esforço no plano da membrana, suportada ao longo de linhas (estruturas em Arco), com composição híbrida (metálo-têxtil), em Aço S275 JR e coberturas por 3 membranas isotrópicas (duas laterais e uma central) de Polyester revestido a PVC Tipo 2 do tipo "foil" Serge Ferrari 1202 S2, de resistência característica igual a 560/560 daN/5cm (warp/weft), contendo uma área projetada (plano horizontal) de 420m2 e uma área tridimensional de aproximadamente 460m2.

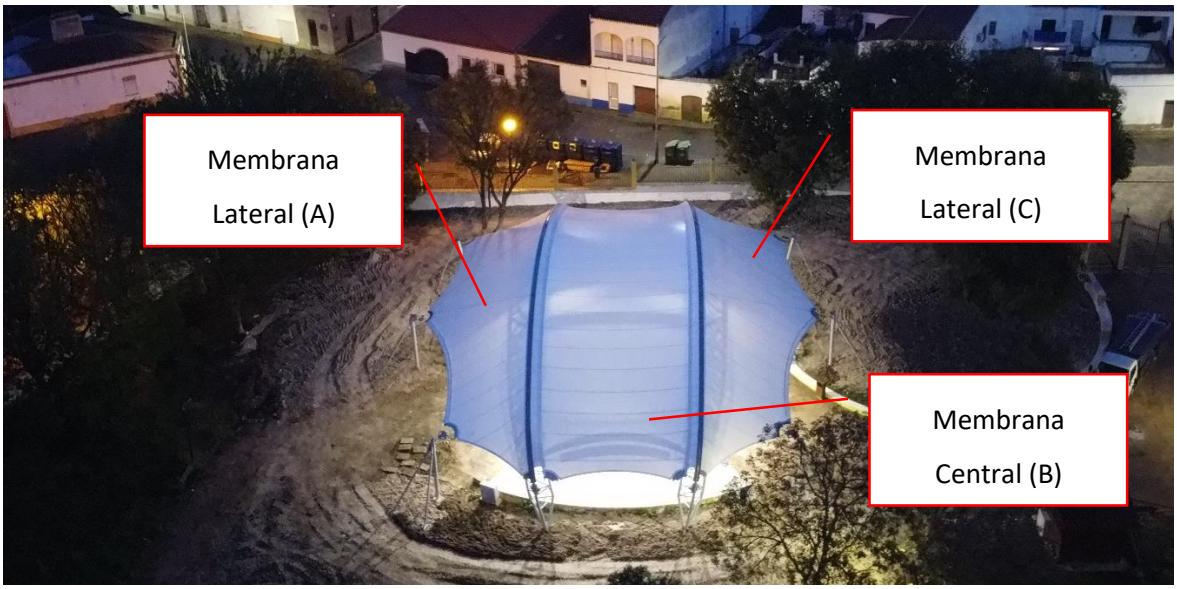


Figura 5-3 Vista Superior. Identificação de membranas de cobertura

Na premissa da criação de uma zona isenta de elementos estruturais no interior do anfiteatro, concebe-se duas asnas em treliça tridimensional com 26m de vão, compostas por elementos de tração/compressão perfil tubular de secção CHS 60.3x3.2 e 3 cordas (1 superior e duas inferiores) em arco de dois raios diferentes tangentes entre si, de secções CHS 139.7x3 e CHS 139.7x4. Cada conjunto terá uma ligeira inclinação para o exterior da estrutura, realçando a forma orgânica da membrana e melhorando o comportamento estrutural da mesma. Os arcos terão como função principal o suporte e tensionamento da membrana central e da comunicação com as membranas exteriores. A Figura 5-4, representa uma vista traseira do corpo da estrutura metálica de suporte à cobertura.

Figura 5-4 Vista Traseira. Identificação de Arcos em Treliça.

Os pontos singulares de tensionamento, ou pontos de ancoragem, da estrutura são compostos por um pilar e dois tirantes Pilar-Tirantes de secções CHS 177.8x3 e CHS 88.9x3, respetivamente, que através do funcionamento de tração-compressão suportam o binário gerado na base imposto pelo respetivo ponto de ancoragem das membranas tensionadas, como apresentado na Figura 5-5. Todos estes elementos serão bi-arcticulados com ligações concebidas para o efeito.

O travamento horizontal entre as asnas do conjunto é feito na parte interior por perfis tubulares CHS 139.7x3, bi-articulados, com funcionamento de compressão e tração, e nas zonas exteriores através de cabos tensionados ligados aos pontos de ancoragem central.

Todos os elementos de suporte serão fixos a fundações diretas em Betão Armado, equilibradas pela sua geometria e contrabalanço do peso do terreno natural do local, isento de terra vegetal.

Figura 5-5 Pontos de tensionamento singulares, ou pontos de ancoragens compostos por pilar-tirante, identificando os esforços de compressão e tração.

Os bordos da membrana são flexíveis e tensionam a membrana com recurso a cabos de Aço INOX AISI 316 de Diâmetro 16mm de construções Strand 7x19 e Spriral Strand 1x19, conforme peças desenhadas apresentadas no Anexo I. Estes cabos bifurcam do ponto de ancoragem (consola de canto) por meio de sistema de swage tipo *stud* roscado. Junto das asnas treliçadas será executado e aplicado um sistema de tensão linear de Keder, com perfil de tensionamento linear tipo *Tennect*.

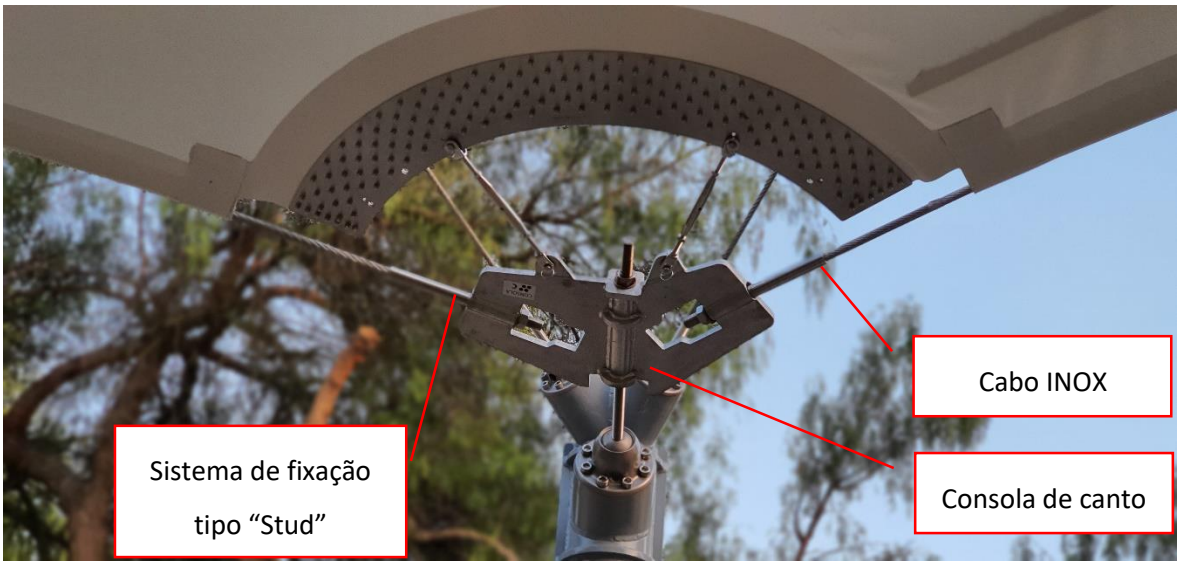


Figura 5-6 Pormenor de Canto. Sistema de Ancoragem.

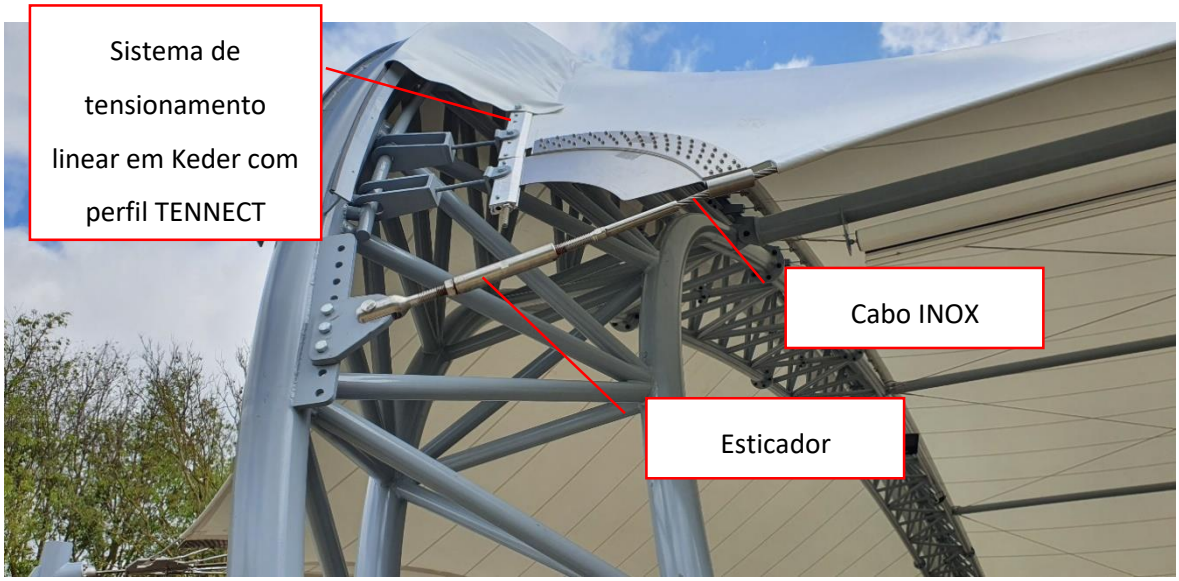


Figura 5-7 Sistema de Tensionamento Linear em *keder* com perfil linear *Tennect* junto das Treliças.

5.3 MATERIAIS

Todos os materiais aplicados tiveram em conta a respetiva legislação e recomendações aplicáveis e em vigor. Abaixo seguem-se as principais características de cada material utilizado.

5.3.1 Betão

- **Betão de Regularização:**

Referência Normativa..... EN-206-1

Classe de resistência.....C12/15

Classe de exposição.....X0

Teor máximo de cloretos.....CL1.0

Máxima dimensão do agregado.....Dmax20

Classe de abaixamento..... S2

Recobrimento nominal..... N/A

Valores limite de acompanhamento do betão .....LNEC E464-2007

Fck..... 12Mpa

Fyd.....8Mpa

- **Betão em fundações:**

Referência Normativa..... EN-206-1

Classe de resistência.....C25/30

Classe de exposição.....XS1/XC2

Teor máximo de cloretos.....CL0.2/CL0.4

Máxima dimensão do agregado.....Dmax22

Classe de abaixamento..... S3

Recobrimento nominal..... 50mm

Valores limite de acompanhamento do betão .....LNEC E464-2007

Fck..... 25mPa

Fyd.....16.67mPa

5.3.2 Armaduras Passivas

Referência Normativa EN1992-1

Classe ..... A500 NR

Módulo de Elasticidade .....210 gPa

Fyk.....500 mPa

Fyd.....435 mPa

5.3.3 Aço Estrutural

Referência Normativa .....NP EN 1993-1-1:2010-12

Classe ..... S 275 JR

Módulo de Elasticidade .....210 Gpa

Fyk……275 Mpa

Fyd……239.13 Mpa

5.3.4 Membrana

Marca …….. Serge Ferrari

Modelo ……1202 S2 PVC Tipo 2

Peso Próprio ……..1050 g/m^2

Resistência à Tração urdume/trama……..560/560 daN/5cm

Resistência ao Rasgo urdume/trama..…… 80/65 daN

Resistência ao fogo …….. C-s2,d0/EN 13501-1

Extensão característica de rotura urdume/trama……..< 0.50%/0.50%

5.3.5 Cabos Aço Inox Strand 7x19 – Inox AISI 316

Módulo de elasticidade Eq …… 90 kN/mm^2

Mínima Tensão Resistente …… 1570 N/mm^2

5.3.6 Cabos Aço Inox Strand 7x19 – Inox AISI 316

Módulo de elasticidade Eq …… 130 kN/mm^2

Mínima Tensão Resistente …… 1570 N/mm^2

5.4 REGULAMENTAÇÃO

Abaixo segue-se a regulamentação aplicável de acordo com a legislação em vigor e recomendações aplicáveis de boas práticas de construção:

- NP EN 1990:2009 Bases para o Projeto de Estruturas;
- NP EN 1991-1-1:2009 Parte 1-1: Ações Gerais. Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios;
- NP EN 1992-1-1-2010 Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios;
- NP EN 1991-1-4:2010 Parte 1-4: Ações Gerais. Ações do vento;
- NP EN 1992-1:2010 Projeto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios;
- NP EN 1993-1-1:2010 Projeto de estruturas de Aço. Parte 1-1 Regras gerais e regras para edifícios;
- NP EN 1993-1-4 Projeto de estruturas de Aço. Parte 1-4 Regras adicionais para aço inoxidável;

- NP EN 1993-1-11 Projeto de estruturas de Aço. Parte 1-11 Projeto de estruturas com elementos tensionados;
- NP EN 1993-1-8:2010 Projeto de estruturas de Aço. Parte 1-8 Projeto de Ligações;
- NP EN 1997-1-2010 Projecto geotécnico. Parte 1: Regras Gerais;
- European Design Guide for Tensile Structures – Tensinet
- Manual francês de coberturas têxteis de carácter permanente.

5.5 MODELO DE CÁLCULO E ANÁLISE ESTRUTURAL

Tratando-se de estruturas espaciais, compostas por membranas de elevada deformabilidade e elementos estruturais de suporte em estrutura metálica, a análise e dimensionamento estrutural será mista, isto é:

As estruturas de elevada deformabilidade (membrana tensionada e elementos de iteração membrana-estrutura metálica) terão uma componente de análise através de tensões admissíveis, na qual a tensão máxima que se desenvolve na estrutura quando carregada com as ações de serviço não pode exceder uma determinada percentagem da tensão de cedência do material constituinte. Já a estrutura metálica, será baseada nos "estados limites", para várias combinações de ações devidamente majoradas. A estrutura e seus componentes devem respeitar determinados critérios de resistência, bem como para várias combinações de ações de serviço não devem provocar deformações ou anomalias que provoquem um correto funcionamento da estrutura no seu conjunto (ex: *Ponding*).

Para tal, concebeu-se um modelo tridimensional em elementos finitos, em software IxCube. As estruturas especiais de membrana tensionada são sensíveis ao rigor e detalhe com que são executadas, sendo necessário uma correta e cuidada modelação de modo que os resultados que se obtém aproximem-se do modelo real a ser executado.

Todo o cálculo realizado, sendo os elementos de maior abundância (cabos/membranas) de deformabilidade elevada, provém de cálculos não-lineares e análise das grandes deformações realizados no presente modelo, de acordo com o método Newton-Raphson, de modo a contabilizar o efeito de deformação por ação.

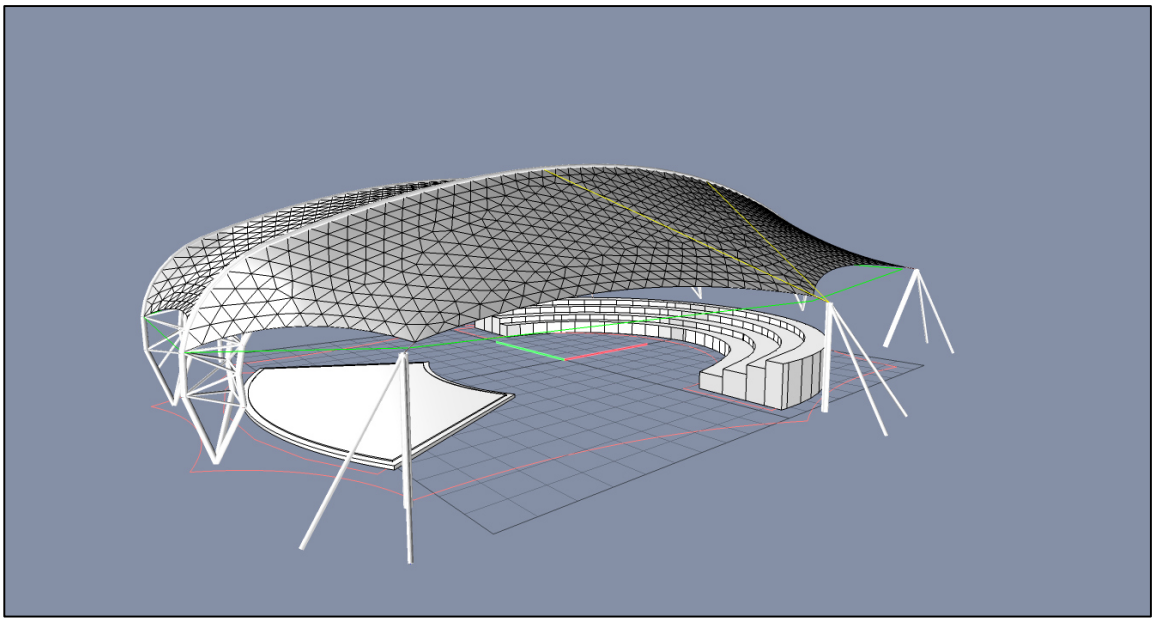


Figura 5-8 Vista em Perspetiva – Modelo de Cálculo em Elementos Finitos.

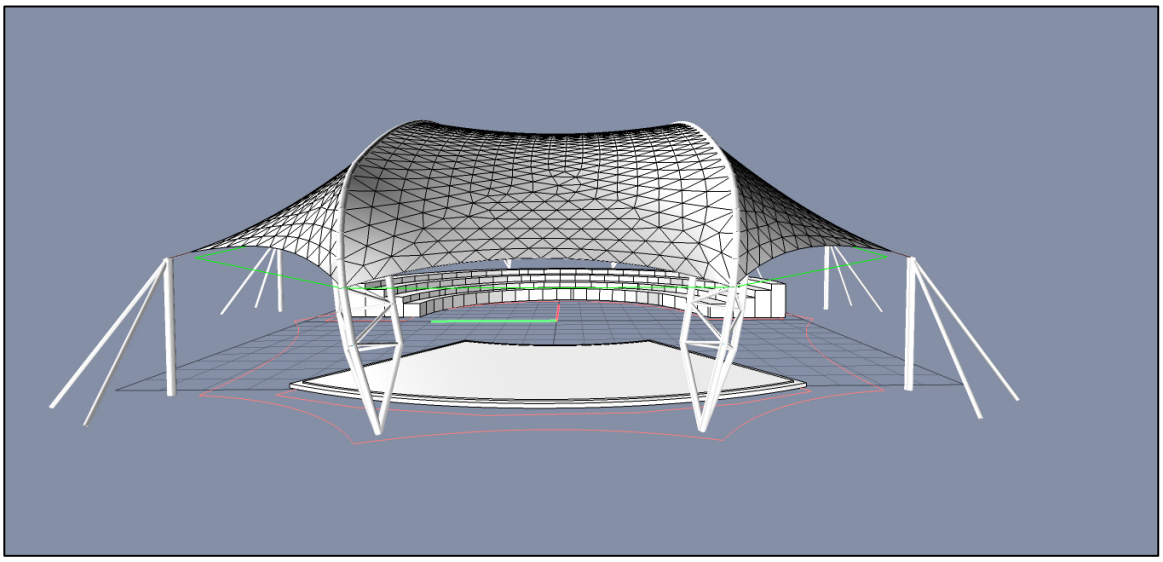


Figura 5-9 Alçado Frontal – Modelo de Cálculo em Elementos Finitos.

5.5.1 Particularidades na construção do modelo de cálculo

Em boa prática, as estruturas de membrana tensionada devem ser concebidas de modo que a transferência de esforços se faça sempre na sua direção principal, principalmente quando se tratam de esforços axiais, como é exemplo os pontos de ancoragem (pontos singulares), em que o sistema de ligação e constituído por uma consola de onde bifurcam os cabos e que por sua vez estão ligados ao pilar através de um varão roscado ver (Figura 5-6 Pormenor de Canto. Sistema de Ancoragem). É fundamental conhecer a direção da resultante que o conjunto toma após o equilíbrio das forças de pré-tensão exercidas na

membrana para que a cabeça de amarração esteja orientada nesse mesmo sentido. Essa orientação é conseguida através da modelação do varão como uma barra bi-articulada, sujeita a deformações livres enquanto decorre o processo iterativo *form-finding*.

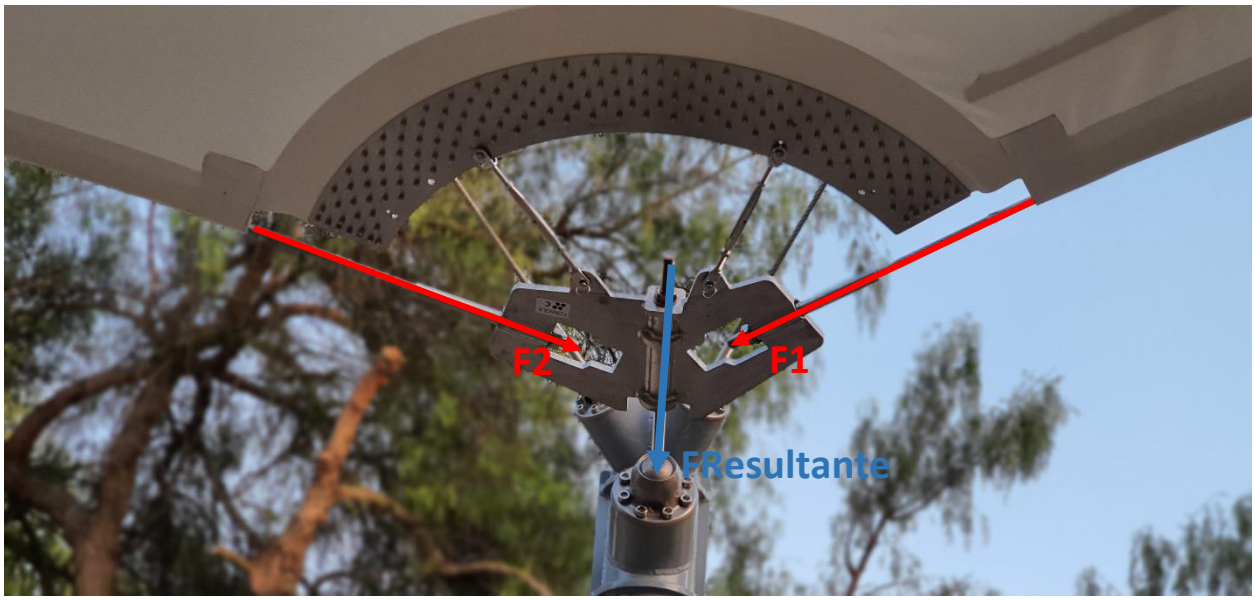


Figura 5-10 Orientação do ponto de ancoragem paralela à resultante de esforços de pré-tensão.

Outra particularidade destas estruturas é a atribuição das secções e respetivos materiais. Em estruturas que dependem essencialmente da rigidez dos elementos de suporte e elementos constituintes para o encontro do seu estado de equilíbrio é fundamental que haja o máximo rigor na atribuição destes elementos. Uma má atribuição, influencia na forma final da membrana e conduz uma distribuição de esforços irrealistas.

5.5.2 Busca da Forma (*Form Finding*)

Como apresentado no capítulo 3.4, nas membranas pré-esforçadas, as densidades de forças arbitradas relacionam-se com o nível de pré-esforço desejado nas estruturas de membrana. Na ausência de informação mais detalhada, poder-se-á admitir que a tensão admissível para as estruturas de membrana coincide com o nível de pré-esforço a dar à membrana. A extensão característica é também dependente das propriedades do material. Assim, a extensão e o pré-esforço podem ser determinados da seguinte forma:

$$Tr = 112\ kN/m$$

$$Tc = \frac{Tr}{S} = \frac{112}{5} = 22.4\ kN/m$$

$$Tp \approx 10\%\ Tc = 2.24\ kN/m$$

$$E = \frac{Tr}{\varepsilon} = \frac{112}{0.01} = 11200kN/m$$

Em que:

Tr – Resistência característica à tração do material da membrana;

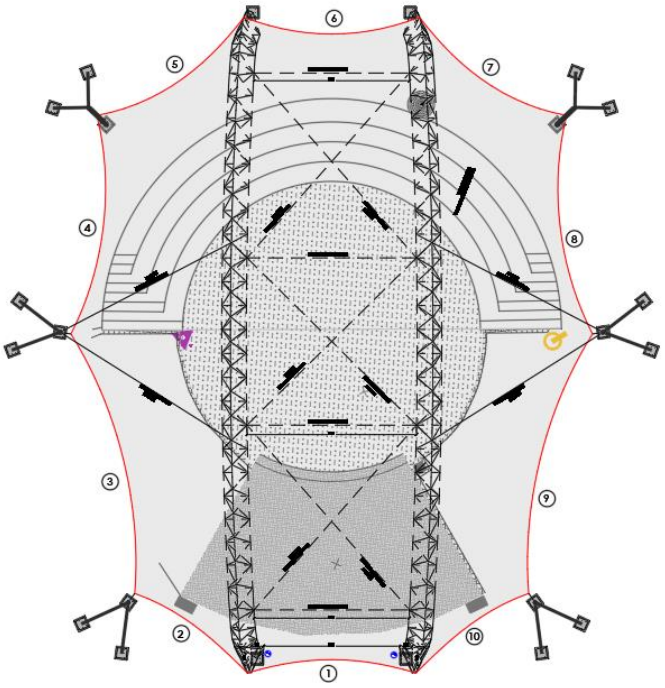
Tc – Tensão admissível;

Tp – Valor médio do pré-esforço a instalar na membrana;

S – Coeficiente de segurança do material;

ε – Extensão característica de rotura do material.

A pré-tensão instalada nos cabos depende essencialmente das características geométricas finais da membrana, do tipo de cabo e material constituinte. Abaixo segue-se o quadro resumo das forças de pré-esforço aplicadas para o desenvolvimento da geometria da membrana.



Elemento	Pré-Esforço Projeto [kN]
1	10
2	8
3	15
4	12
5	8
6	10
7	8
8	12
9	15
10	8

Figura 5-11 Forças de pré-esforço instaladas em cada cabo da membrana [kN].

Reúne-se assim as condições para a geração da forma da estrutura que abaixo se apresenta:

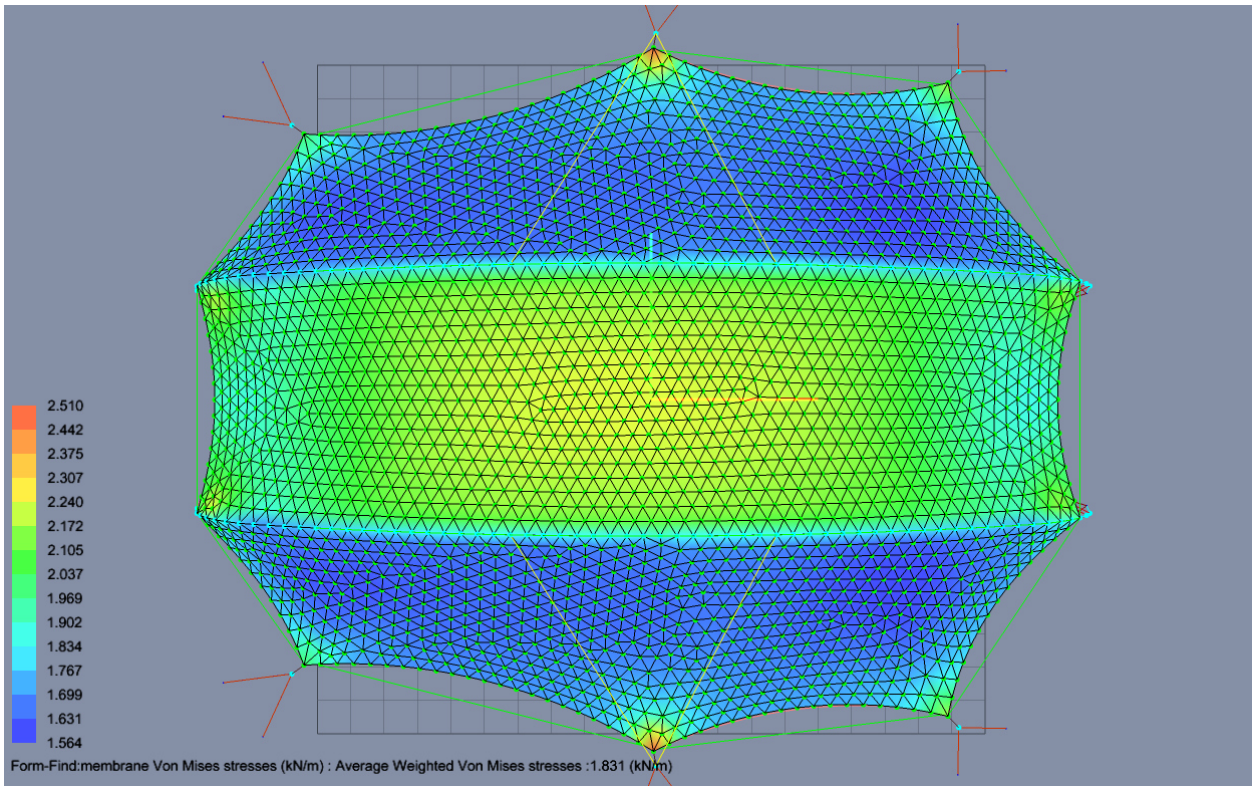


Figura 5-12 Configuração da membrana após processo de *Form-Finding*. Tensões.

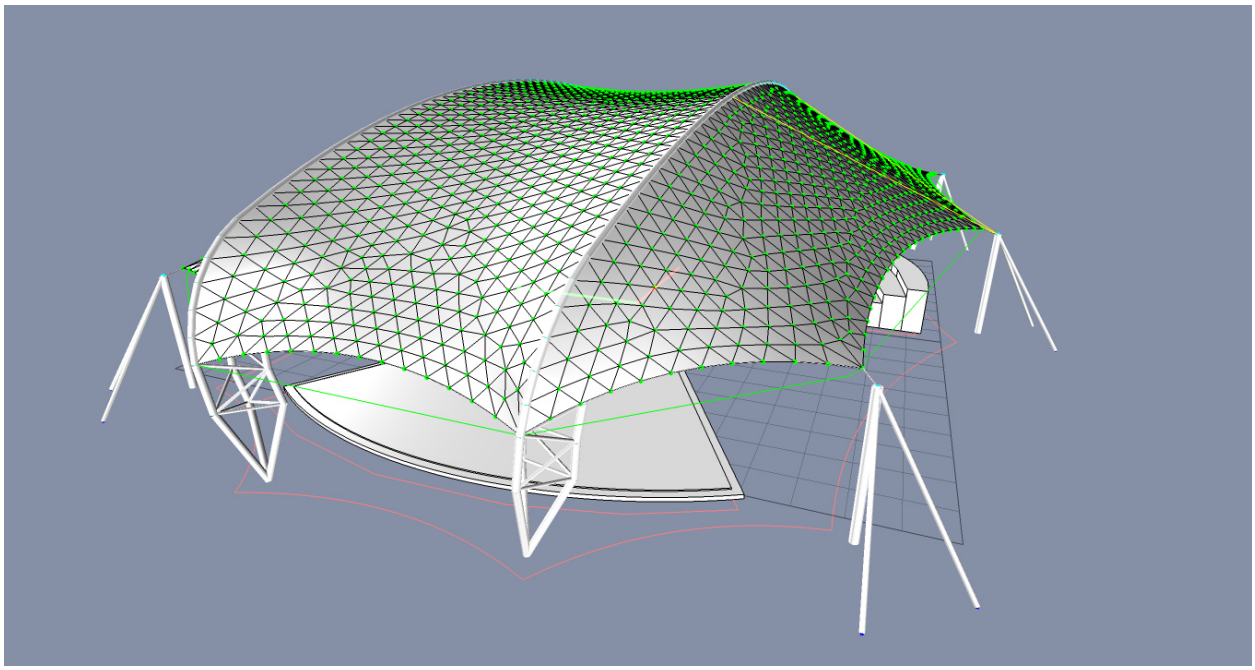


Figura 5-13 Modelo de Cálculo. Vista em perspetiva.

5.6 AÇÕES E COMBINAÇÕES

A quantificação das ações foi realizada com recurso aos Eurocódigos 0, Eurocódigo 1-1, Eurocódigo 1-4. O Eurocódigo 1-4. Tal como explicado no capítulo 3.6, a regulamentação nacional em vigor não incorpora coberturas de membrana tensionada, assim sendo, os coeficientes de pressão foram obtidos assemelhando-se as estruturas tensionadas a coberturas isoladas de duas pendentes. Realizou-se ainda uma simulação do fluxo do vento em CFD para uma análise crítica e comparativa das resultantes de esforços, no entanto utilizaram-se as pressões da metodologia preconizada pelo Eurocódigo para a realização de todo o dimensionamento.

5.6.1 Ações permanentes

As ações permanentes resultam do peso próprio dos materiais, recorrendo a valores de referência devido às seguintes densidades volúmicas, bem como ações permanentes correspondentes à ação do pré-esforço induzido na membrana de cobertura:

Peso Próprio da Membrana Tensionada: 0.01 kN/m2

Peso Próprio da Estrutura em Aço S275: 77kN/m3

Pré-Tensão: 2.24 kN/m

5.6.2 Ações variáveis

Em geral, a ação variável que se manifesta mais condicionantes é a ação do vento. A ação sísmica, devido à leveza da estrutura não conduz a esforços significativos, ou seja, na ocorrência de um sismo não existe uma grande mobilidade de massa que conduzam a esforços consideráveis para a estrutura, como tal foram desprezados.

5.6.2.1 Ação do Vento

A Presente estrutura será instalada em Portugal, no Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo, situando-se a uma distância da faixa costeira superior a 5km e uma altitude de 134m, correspondendo à Zona A do vento Nacional, originando assim um **valor básico da velocidade de referência do vento de 27m/s.**

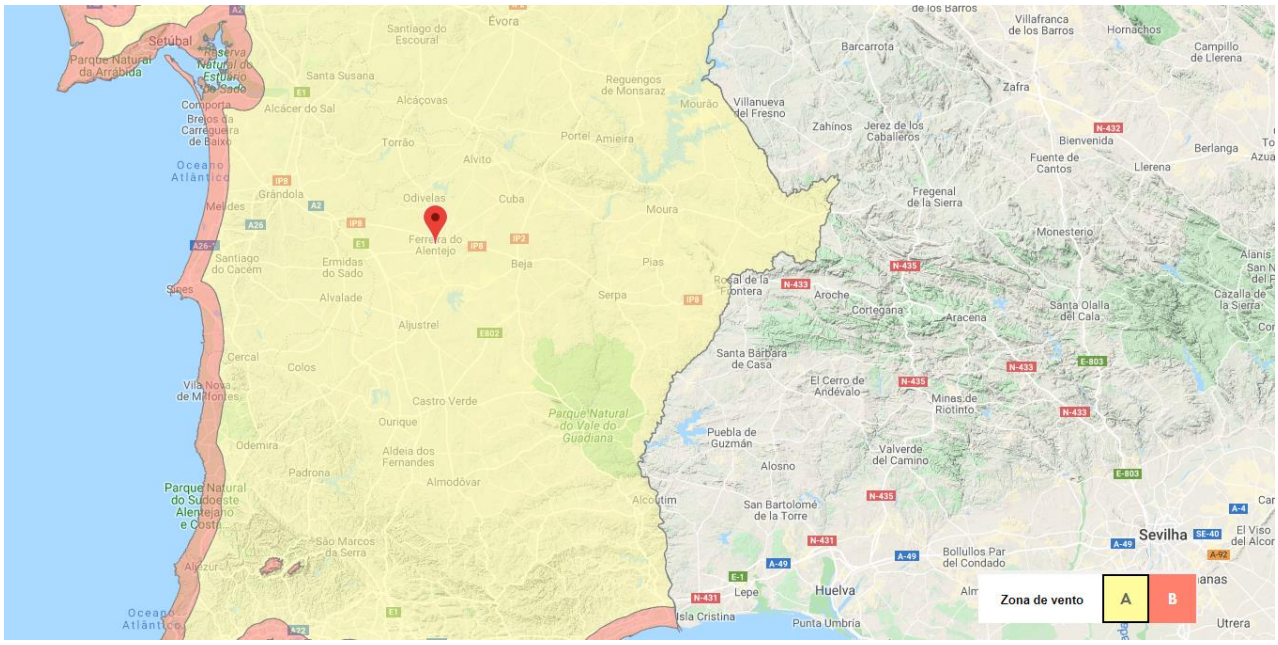


Figura 5-14 Zonamento Nacional. Vento EC1-4.

O cálculo da pressão dinâmica de pico foi realizado de acordo com a seguinte expressão utilizando-se os seguintes parâmetros de cálculo:

$$q_p(z) = [1 + 7 \times Iv(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times {v_m}^2 = C_e(z) \times qb$$

FERREIRA DO ALENTEJO		
Descrição	**Valor Considerado**	**Unidade**
Zona	A	
Cdir	1	
Cseason	1	
Vb,0	27	m/s
Vb	27	m/s
Altura Construção	7.5	m
Rugosidade	2	
Taludes	Não Considerado	
Local Construção	Plano	
Qp(z)	**0.97006**	**kPa**
Vrajada	**141.8279386**	**km/h**

A transferência destas ações dinâmicas para pressões estáticas é feita através do produto da pressão dinâmica de pico (Qp) pelo coeficiente de força exercido na membrana (Cf).

Foram consideradas as atuações do vento nas direções principais da estrutura, sentido NE-SO [X+]; SO-NE [X-]; SE-NO [Y+]; NO-SE [Y-], como se apresenta na figura seguinte:

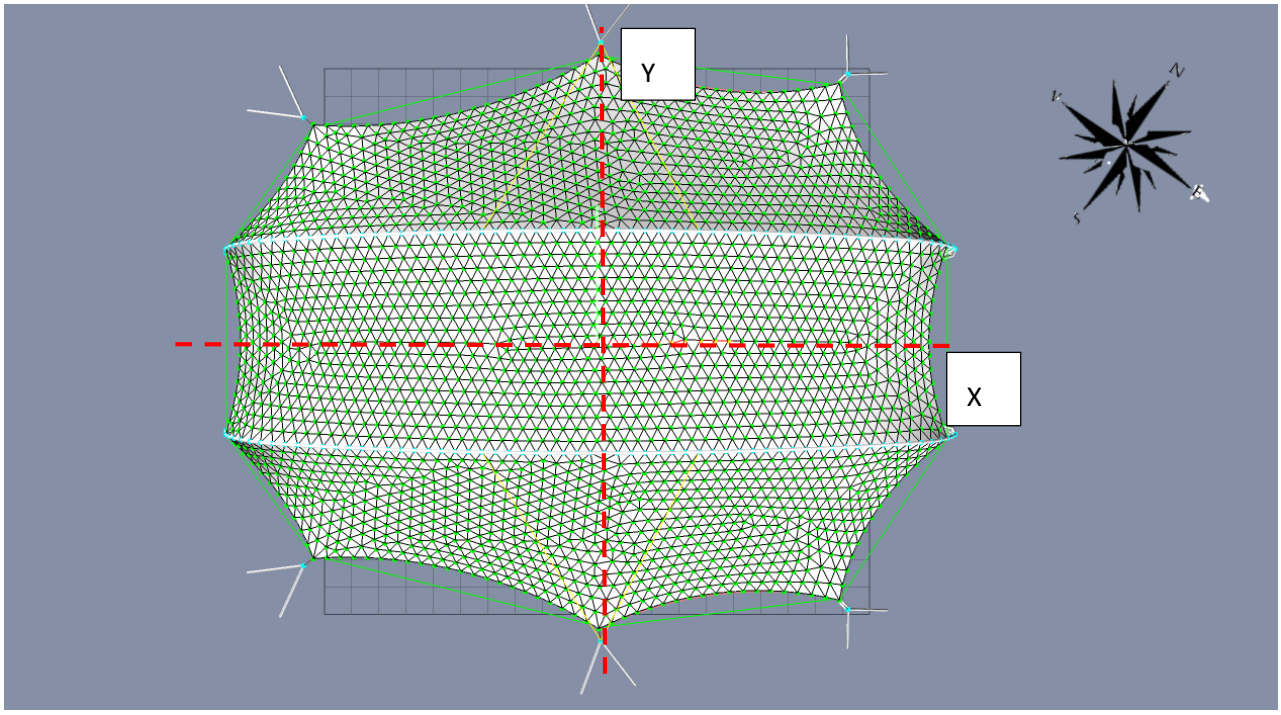


Figura 5-15 Representação de Cortes (Fluxo do Vento).

O coeficiente de força a aplicar nas membranas será de acordo com o capítulo 7.3 (coberturas isoladas).

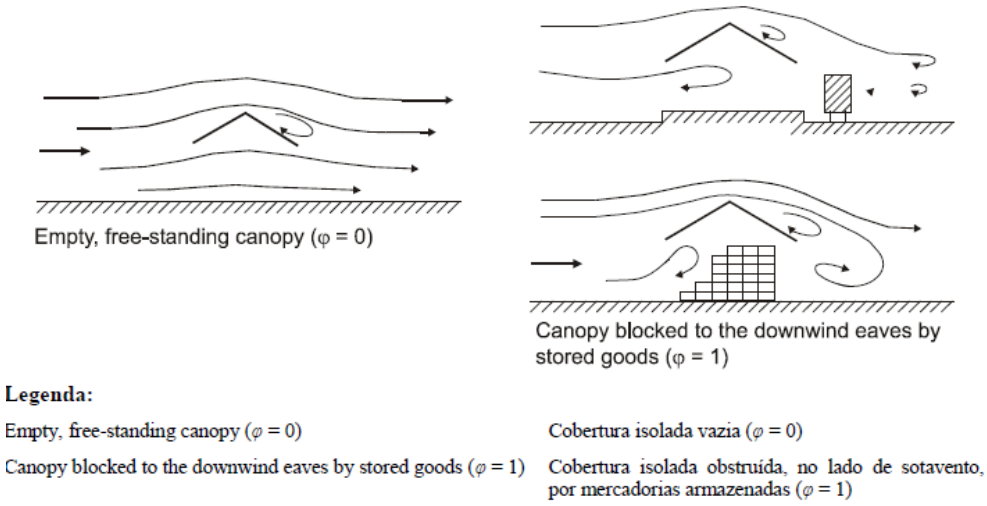
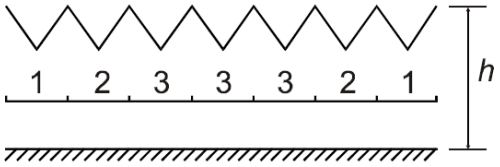


Figura 5-16 Escoamento do ar em torno de coberturas isoladas, (EC1-4, 2010).

A zona central da estrutura de cobertura assemelha-se a coberturas múltiplas isoladas. Como tal, utiliza-se o capítulo 7.8 para disposições das cargas no sentido Y.

Nave	Localização	Coeficientes ψ_{mc}, para qualquer valor de φ	
		sobre valores máximos (sentido descendente) dos coeficientes de força e de pressão	sobre valores mínimos (sentido ascendente) dos coeficientes de força e de pressão
1	Nave de extremidade	1,0	0,8
2	Segunda nave	0,9	0,7
3	Terceira nave e naves seguintes	0,7	0,7



Sendo o espaço a cobrir, uma área destinada a eventos, considera-se uma ocupação total dos utentes no espaço interior. Então ϕ = 1 (Cobertura isolada, obstruída no lado de sotavento, resultando no seguinte par de ações para cada tipologia de estruturas:

Na direção X:

COEFICIENTES DE PRESSÃO						
Pressão do Vento - Membranas de Cobertura - DIREÇÃO X						
ZONA	Obstrução	Inclinação	Cf	Qp [kPa]	Wk [kPa]	Direção
A	1	αméd = 20º	0.6	0.97006	0.582036	Ascendente
B			0.6	0.97006	0.582036	Ascendente
A		αméd = 20º	-1.3	0.97006	-1.26108	Ascendente
B			-1.3	0.97006	-1.26108	Descendente

Na direção Y:

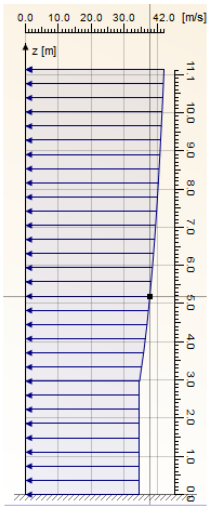
COEFICIENTES DE PRESSÃO						
Pressão do Vento - Membranas de Cobertura - DIREÇÃO Y						
ZONA	Obstrução	Inclinação	Cf	Qp [kPa]	Wk [kPa]	Direção
A	1	αméd = 30º	0.9	0.97006	0.873054	Ascendente
B		αméd = 10º	0.4	0.97006	0.388024	Ascendente
C		αméd = 30º	0.6	0.97006	0.582036	Ascendente
A		αméd = 30º	-1.3	0.97006	-1.26108	Ascendente
B		αméd = 10º	-1.3	0.97006	-1.26108	Ascendente
C		αméd = 30º	-1.3	0.97006	-1.26108	Descendente

5.6.2.1.1 Análises das Pressões do Vento pelo Método CFD

De modo a realizar uma análise comparativa com as pressões obtidas pela metodologia preconizada pelo Eurocódigo 1 parte 4 face às pressões obtidas pelo método CFD, desenvolveu-se um modelo de cálculo numérico baseado em um modelo de turbulência k-epslon, onde se atribui uma intensidade de turbulência de 5% (intensidade de turbulência recomendada baseada em modelos de ensaios pelo fabricante do software). A convergência dos resultados é realizada para um número máximo de 500 interações, onde se procura um valor de pressão residual de 0.001 kpa. A simulação é realizada

para as direções de 0º, 90º, 180º e 270º, de igual forma ao adotado pelo método de cálculo preconizado pela norma europeia. Aplicando as equações previstas pelo Eurocódigo 1-4 obtém-se o seguinte perfil da velocidade do vento:

PROFIL DU VENT										
Z	KR	CR(Z)	C0	Ki	Iv(Z)	Sv	Vm(Z)	Qb(Z)	Qp(z)	Vr (m/s)
0.000	0.190	0.778	1.000	1.000	0.244	5.130	21.004	455.625	747.138	34.575
0.742	0.190	0.778	1.000	1.000	0.244	5.130	21.004	455.625	747.138	34.575
1.484	0.190	0.778	1.000	1.000	0.244	5.130	21.004	455.625	747.138	34.575
2.226	0.190	0.778	1.000	1.000	0.244	5.130	21.004	455.625	747.138	34.575
2.968	0.190	0.778	1.000	1.000	0.244	5.130	21.004	455.625	747.138	34.575
3.710	0.190	0.818	1.000	1.000	0.232	5.130	22.094	455.625	800.948	35.798
4.452	0.190	0.853	1.000	1.000	0.223	5.130	23.029	455.625	848.317	36.842
5.194	0.190	0.882	1.000	1.000	0.215	5.130	23.820	455.625	889.220	37.719
5.936	0.190	0.908	1.000	1.000	0.209	5.130	24.505	455.625	925.284	38.477
6.679	0.190	0.930	1.000	1.000	0.204	5.130	25.110	455.625	957.623	39.143
7.421	0.190	0.950	1.000	1.000	0.200	5.130	25.650	455.625	986.897	39.737
8.163	0.190	0.968	1.000	1.000	0.196	5.130	26.139	455.625	1013.693	40.273
8.905	0.190	0.985	1.000	1.000	0.193	5.130	26.585	455.625	1038.417	40.761
9.647	0.190	1.000	1.000	1.000	0.190	5.130	26.996	455.625	1061.382	41.209
10.389	0.190	1.014	1.000	1.000	0.187	5.130	27.376	455.625	1082.831	41.624
11.131	0.190	1.027	1.000	1.000	0.185	5.130	27.730	455.625	1102.963	42.009



A estrutura da bancada foi modelada de modo a ter em conta a influência sobre a estrutura tensionada. Abaixo seguem-se as imagens resultantes da análise, apresentando-se as pressões locais e fluxo do vento:

- **Caso de Carga 1: Vento a 0º (X+):**

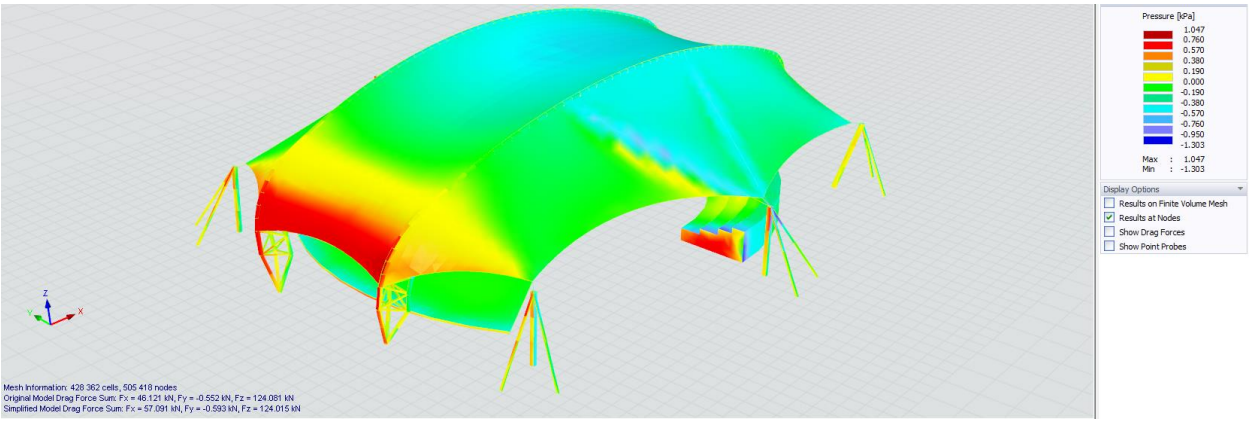


Figura 5-17 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 0º (X+) [kPa].

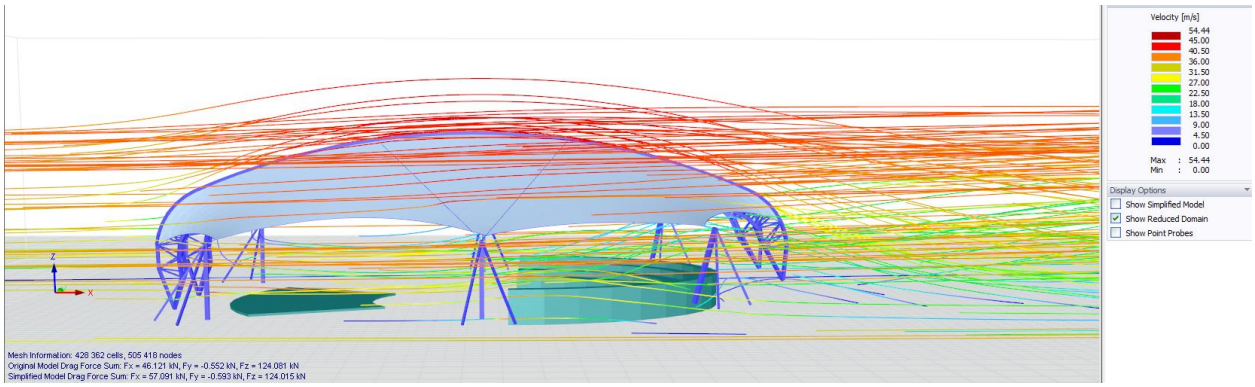


Figura 5-18 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 0º (X+) [m/s].

- **Caso de Carga 2: Vento a 90º (X+):**

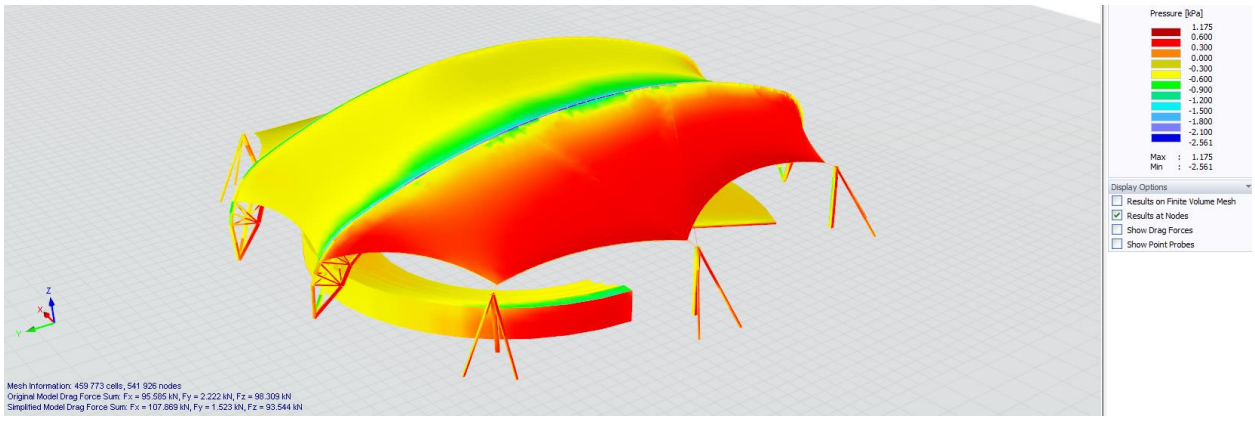


Figura 5-19 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 90º (X+) [kPa].

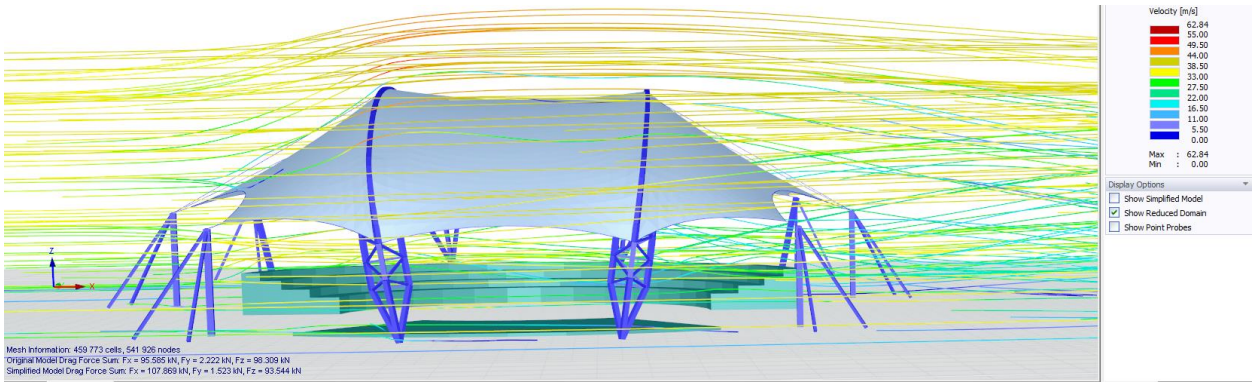


Figura 5-20 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 90º (X+) [m/s].

- **Caso de Carga 3: Vento a 180º (X+):**

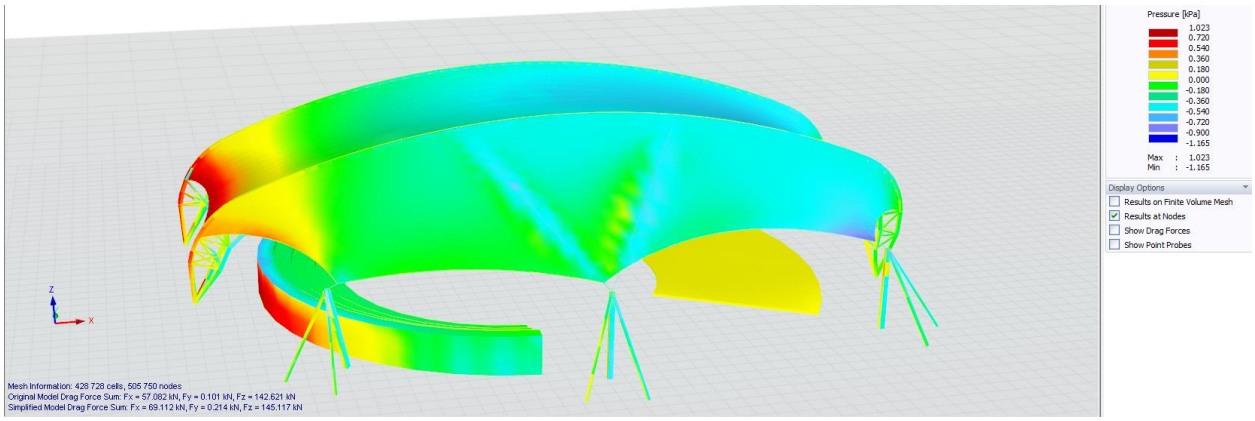


Figura 5-21 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 180º (X+) [kPa].

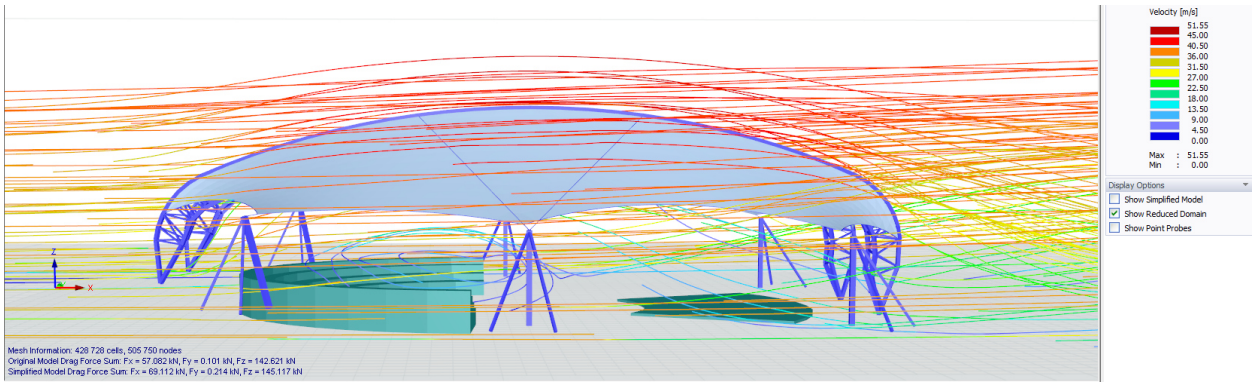


Figura 5-22 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 180º (X+) [m/s].

- **Caso de Carga 4: Vento a 270º (X+):**

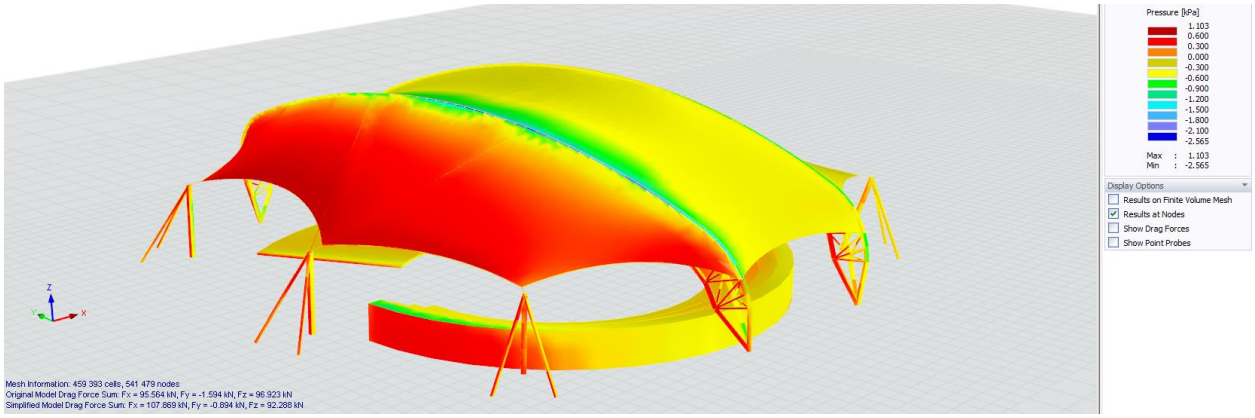


Figura 5-23 Pressão local do vento atuando na estrutura tensionada na direção 270º (X+) [kPa].

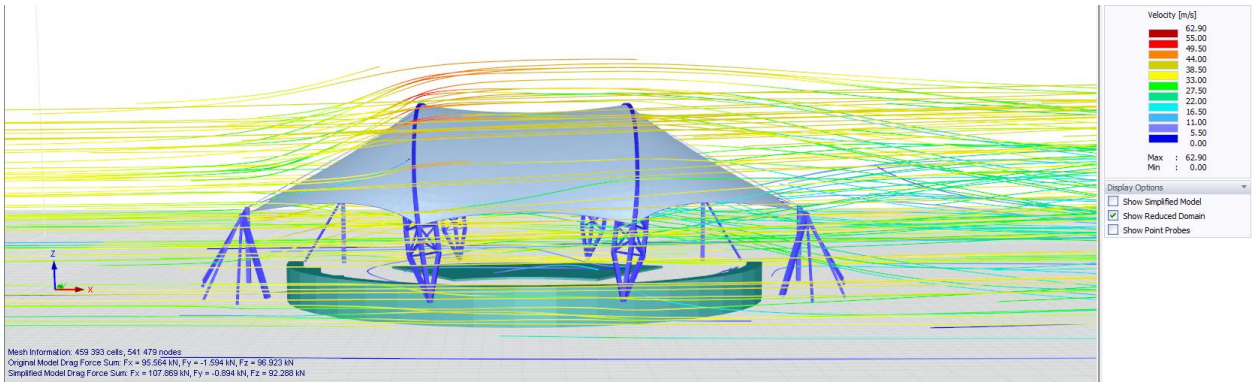


Figura 5-24 Linhas de escoamento do fluido percorrendo a estrutura tensionada atuando na direção de 270º (X+) [m/s].

Com os resultados obtidos pelo método preconizado pelo Eurocódigo e os resultados obtidos pelo método CFD, realiza-se os seguintes quadros resumo da resultante de reações no centro de gravidade da estrutura (x=-0.76m; y=0.00m; z=4.73m). Estes quadros consideram apenas o contributo da atuação da ação do vento nas diferentes direções, juntamente com a pré-tensão instalada estrutura.

Tabela 3 Resultante de Reações. Vento e pré-tensão. Metodologia Eurocódigo 1-4.

Resultante de Reações - Metodologia Eurocódigo 1-4						
Direção da Atuação do Vento: 0º e 180º (X+;Y+)						
Caso de Carga	**Fx [kN]**	**Fy [kN]**	**Fz [kN]**	**Mx [kN.m]**	**My [kN.m]**	**Mz [kN.m]**
Vento X1 - Descendente + Pré-Tensão	-35.93	0.01	135.10	**2.22**	690.22	-0.12
Vento X2 - Descendente + Pré-Tensão	26.51	0.01	136.80	0.34	-826.64	**1.93**
Vento X3 - Descendente + Pré-Tensão	-9.39	0.01	**271.10**	1.06	-143.28	-0.12
Vento X1 - Ascendente + Pré-Tensão	**66.46**	0.01	-253.07	**-1.10**	**-1258.27**	**-0.66**
Vento X2 - Ascendente + Pré-Tensão	**-49.04**	**0.12**	-252.52	1.74	**1542.31**	-0.02
Vento X3 - Ascendente + Pré-Tensão	17.17	**0.00**	**-498.90**	0.31	255.98	0.00
Direção da Atuação do Vento: 90º e 270º (Y+; Y-)						
Caso de Carga	**Fx [kN]**	**Fy [kN]**	**Fz [kN]**	**Mx [kN.m]**	**My [kN.m]**	**Mz [kN.m]**
Vento Y1 - Descendente + Pré-Tensão	-4.40	62.49	130.50	509.47	-73.73	4.30
Vento Y2 - Descendente + Pré-Tensão	-4.39	-62.54	130.60	-509.53	-73.92	-4.32
Vento Y3 - Descendente + Pré-Tensão	**-9.34**	0.01	**259.10**	1.34	**-139.94**	-0.12
Vento Y1 - Ascendente + Pré-Tensão	8.76	**-74.54**	-249.90	**-1050.65**	141.61	**-37.48**
Vento Y2 - Ascendente + Pré-Tensão	9.06	**74.42**	-252.80	**1050.10**	136.82	**34.51**
Vento Y3 - Ascendente + Pré-Tensão	**17.17**	0.00	**-498.90**	0.31	**255.98**	0.00

Tabela 4 Resultante de Reações. Vento e pré-tensão. Metodologia CFD.

Resultante de Reações - Metodologia CFD						
Direção da Atuação do Vento: 0º e 180º (X+;Y+)						
Caso de Carga	**Fx [kN]**	**Fy [kN]**	**Fz [kN]**	**Mx [kN.m]**	**My [kN.m]**	**Mz [kN.m]**
Vento X1 (0º) + Pré-Tensão	-36.79	0.1	-115.15	0.00	723.62	0.19
Vento X2 (180º) + Pré-Tensão	44.96	0.02	-137.71	0.46	-679.63	1.66
Direção da Atuação do Vento: 90º e 270º (Y+; Y-)						
Caso de Carga	**Fx [kN]**	**Fy [kN]**	**Fz [kN]**	**Mx [kN.m]**	**My [kN.m]**	**Mz [kN.m]**
Vento Y1 (270º) + Pré-Tensão	-2.04	-83.37	-86.95	-616.52	108.42	-8.64
Vento Y2 (90º) + Pré-Tensão	-2.04	83.37	-86.95	616.52	108.42	8.64

Considerando os resultados obtidos e realizando uma envolvente de esforços em cada uma das direções, podemos concluir que neste caso específico, a utilização da metodologia preconizada pelo

Eurocódigo 1-4 é mais conservativa, pois a média global das ações provindas do Eurocódigo é cerca de 2 vezes superior ao obtido pelo método CFD.

Tabela 5 Rácios de análise entre as reações obtidas através da metodologia prevista pelo Eurocódigo vs método CFD.

Racio entre Reações - Medotologia EC1-4/CFD													
Valores Máximosde Reações													
Caso de Carga	Fx [kN]	Rácio	Fy [kN]		Fz [kN]		Mx [kN.m]		My [kN.m]		Mz [kN.m]		Média
Vento 0º;180ª (X) Eurocódigo	66.46	1.48	0.12	1.18	271.10	n/a	2.22	4.79	1542.31	2.13	1.93	1.16	2.15
Vento 0º;180ª (X) Eurocódigo	44.96		0.1		n/a		0.46		723.62		1.66		
Vento 90º;270ª (Y) Eurocódigo	17.17	n/a	74.42	0.89	259.10	n/a	1050.10	1.70	255.98	2.36	34.51	3.99	2.24
Vento 90º;270ª (y) Eurocódigo	n/a		83.37		-86.95		616.52		108.42		8.64		
													2.19

Valores Mínimos de Reações													
Caso de Carga	Fx [kN]	Rácio	Fy [kN]		Fz [kN]		Mx [kN.m]		My [kN.m]		Mz [kN.m]		Média
Vento 0º;180ª (X) Eurocódigo	-49.04	1.33	0.00	n/a	-498.90	3.62	-1.10	n/a	-1258.27	1.85	-0.66	n/a	1.59
Vento 0º;180ª (X) Eurocódigo	-36.79		0.02		-137.71		0.00		-679.63		0.19		
Vento 90º;270ª (Y) Eurocódigo	-9.34	4.58	-74.54	0.89	-498.90	5.74	-1050.65	1.70	-139.94	-1.29	-37.48	4.34	2.04
Vento 90º;270ª (y) Eurocódigo	-2.04		-83.37		-86.95		-616.52		108.42		-8.64		
													1.82

Apesar da tipologia de estrutura apresentada na norma europeia não ser totalmente adequada à estrutura em questão, a metodologia prevista está desenvolvida para responder a uma vasta gama de geometrias e por vezes as pressões. Remete-se ainda para (ZEYREK & BEKIROGLU, 2019) onde foi realizada uma análise comparativa da metodologia preconizada pelas normas Eurocódigo 1-4 e a TS 498, face aos resultados obtidos pelo método CFD.

5.6.2.2 Ação térmica

Considerou-se que estruturas metálicas estão protegidas pelo sombreamento da membrana, admitindo-se, contudo, uma variação térmica linear de +/- 15ºC, atuando nas direções axiais dos elementos estruturais. No entanto, a ação térmica não apresentou esforços significativos devido à rotação livre dos elementos principais de suporte.

5.6.2.3 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

O Cálculo de combinação de ações, bem como os respetivos coeficientes de majoração são dados de acordo com o preconizado pelo Eurocódigo 0.

As combinações consideradas para os cálculos das estruturas presentes neste documento comtemplam as seguintes situações:

Combinações em estados limites últimos [ULS], realizados segunda a seguinte expressão:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \tag{5.1}$$

Em estado limite de deformação [SLS], a combinação de ações é feita segundo a seguinte expressão:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \tag{5.2}$$

Combinações em Estado Limite Último Estruturais (STR) e geotécnicos (GEO). Combinação A1 e Combinação A2.

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \tag{5.3}$$

Tabela 6 Quadro de fatores de segurança para combinação de ações

Combinação	Ações			
	Permanentes		Variável de Base	Outras Variáveis
	Desfavoráveis	Favoráveis		
A1	γG;dst=1.35	γG;stb=1.00	γQ;dst=1.50a	γQ;dst.ψ0=1.50 ψ0a
A2	γG;dst=1.00	γG;stb=1.00	γQ;dst=1.30a	γQ;dst.ψ0=1.30 ψ0a

No anexo II do documento, apresentam-se as listas de combinações de ações usadas em função das ações e dos seus respetivos coeficientes de majoração.

5.6.3 Verificação do Estado de Tensão – Membrana Tensionada

5.6.3.1 Controlo do Estado de Tensão

O controlo da tensão instalada na membrana tensionada após o carregamento da ação do vento deve ser inferior à resistência máxima do material instalado dada pelo fabricante com valor afetado por um determinado coeficiente de segurança. No presente caso, e de acordo com o capítulo 4.3 optou-se pela

verificação de segurança da membrana através do explicito no Manual Francês de carácter permanente, onde a tensão admissível dada pela equação apresentada na alínea b) do 4.3 deste documento é dada por:

$$Tp = \left(\frac{1.00 \ \times 0.90 \ \times 112}{4}\right) = 28\ kN/m \ \ (Warp)$$

$$Tp = \left(\frac{1.00 \ \times 1.00 \ \times 112}{4}\right) = 28\ kN/m\ (Weft)$$

Obtendo-se as seguintes tensões admissíveis em função de cada direção da membrana:

Então:

Tabela 7 Estado de Tensão da Membrana Tensionada Pós-Carregamento

VERIFICAÇÃO DO ESTADO DE TENSÃO DAS MEMBRANAS TENSIONADAS																
POS.	Von Mises	Warp Stress	Weft Stress	N.º Camadas	Shear Vrk	Tsm [Warp]	Tsm [Weft]	Kq	Ke	Sf	Von Mises Rd	Tp [Warp]	Tp [Weft]	Shear Check	Warp Check	Weft Check
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	UN.	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	adm.	adm.	adm.	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]			
Geral	19	20.32	16.56	1	10	112	112	1	1	4	28	28	28	OK	OK	OK
Cantos	27.8	28.2	9.95	4	10	112	112	1	1	4	112	112	112	OK	OK	OK

Ilustra-se de seguida a envolvente de tensões das membranas para as diferentes combinações de ações.

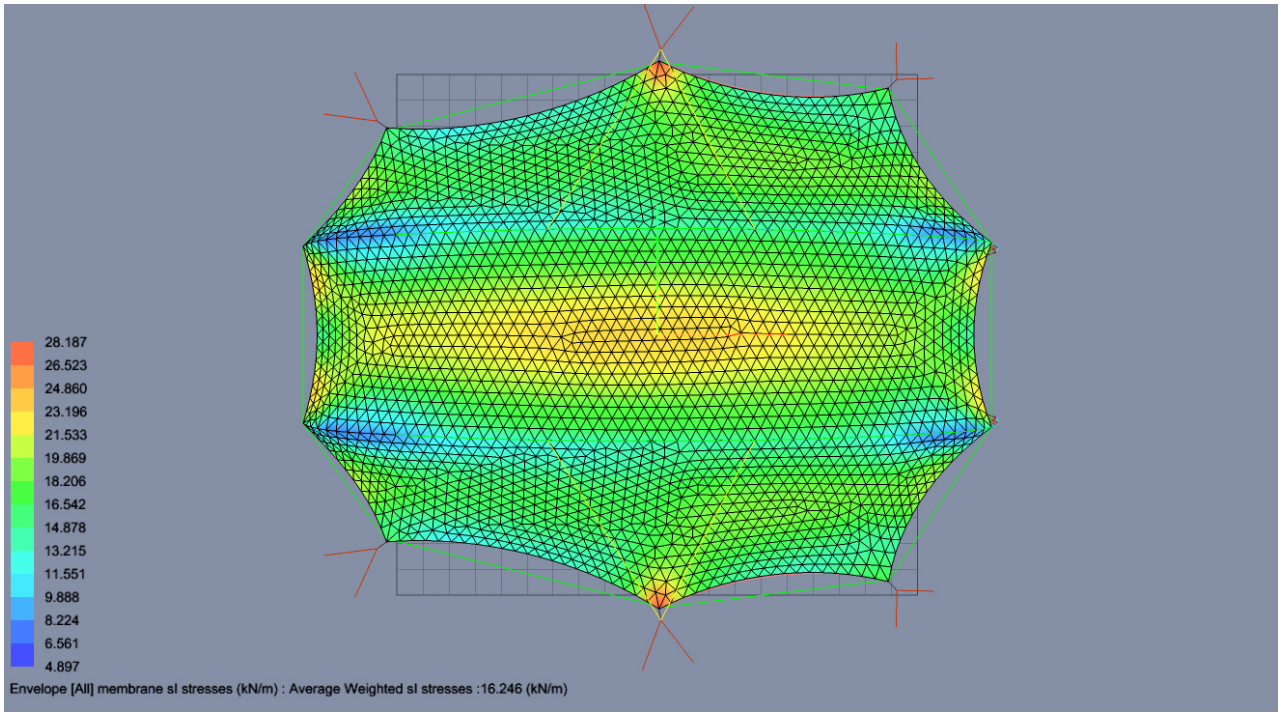


Figura 5-25 Envolvente de Tensões na direção da urdidura [Warp].

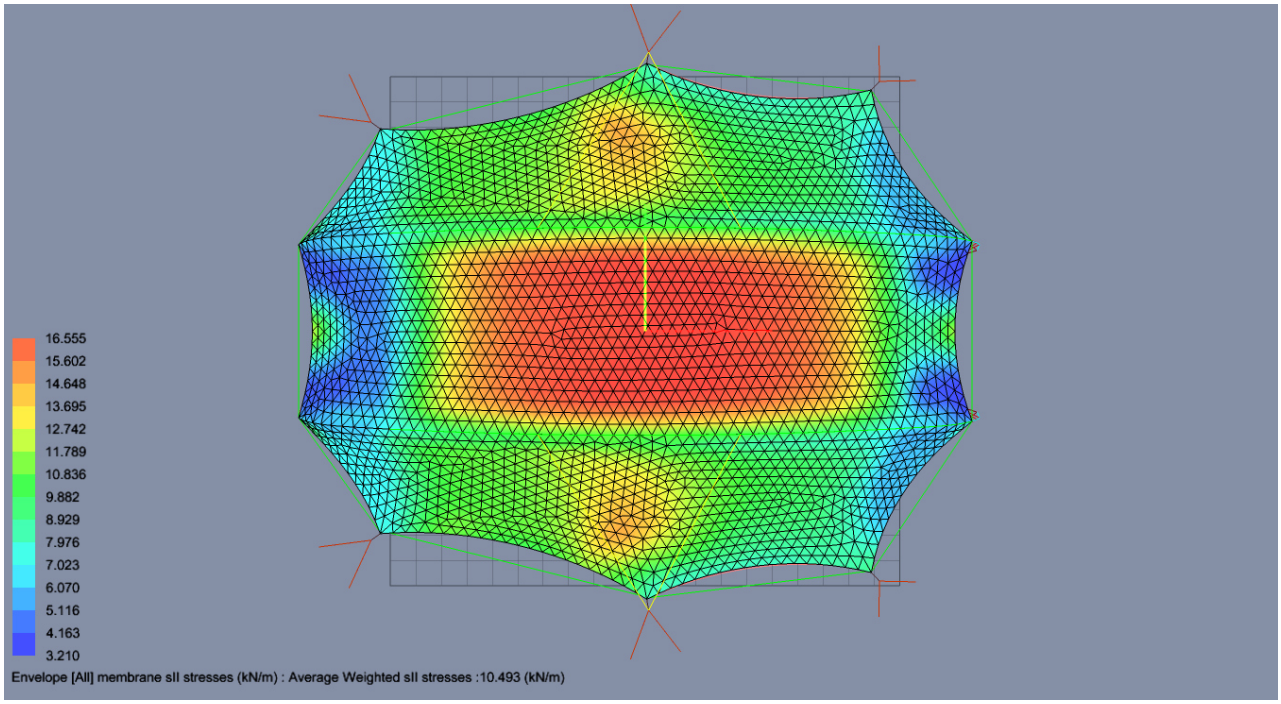


Figura 5-26 Envolvente de Tensões na direção da trama [Weft].

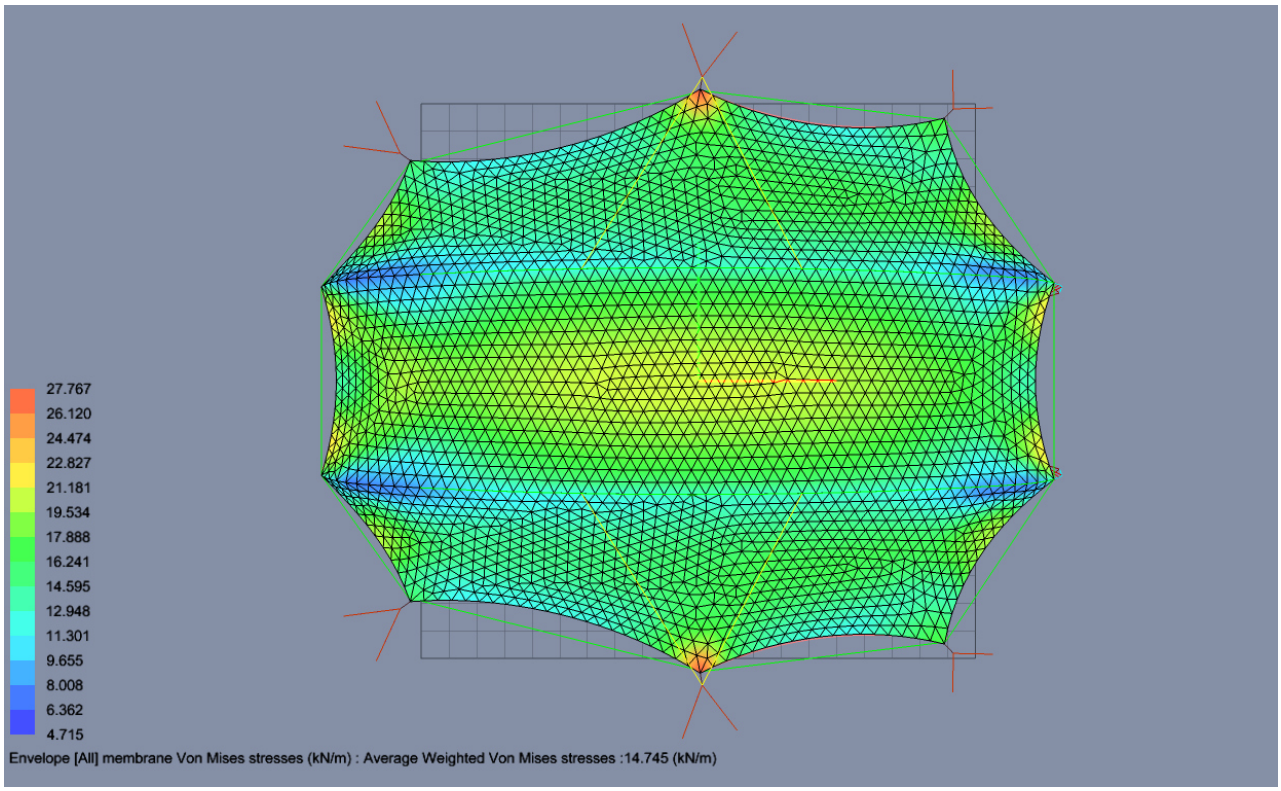


Figura 5-27 Envolvente de Tensões na direção da trama [Von Mises].

5.6.3.2 Controlo de Deformação (Efeito *Ponding*)

Quando sobre a membrana atuam ações externas, é importante que a sua deformação não conduza a bolsas onde se possam acumular líquidos e/ou sólidos. A geometria da estrutura foi concebida de modo que a superfície deformada garantisse sempre um escoamento perfeito para as extremidades das suas pendentes de escoamento. As seguintes imagens representam a deformação para o caso de carga que conduz a maior deformação:

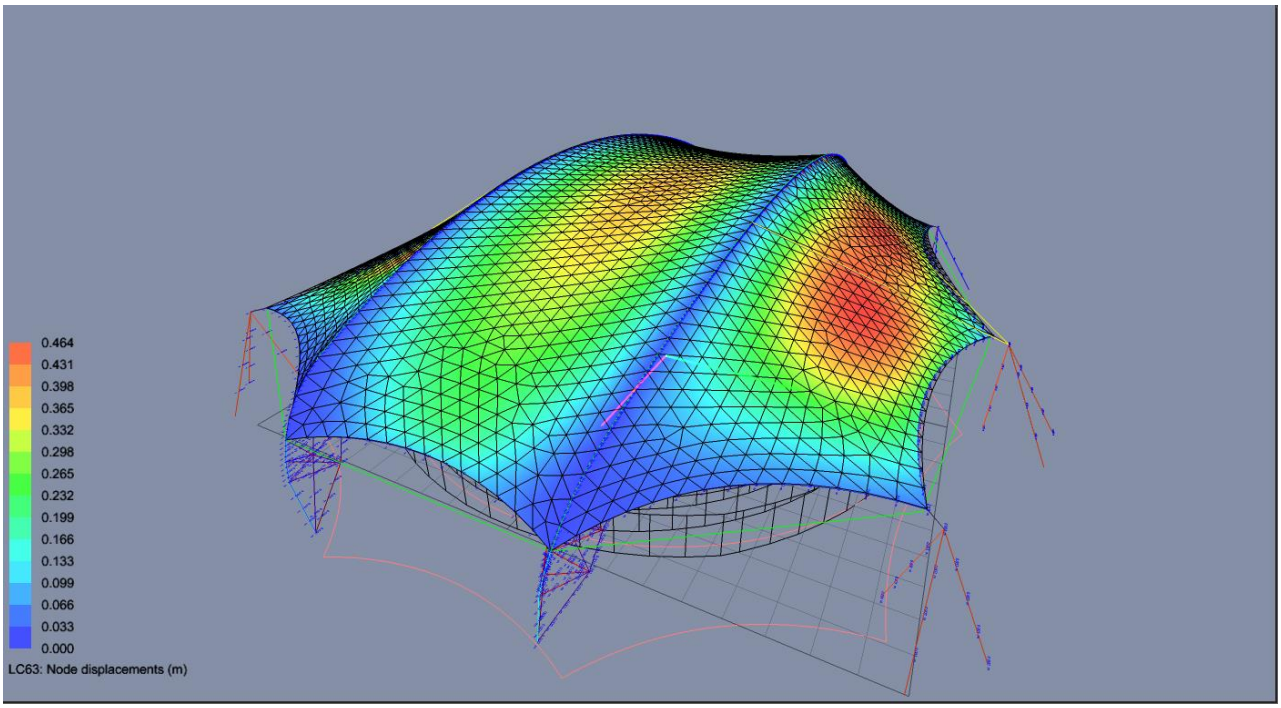


Figura 5-28 SLS – LC63.

A combinação que se manifesta condicionante na formação do fenómeno de *ponding* é a combinação SLS – LC63. Contudo, analisando as curvas de nível com desnível ΔH=0.05m após deformação é possível visualizar que não existem bolsas onde líquidos e/ou sólidos se possam acumular.

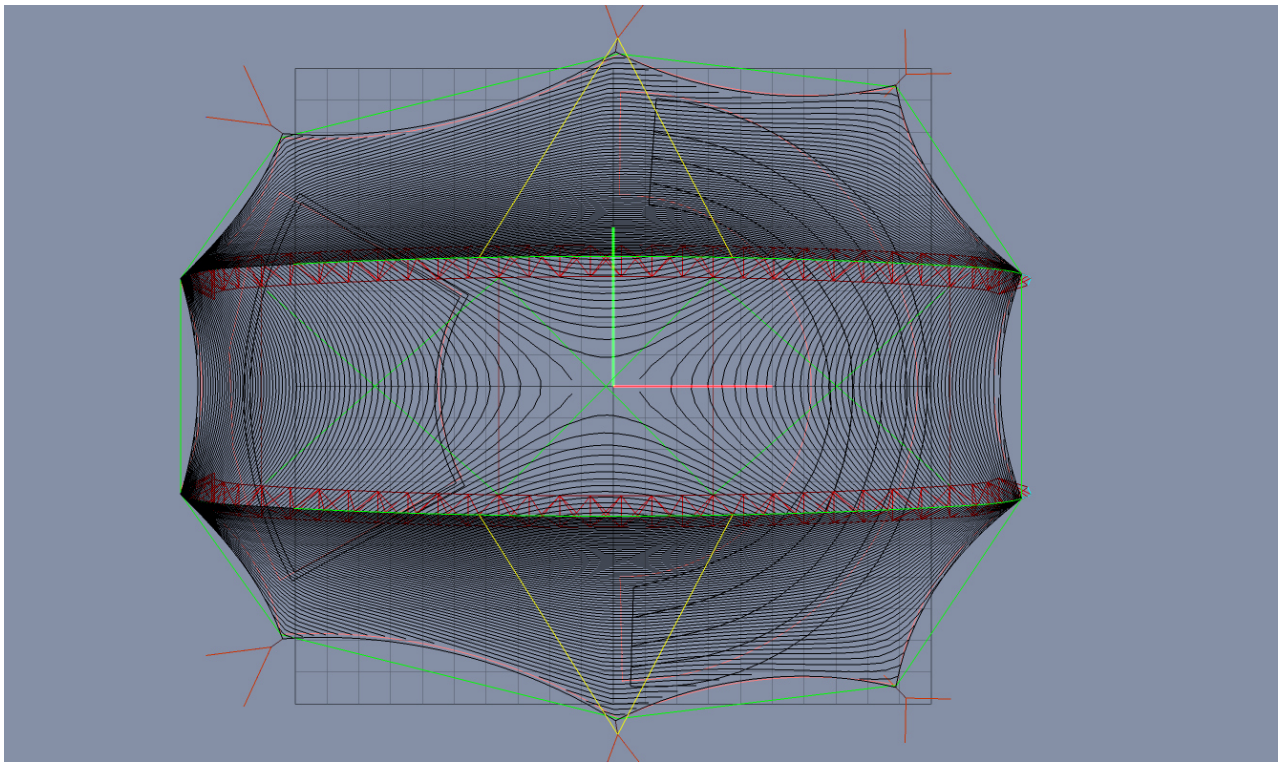


Figura 5-29 Curvas de Ponding para a Ação Condicionante (SLS-LC63).

5.6.3.3 Desenho, padronização (desenvolvimento)

Para a solução estrutural que este dimensionamento se refere, a orientação dos planos de corte que conduz a um melhor comportamento estrutural, visual e que se traduz a um melhor aproveitamento do material é, através das linhas geodésicas, com direção de corte no sentido normal aos arcos. Deste modo potencializamos o aumento de rigidez da membrana no seu sentido principal conduzindo os esforços para a estrutura metálica de suporte principal. A largura dos cortes é definida pela largura máxima do rolo disponível. De modo a realçar a geometria tridimensional da membrana, melhor distribuição de esforços e conseguir um melhor aproveitamento do material, opta-se pela colocação de dois padrões por largura de rolo, tendo em conta margens necessárias para colocação de soldas em torno de cada plano de corte.

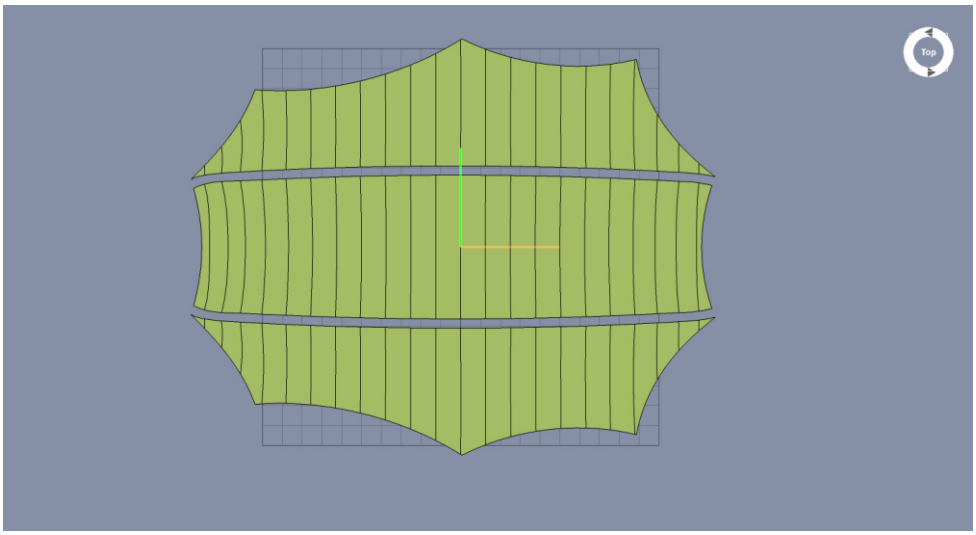


Figura 5-30 Padronização da Membrana. Corte da Superfície através de linhas geodésicas.

O software dispõe duma gama de ferramentas disponíveis para delimitar a zona do corte, tais como linhas paralelas espaçadas ao critério do utilizador ou importação de linhas auxiliares realizadas num software de CAD externo. Após realização das linhas de cortes, visualizou-se as direções principais das tensões. Ainda nesta fase é definida, em cada peça individualmente a respetiva compensação, na respetiva direção. Tendo em conta a anisotropia do material, opta-se por -0.5% nas duas direções (X,Y).

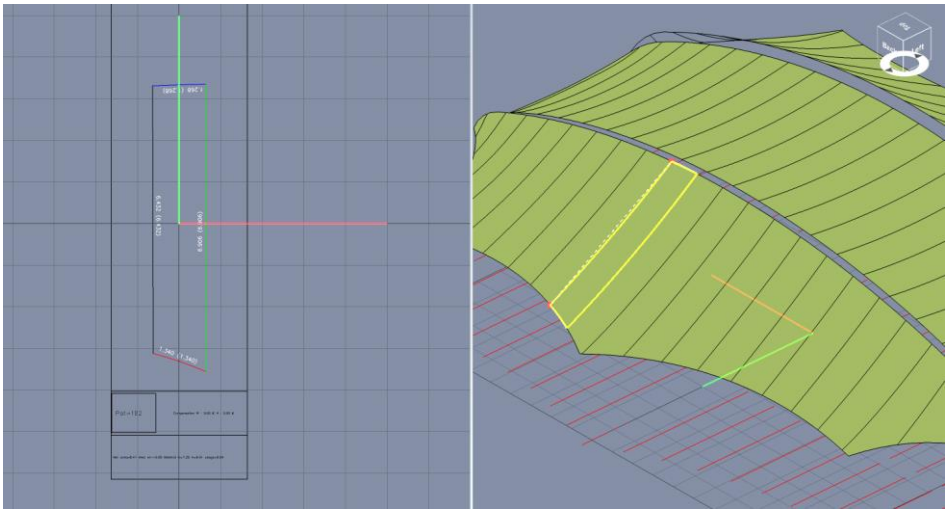


Figura 5-31 Padronização da membrana. Identificação das direções principais e aplicação de validação de dimensões gerais.

Após a elaboração geral dos planos de corte, elabora-se os desenhos técnicos com máximo rigor, dotando o desenho de todos os detalhes construtivos, margens para sobreposição do material na zona da soldadura, desenho de pormenores de canto, para ligação aos pontos de ancoragem, definição de bainhas de bordadura, definição do *Keder* para fixação ao perfil de tensionamento linear e marcações de

orientação à montagem e fabrico de todos os padrões de corte. A seguinte imagem representa alguns detalhes usados para o projeto em apreço. Mais detalhes poderão ser vistos no anexo II.

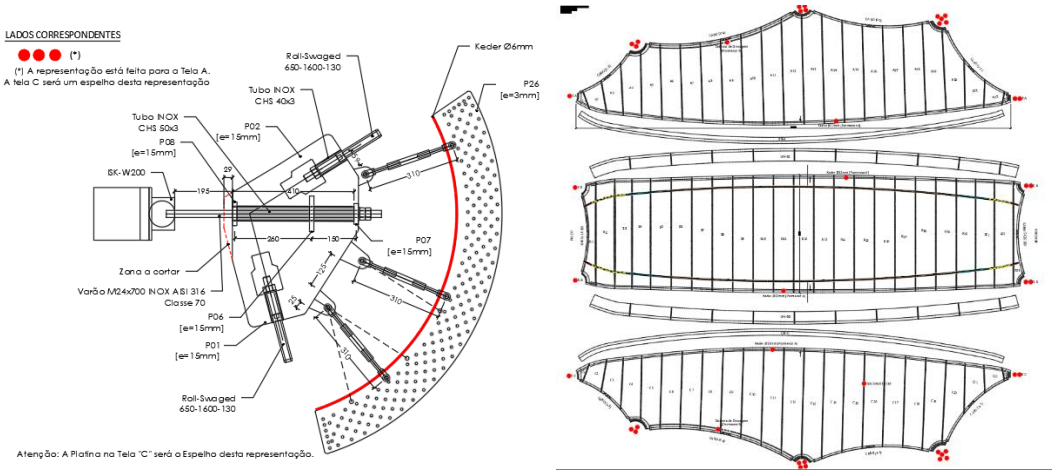


Figura 5-32 À esquerda um pormenor de canto da membrana e à direita o respetivo conjunto dos padrões de corte já pormenorizados.

5.6.4 Dimensionamento Estrutura Metálica

O dimensionamento dos elementos estruturais metálicos da estrutura de cobertura foi realizado de acordo com o Eurocódigo 3-1. Os valores de cálculo das propriedades dos materiais são afetados por coeficientes de segurança dados pelas seguintes expressões:

$$Xd = \frac{Xk}{\gamma m, i}; Xd = \frac{Xn}{\gamma m, i} \tag{5.4}$$

Em que:

Xd – Valor de cálculo de uma resistência;

Xk – Valor característicos de uma resistência;

Xn – Valor nominal de uma resistência;

Em estados limites últimos, de acordo com os pontos 6.1 do EC3-1-1:

γm0=1.00 (resistência das secções transversais de qualquer classe);

γm1=1.00 (resistência dos elementos em relação a fenómenos de encurvadura, avaliados através de verificações individuais de cada elemento;

γm2=1.25 (resistência à rotura de secções transversais tracionadas em zonas com furos de ligação).

O valor de resistência segundo o ponto 2.4.2 da EN1993-1-1 é dado por:

$$Rd = \frac{Rk}{\gamma m} \tag{5.5}$$

Sendo:

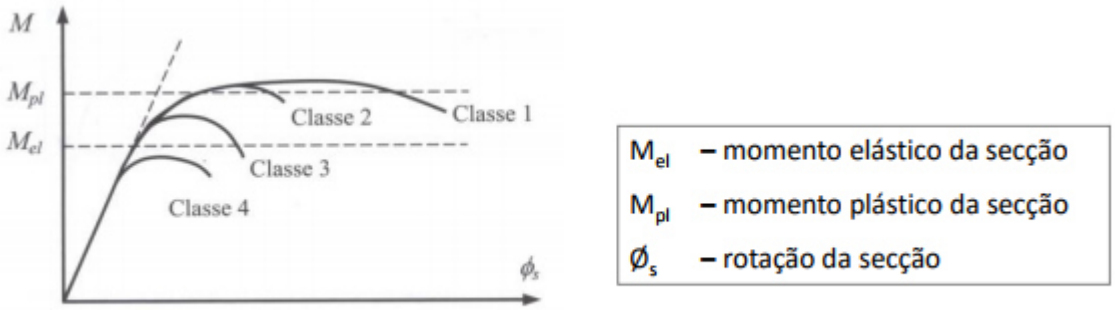
Rk – Valor característico da resistência considerada, determinado através dos valores característicos ou nominais das propriedades dos materiais e das dimensões;

γm – Coeficiente parcial de segurança global relativo à resistência considerada.

Para o dimensionamento da secção transversal é necessário conhecer a classe de secção da mesma, pois esta traduz a forma como a resistência e a capacidade de rotação são influenciadas por fenómenos de encurvaduras locais. A classificação das secções tem em atenção:

- Capacidade de rotação;

- Capacidade para formar rótulas plásticas.



Comportamento de secções à flexão

A classificação das secções é realizada de acordo com o ponto 5.5 do Eurocódigo 3-1-1.

A resistência das secções transversais terá em conta o preconizado pelo EC 3-1-1, capítulo 6.2 em função das ações atuantes na secção.

O momento crítico da secção será verificado pelo método 1 [Anexo A] preconizado pelo EC3-1-1 (quando aplicável).

Abaixo, são apresentados graficamente o diagrama da envolvente de cada esforço utilizados para o dimensionamento global da estrutura:

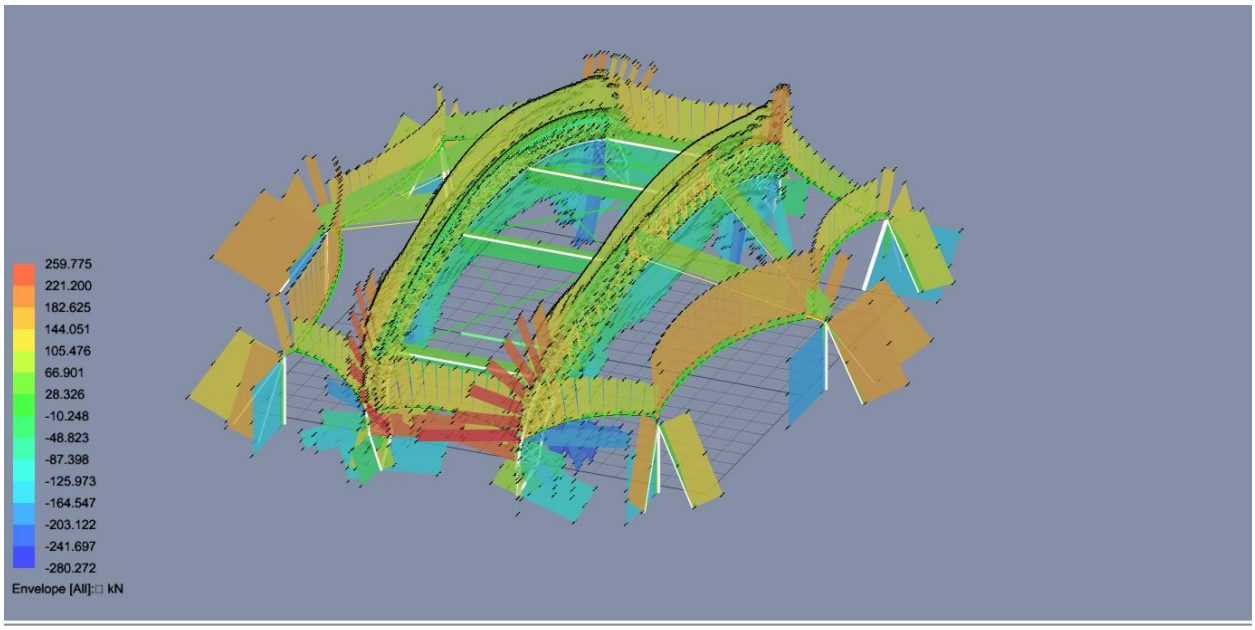


Figura 5-33 Envolvente de Esforços. Diagrama de Esforços Axiais [kN].

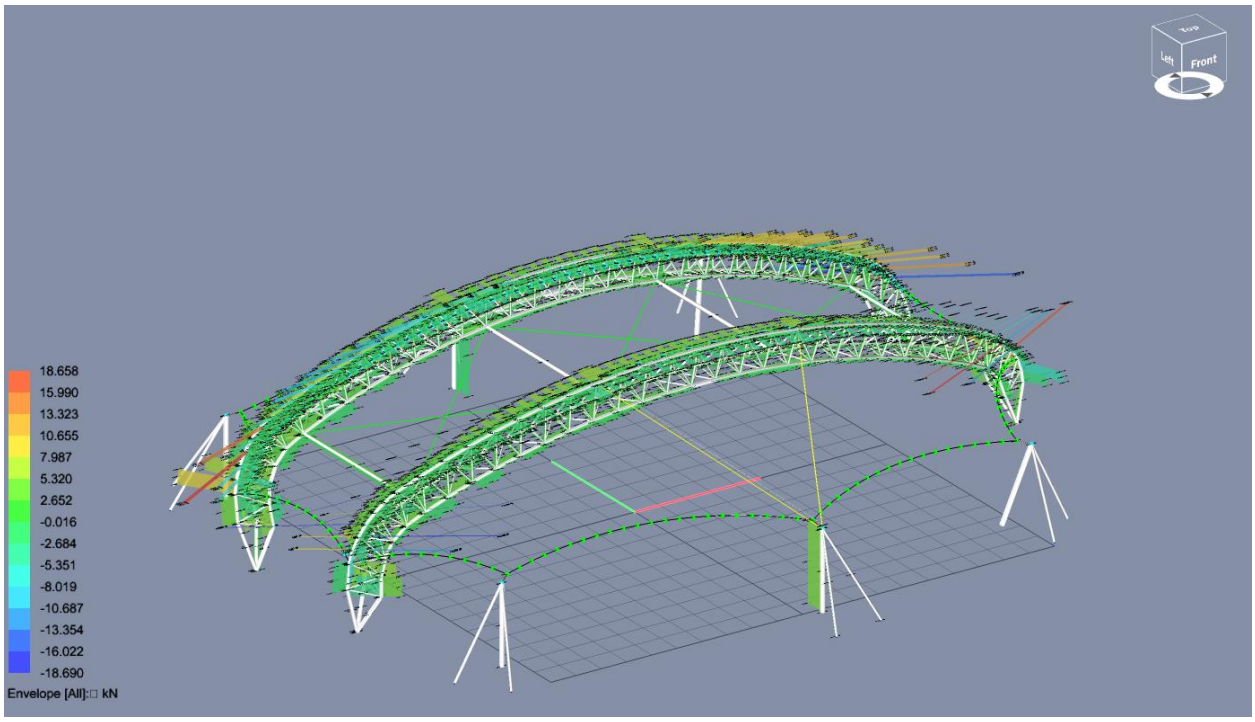


Figura 5-34 Envolvente de Esforços. Diagrama de Esforços de corte na direção Y [kN].

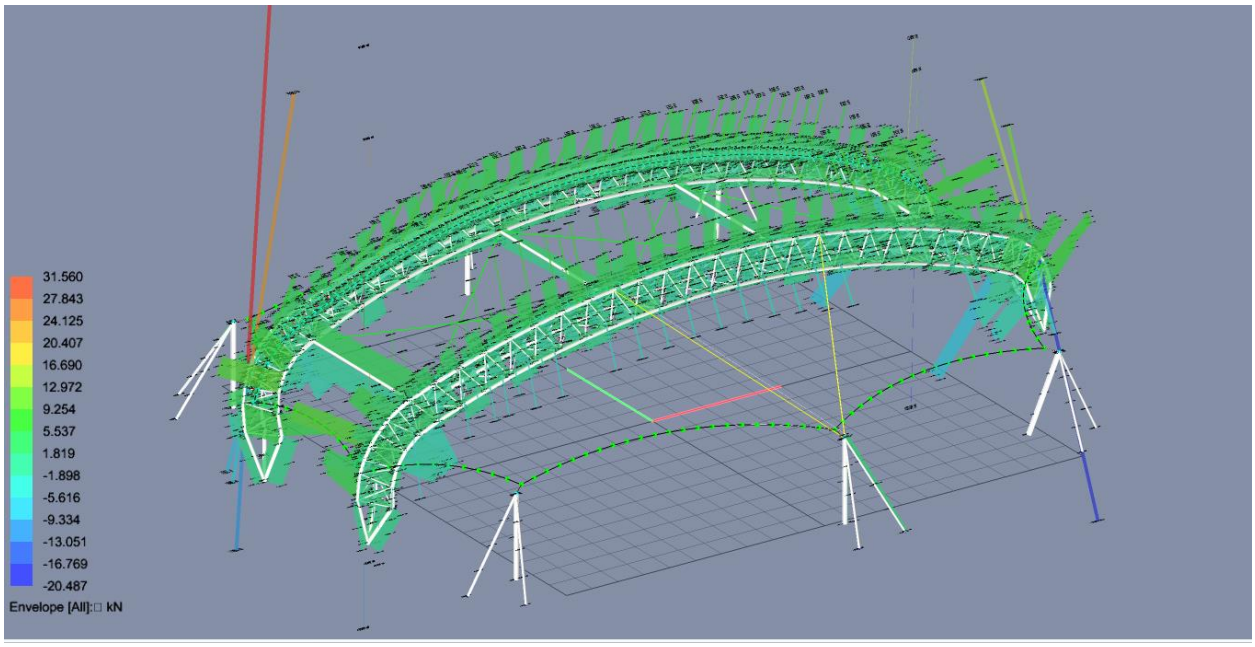


Figura 5-35 Envolvente de Esforços. Diagrama de Esforços de corte na direção Z [kN].

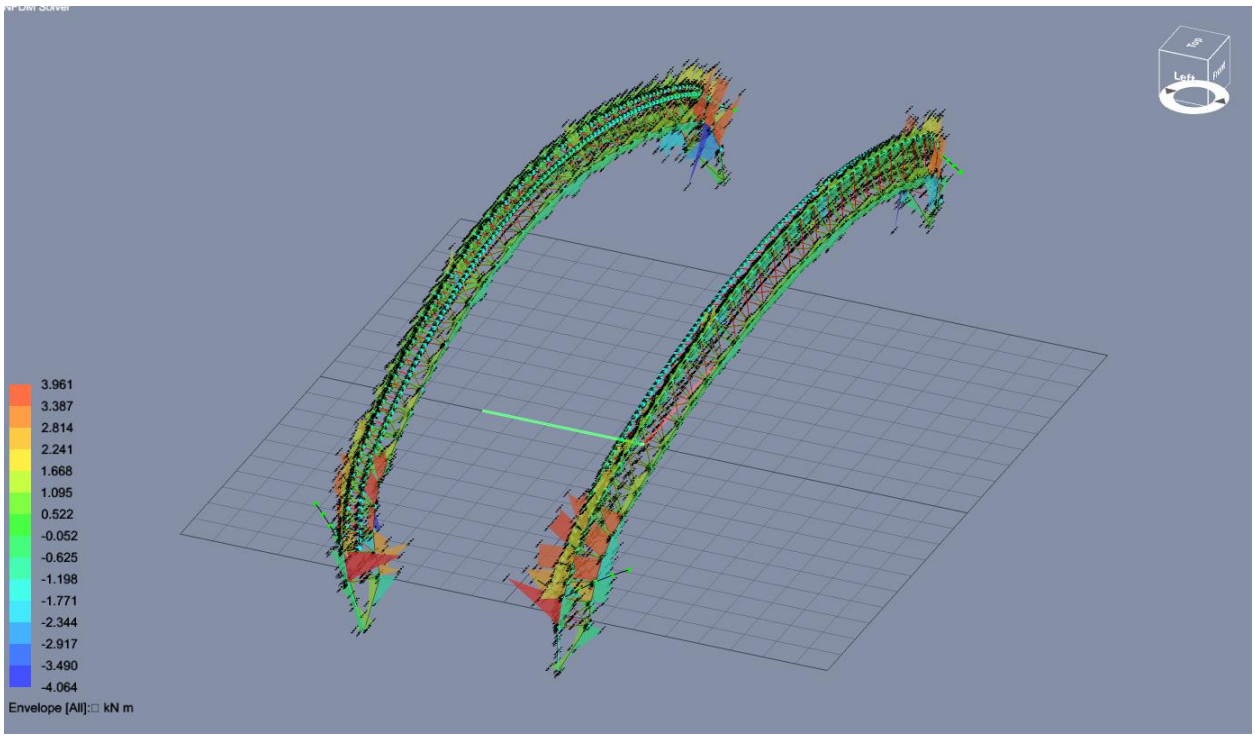


Figura 5-36 Envolvente de Esforços. Diagrama Momentos em torno de Y [kN.m].

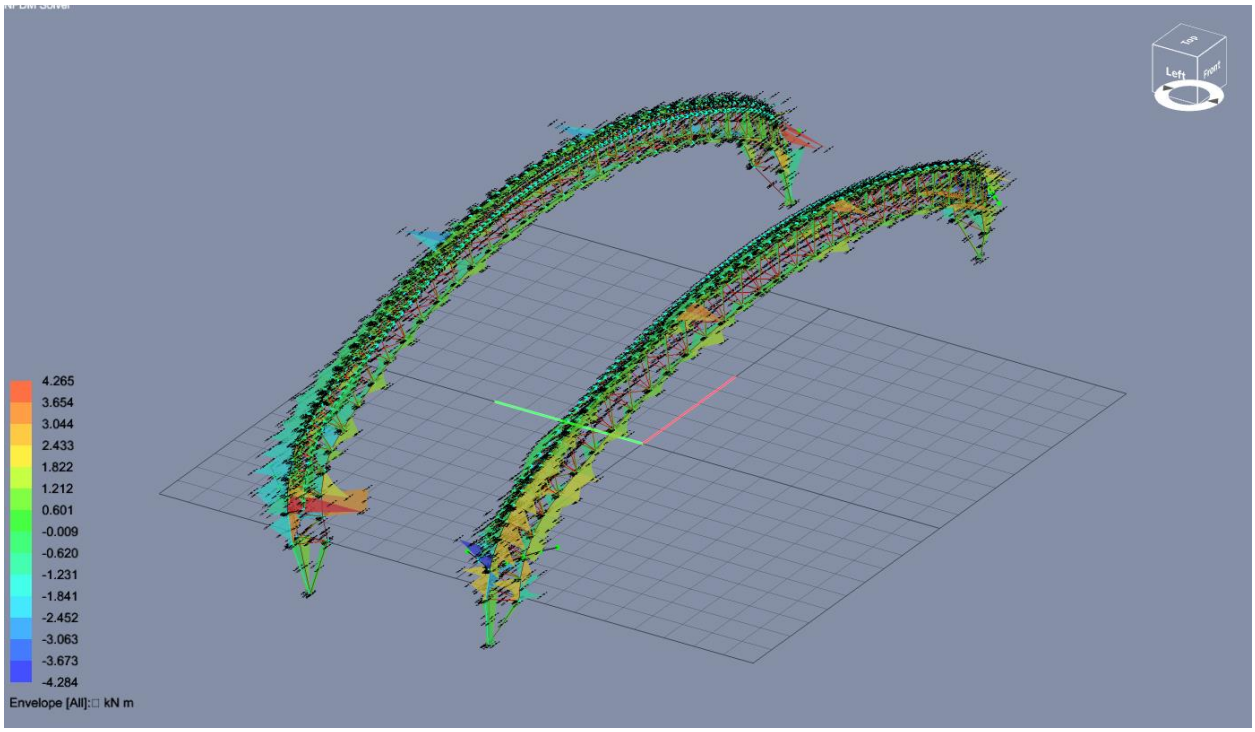


Figura 5-37 Envolvente de Esforços. Diagrama Momentos em torno de Z [kN.m].

Os esforços de torção atuantes na estrutura são desprezáveis.

5.6.5 Dimensionamento de cabos em Aço Inox

Os cabos de Aço INOX AISI 316 utilizados para o tensionamento e resistência do conjunto estrutural são dimensionados de acordo com a norma EN 1993-1-11.

A presente norma divide em diferentes grupos de elementos disponíveis tendo em conta as cordas, arames *rod* e cordões, e de seguida analisa em que tipos de estrutura são aplicados, distinguindo-se três grupos: A,B e C. Na presente estruturas, existem cabos tipo *Strand* e *Spiral Strand Rope* sendo, que de acordo com a Tabela 8, estes enquadram-se no grupo B.

Tabela 8 Grupo de componentes à tração.

Group	Main tension element	Component
A	rod (bar)	tension rod (bar) system, prestressing bar
B	circular wire	spiral strand rope
	circular and Z-wires	fully locked coil rope
	circular wire and stranded wire	strand rope
C	circular wire	parallel wire strand (PWS)
	circular wire	bundle of parallel wires
	seven wire (prestressing) strand	bundle of parallel strands

Já a durabilidade é classificada como classe 2, de acordo com a Tabela 9:

Tabela 9 Classe de Exposição.

Fatigue action	Corrosion action	
	not exposed externally	exposed externally
no significant fatigue action	class 1	class 2
mainly axial fatigue action	class 3	class 4
axial and lateral fatigue actions (wind & rain)	–	class 5

Então, de acordo com a norma, as resistências dos cabos instalados deverão seguir as seguintes verificações em Estados Limites Últimos.

$$\frac{Fed}{Frd} \leq 1.00 \tag{5.6}$$

Onde:

Fed – Valor do esforço axial de cálculo;

Frd – Valor do esforço da Tensão Resistente.

$$Frd = \frac{F_{uk}}{1.5_{\gamma r}} \tag{5.7}$$

Sendo:

Fuk o valor característico da força de rotura;

ɣr é o fator parcial. No presente caso serão tomadas medidas para suprimir os momentos na ancoragem. Então ɣr é tomado como 0.9.

<u>Fuk, para o grupo B, é dado por:</u>

$$Fuk = F_{min} \times ke \tag{5.8}$$

Onde:

$$F_{min} = \frac{K \times d^2 \times R_r}{1000} \; [kN] \tag{5.9}$$

Em que:

- K é o fator de força de rotura mínimo;

- D é o diâmetro nominal do cabo;

- Rr é a classe do tirante

- Ke fator de perda. No presente caso, será utilizada a tecnologia *Swaged*, logo ke toma o valor de 0.90.

Tabela 10 Fator de perda, ke

Type of termination	Loss factor k_e
Metal filled socket	1,0
Resin filled socket	1,0
Ferrule-secured eye	0,9
Swaged socket	0,9
U-bolt grip	0,8 *)
*) For U-bolt grip a reduction of preload is possible.	

Apresenta-se no anexo III as verificações realizadas para os Cabos de Aço Inox, utilizados na estrutura em apreço.

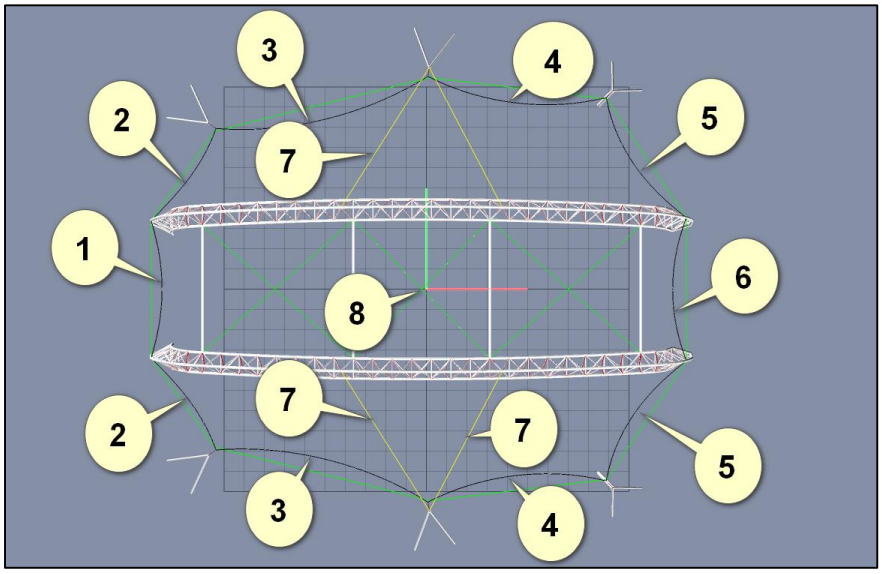


Figura 5-38 Posição dos Cabos. Identificação

5.6.6 Fundações

Os pontos de suporte de todos os elementos estruturais metálicos serão ligados a fundações diretas. Estas fundações, devido à ausência de cargas gravíticas (estruturas leves), mostram-se condicionantes em relação ao equilíbrio por rotação e equilíbrio por deslizamento (EQU). Então será tomado um rácio entre dimensões em planta da fundação e o peso do aterro sobre as fundações de modo a controlar este efeito. Foi também considerada uma recrava no interior da fundação, aumentando por um lado o atrito e por outro dando rigidez à sapata.

Com esta medida em consideração, o aterro colocado sobre as fundações não poderá ser removido sem que sejam tomadas medidas alternativas de modo a garantir o seu correto funcionamento estrutural.

Todo o dimensionamento foi realizado de acordo com os Eurocódigos 7 e 2, no que diz respeito a projeto geotécnico e betão armado, respetivamente.

Exceto para o cálculo de estacas carregadas axialmente e ancoragens, em Portugal, as verificações respeitantes a estados limites últimos de rotura estrutural ou de terreno (STR e GEO), em situações persistentes ou transitórias, deverão ser realizadas de acordo com a **Abordagem de Cálculo 1**.

Combinação 1: A1 + M1 + R1;

Combinação 2: A2 + M2 + R1.

Nas combinações 1 e 2, os coeficientes parciais são aplicados às ações e aos parâmetros de resistência do terreno.

Para a determinação da capacidade de carga foi usado o método de cálculo analítico devidamente reconhecido.

Os resultados de cálculo apresentam-se no Anexo III do documento.

5.6.6.1 Parâmetros de cálculo do solo

Apresenta-se na Tabela 11 os parâmetros de cálculos considerados para o dimensionamento das fundações, que foram recolhidos através de uma amostra visual:

Tabela 11 Parâmetros do Solo

Parâmetros do Solo - F.A.		
Descrição	**Valor**	**Un.**
Peso Volúmico	1700	kG/m3
Angulo de Atrito	22	º
Coef. Atrito	0.4	
Coesão	15	kPa
E0	33	Mpa
E	33	Mpa
Coesivo	Sim	
Nível Freático	Não Considerado	

5.6.7 Ligações

O cálculo das ligações da presente estrutura é realizado através de modelos de elementos finitos de acordo com os seguintes parâmetros:

a) Todas as chapas de aço ou componentes metálicos são modelados em elementos finitos assumindo um material plástico-elástico;

b) Parafusos, soldaduras e blocos de betão são modelados como molas com comportamento não-linear;

c) O modelo de elementos finitos será utilizado para analisar as forças e tensões internas em cada componente;

d) As chapas de aço são calculadas pelo limite de tensão plástico (5%) de acordo com o Eurocódigo 3;

e) Todos os componentes serão verificados com fórmulas específicas definidas pela regulamentação em vigor;

f) Análise de rigidez rotacional para determinação da tipologia de ligação.

O cálculo destas ligações será realizado através do software IDEA STATICA, pois este software integra o método das componentes juntamente com os elementos finitos, que são dos métodos de engenharia mais fiáveis até à atualidade, associado à sua versatilidade da modelação rápida de qualquer tipo de ligação e de fáceis “inputs”. Os resultados são apresentados no anexo IV deste documento.

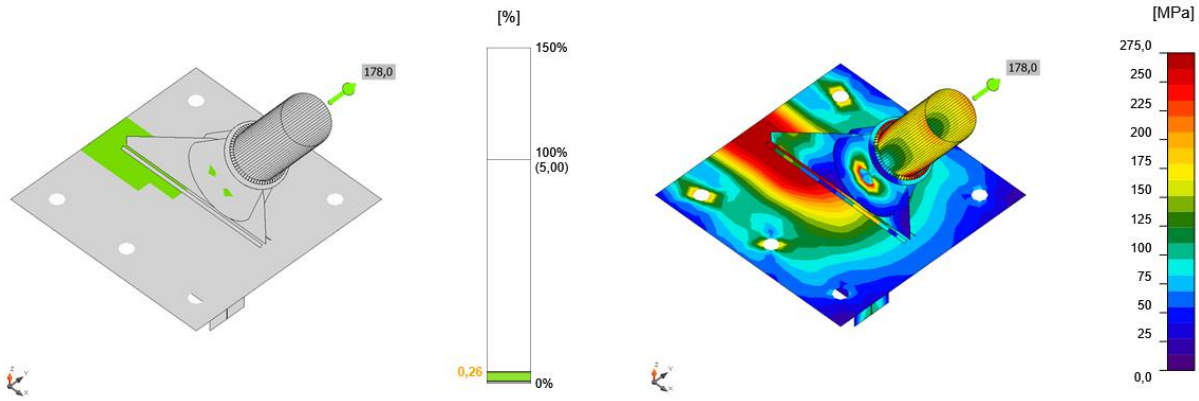


Figura 5-39 Exemplo de modelo de elementos finitos aplicados a uma ligação da estrutura em análise.

5.7 FABRICAÇÃO E MONTAGEM. SEQUÊNCIA E PROCEDIMENTOS ESSENCIAIS ADOTADOS

5.7.1 Estrutura Metálica

Dada a complexidade geométrica e tridimensional da estrutura metálica, foram desenvolvidos métodos de controlo a fim de garantir que todas as dimensões e pormenores construtivos fossem garantidos de acordo com o que foi projetado. Todos os elementos constituintes da estrutura foram desenhados com dimensões máximas, que permitiam o seu carregamento em condições normais. Assim, todos os componentes estruturais foram realizados através da fabricação de *gabarits*. Os perfis com cortes mais complexos, foram realizados com recurso a CNC (Controle Numérico Computadorizado), assim como as respetivas chapas de ligação. Todos os elementos integrantes foram identificados por uma marcação previamente definida em projeto que serve não só para a monitorização da conclusão das peças constituintes, mas também para facilitar o processo de montagem em obra.

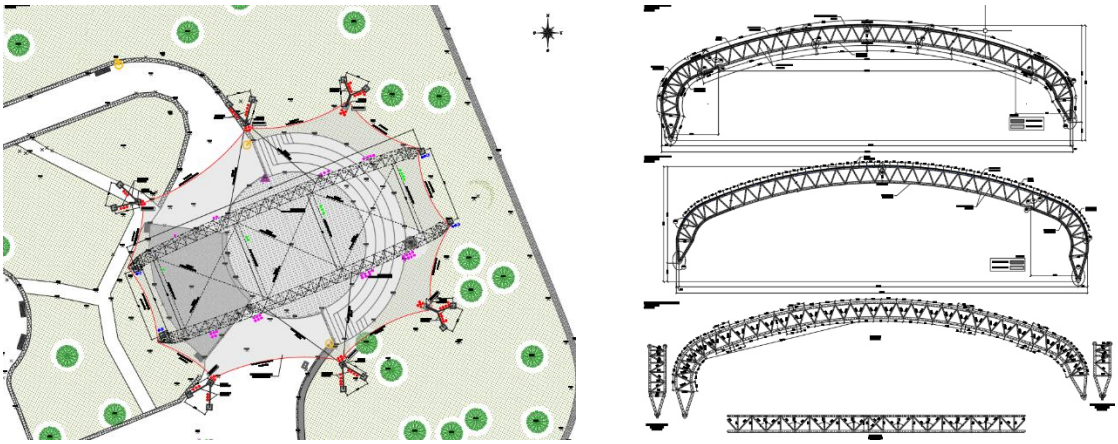


Figura 5-40 À esquerda a planta de implantação com identificação dos elementos de estrutura metálica. À direita um desenho das treliças utilizado para a fabricação.

No final da sua execução, todos os elementos são pré-montados avaliando-se todas as diferenças de execução face ao projetado, contrapondo com as tolerâncias admissíveis.

Figura 5-41 Arcos em treliça em fase de fabricação.

5.7.2 Membrana

A membrana tensionada é cortada do seu rolo, através de corte CNC que garante as dimensões milimetricamente de cada padrão constituinte da membrana. Os padrões são previamente codificados, que representam a sua sequência de montagem. Em todos os padrões é também inscrito a margem de sobreposição de cada um, por forma a que as soldas sejam respeitadas na sua integra. As soldaduras são realizadas por processo de alta frequência garantindo uma ligação uniforme entre cada plano de corte. Após a sua fabricação são verificadas as dimensões principais como bordos e cantos, antes da aplicação dos reforços (chapas metálicas).

De forma similar às estruturas metálicas, realiza-se um ensaio de montagem das membranas validando-se a sua geometria pós-tensionamento, comparando os resultados com as tolerâncias admissíveis.

Figura 5-42 Ensaio de tensionamento da membrana Central.

5.8 SEQUÊNCIA DA MONTAGEM

A montagem em obra inicia-se pelas fundações, onde o rigor da sua implantação é fundamental para o correto posicionamento da superestrutura. Para isso, recorre-se à implantação com recurso a equipamento topográfico permanente em obra, validando-se sempre que necessário as cotas altimétricas das fundações e respetivas rotações. De modo a garantir um maior controle e rapidez, as armaduras passivas das fundações foram pré-montadas em fábrica. Essas armaduras foram transportadas de forma isolada (separadas da superestrutura), o que permitiu a execução das fundações enquanto se preparava o carregamento da restante estrutura.

Figura 5-43 Descarga e colocação das armaduras passivas da fundação no interior dos caboucos.

Antes da operação de montagem, realizou-se um planeamento de montagem através de peças desenhadas, que continham informação sobre o carregamento, descarga do material e a sua sequência de montagem. Estes pontos mostram-se essenciais no processo de montagem, não só para promoverem

uma elevada eficácia do rendimento dos trabalhos, mas principalmente porque previnem acidentes, ou danos da estrutura como por exemplo rasgos na membrana.

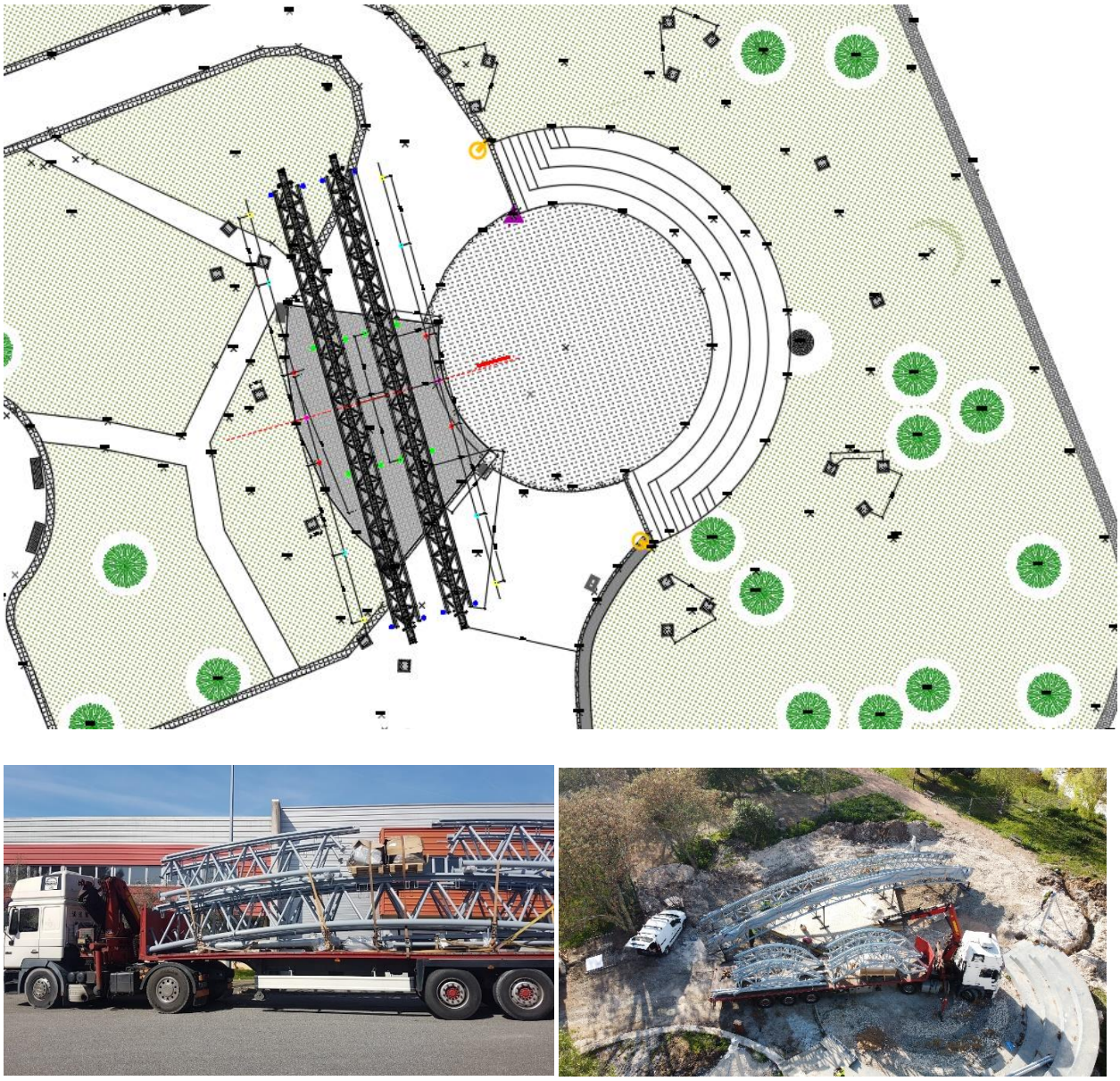


Figura 5-44 Planeamento, carregamento e descarga da estrutura metálica e membrana tensionada

O processo de montagem inicia-se com a colocação dos joelhos da treliça, seguindo-se do tramo central, como representado na Figura 5-45. Para facilitar a instalação da membrana central, foi realizada uma prévia montagem das membranas nos arcos treliçados esquerdos, deixando-a suspensa e devidamente protegida.

Figura 5-45 Montagem dos arcos treliçados da estrutura tensionada.

Em seguida, instalam-se os travamentos dos arcos treliçados e os pontos de ancoragem singulares da estrutura, concluindo-se assim a primeira etapa da montagem (montagem da estrutura de suporte).

Figura 5-46 Montagem integral da estrutura metálica de suporte.

A fase final consiste no desdobramento, colocação, tensionamento da membrana e aplicação de remates. A sequência de montagem das membranas deu início pela membrana central. A instalação da membrana central como início desta etapa, permite um aumento da rigidez do conjunto treliças uma vez que evita a torção dos arcos através do funcionamento conjunto das membranas-travamentos. Em seguida instala-se as restantes membranas laterais.

Figura 5-47 Montagem da membrana central e laterias da estrutura tensionada.

O tensionamento dos cabos foi realizado com equipamento de monitorização, que mede a força axial instalada num determinado cabo através da aplicação de uma deformação. Os sistemas de tensionamento integrados nos cabos de bordo e sistema de tensionamento linear permitiram elevar o pré-esforço instalado na membrana para os valores preconizados pelo projeto. Esses valores foram

registados individualmente para posteriormente serem comparados numa fase de manutenção e retensionamento da estrutura.

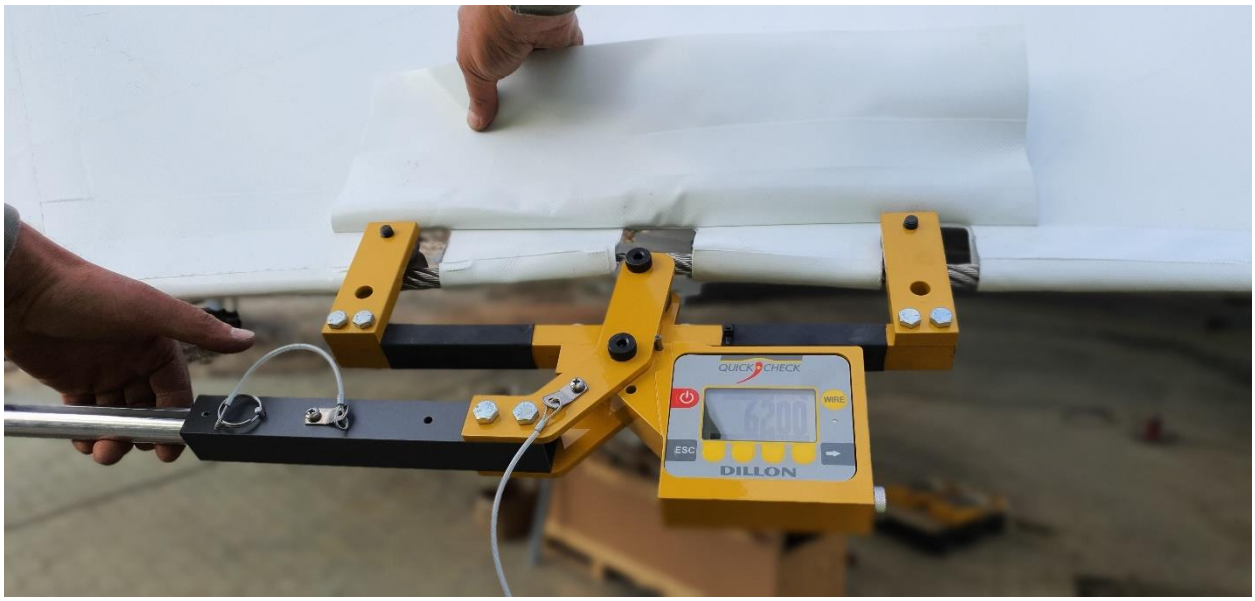


Figura 5-48 Equipamento de medição da força axial instalada nos cabos de bordadura da estrutura tensionada.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

No desenvolvimento do presente trabalho, pode-se notar que desde os primeiros passos dados por Frei Otto até à atualidade, houve uma grande evolução tecnológica e científica no sentido de tornar o dimensionamento de estruturas de membrana tensionada mais fiável, otimizado e acessível para os projetistas.

As opções geométricas de tridimensionalidade contínua das membranas de dupla curvatura e a sua aplicabilidade é muito elevada, tirando-se ainda grande partido pelo facto de requererem menor quantidade de elementos estruturais para vencer elevador vãos, juntamente com as suas características intrínsecas, como flexibilidade, transportabilidade, condução de luz, conversibilidade, ecologia, etc. Contudo, o dimensionamento com recurso ao cálculo manual mostra-se bastante complexo e trabalhoso, sendo necessário como base, um modelo tridimensional de análise não-linear geométrica para determinação da forma em equilíbrio com a atuação do pré-esforço, assim como a análise da distribuição das tensões desde a membrana até aos elementos de suporte. Para além disto, o rigor que estas estruturas exigem quer a nível de projeto, quer a nível de execução ou montagem são fundamentais, pois qualquer erro é imediatamente evidenciado na estrutura através de rugas e redistribuição de tensões não previstas durante o dimensionamento. As relações tensão-extensão devem ser consideradas com base em ensaios realizados pelos fabricantes, caracterizando-se o seu comportamento ortotrópico e características não-lineares. O planeamento da montagem, bem como o controlo da qualidade de execução deverão constituir uma etapa na conceção da estrutura.

Apesar de leveza ser uma das vantagens das estruturas de membrana tensionada, em elementos estruturais como fundações consiste numa desvantagem relativamente à sua estabilidade global, como a verificação ao deslizamento ou derrube que dependem essencialmente das cargas verticais descendentes para aumentar a sua eficácia. Assim, normalmente as fundações resultam em elementos de grandes dimensões ou fundações indiretas. Também a baixa rigidez da membrana faz com que os esforços principais atuantes sejam predominantemente axiais, agravando o efeito de encurvadura nos elementos

submetidos a esforços de compressão, como os mastros de suporte, para além de que a elevada deformabilidade do material da membrana provoca também grandes deformações quando comparadas com as estruturas tradicionais.

Quantificar a ação do vento é um desafio, visto que a membrana poderá compreender diversas formas que se alteram significativamente em função da magnitude do carregamento e não existe documentação técnica que envolva todas essas geometrias e a comunidade europeia ainda não fornece documentação suficiente neste domínio especifico, apesar de existir evidências claras de evolução neste sentido. Contudo, com a evolução tecnológica e com recurso a métodos numéricos baseados na mecânica de fluidos, hoje em dia é possível realizar uma simulação do comportamento do fluxo do vento em torno da estrutura poucos minutos, obtendo-se resultados precisos quando comparados com simulações físicas como o túnel de vento. No caso prático representado neste trabalho, é possível encontrar diversas dificuldades na correta modelação de um modelo de cálculo onde seja possível abranger todas as respostas da estrutura face às ações aplicadas, contudo, a análise comparativa realizada pelo método CFD mostra-nos que esta tecnologia permite otimizar a magnitude do carregamento.

A análise e cálculo de ligações é também um desafio no dimensionamento estrutural, para além de normalmente serem ligações geometricamente diferentes das soluções correntes, a elevada deformação da estrutura introduz diferentes orientações da distribuição dos esforços ou rotações dos elementos, sendo necessário avaliar caso a casa considerando o efeito provocado nestas.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O trabalho apresentado pretendeu por um lado consolidar a informação disponível até a atualidade através de um caso prático, empregando-se todas as técnicas para o seu correto funcionamento global e por outro expor as necessidades de investigação científica no sentido de perspetivar desenvolvimentos futuros.

Sendo a ação do vento, a que mais penaliza no dimensionamento estrutural, a sua determinação rigorosa representa maior segurança no seu dimensionamento, podendo-se atribuir coeficiente de segurança mais baixos e por sua vez otimizar a sua solução estrutural. Conhecendo-se as limitações dos ensaios em túnel de vento face a estas estruturas, o avanço da dinâmica dos fluidos computacional será o caminho a seguir. Os efeitos dinâmicos do vento sobre os elementos com maior deformabilidade, como as membranas e cabos constitui um tema para investigação no âmbito de um programa de doutoramento.

Em situações onde as membranas são pressionadas sobre os elementos estruturais e que não são fixas, como o caso das membranas em forma de abobada, apoiadas sobre diagonais, a sua modelação é complexa e altamente não-linear uma vez que estes apoios apenas deverão suportar esforços verticais descendentes ou ascendentes limitados pela pressão de contacto introduzida pelo pré-esforço aplicado à membrana e esforços horizontais transmitidos pelo atrito entre membrana-estrutura. Assim, uma análise deste comportamento poderá ser alvo de estudo resultando em procedimentos a ter em conta aquando da sua modelação.

Fica assim lançado o desafio de realizar investigação científica na área das membranas tensionadas, sendo convicção do autor do presente trabalho que tais estruturas irão assumir um protagonismo crescente na realidade da construção futura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.d.). Obtido de Serge Ferrari: https://www.sergeferrari.com/us-en/commitment/texyloop/impact-reduction

(s.d.). Obtido de Rwind Simulation: https://www.dlubal.com/en/products/stand-alone-structural-analysis-software/rwind-simulation

B., M., & R., M. (1999). *Cutting pattern of fabric membranes with the stress compensation method, Vol. 14, No. 2.* Int. J. of Solids and Structures.

Boys, C. V. (1891). *Soap-bubbles and the forces wich mould them.* New York: Cornell University Library.

CAN3-S367-M81 - National Standard of Canada – Air Supported Structures. (1981).

DIN 4112. Fliegende Bauten. (1983). Berlin: DIN Deutsches Institut Für Normung.

DIN 4134. Tragluftbauten. (1983). Berlin: DIN Deutsches Institut Für Normung.

DIN 53363 Determining the tear resistance of plastic film and sheeting by the trouser tear method. (2003). Berlim: DIN Deutsches Institut Für Normung.

EC1-4. (2010). *Eurocódigo 1 - Acções em Estruturas Parte 1-4: Ações Gerais, Acções do Vento.*

EN 1875-3 Rubber- or plastics- coated fabrics - Determination of tear strength - Part 3: Trapezoidal method. (1997).

EN 1991. Eurocodigo 1 - Ações em Estruturas. (2002). CEN.

F., D., Bletzinger, K.-U., & Wüchner, R. (2012). *Pratical advances in numerical form finding and cutting pattern generation for membrane structures.* International Association for Shell and Spatial Structures (IASS).

Ferreira, P. G. (Junho de 2010). Análise e Dimensionamento de uma Estrutura de Cobertura em Membrana Tensa.

Forster, B., & Mollaert, M. (2004). *European Design Guide for Tensile Structures.* VUB Brussels: Tensinet.

Gründig, L., Moncrieff, E., Singer, P., & Ströbel, D. (2000). *A History of the principal developments and applications of the force density method in Germany 1970-1999.* Crete, Greece: Fourth International Colloquium on Computation of Shell & Spatial Structures.

Guide for Specific Membrane Structures. (1990). Membrane Structures Association of Japan.

Hatton, E. (1979). *The Tent Book.* Houghton Mifflin Company: Boston.

Horst, B. (1996). *Light Structures-Structures of Light: the Art and Engineering of Tensile Architecture.* Basel; Boston; Berlin: Birkhauser.

J., L., R., W., & Bletzinger, K.-U. (2008). *Introducing cutting patterns in form finding and structural analysis, Vol. 197.* CMAME.

L., G., E., M., P., S., & D., S. (2000). *High performance cutting pattern generation of architectural textile structures.* Crete, Greece: IASS-IACM 2000, Fourth International Colloquium on Computation of Shell & Spatial Structures.

Lee, K. (2002). *A new technique for optimum cutting pattern generation of membrane structures.* Engineering Structures, vol. 24.

Lovelock, D., & Rund, H. (1989). *Tensors, Differential Forms, and Variational Principles.* New York: Dover Publications.

Minte, J. (1981). *Das mechanische Verhalten von Verbindungen beschichteter Chemiefasergewebe.* RWTH Aachen.

Moreira, R. E. (Julho de 2008). Utilização de Membranas Tensionadas Leves na Execução de Estruturas Especiais.

Otto, F., & Trostel, R. (1969). *Tensile Structures: Volume 2: Basic Concepts and Survey of Tensile Strucures.* Cambridge: The M.I.T. Press.

Recommandations pour la conception des ouvrages permanents de Couverture Textile. (1997). Bureau Veritas.

Roland, C., & Otto, F. (1973). *Estudios y trabajos sobre la construcción ligera.* Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Seidel, M. (2007). *Tensile Surface Structures: A Pratical Guide to Cable and Membrane Construction.* Vienna: Ernst & Sohn.

Stranghöner, N. U. (2014). The Development of a Eurocode “Tensile Membrane Structures”. *Proceedings of the 37th IABSE International Symposium*.

Stranghöner, N., Uhlemann, J., Bilginoglu, F., Bletzinger, K.-U., Bögner-Balz, H., Corne, E., . . . Thomas, J.-C. (2016). *Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures.* European Commission.

Tensile Membrane Structures. (2002). ASCE Standard.

Weinstock, R. (1974). *Calculus of variations.* New York: Dever Publications.

WS1. (s.d.). Obtido de https://www.alemanhafc.com.br/2015/05/allianz-arena-completa-10-anos-de.html

WS10. (s.d.). Obtido de http://www.linearquitetura.com.br/blog/esporte-e-arquitetura-uma-incrivel-combinacao/

WS11. (s.d.). Obtido de https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Eden_project.JPG

WS12. (s.d.). Obtido de https://www.birdair.com/birdair-portfolio/denver-international-airport/

WS13. (s.d.). Obtido de https://www.gazetadopovo.com.br/esportes/veja-como-o-teto-retratil-muda-o-destino-de-um-estadio-de-futebol-3bchh1kn6m6nkffuuyz3gy9tc/

WS14. (s.d.). Obtido de https://www.mgsarchitecture.in/building-materials-products/roofing/48-the-world-s-tallest-tensile-structure.html

WS15. (s.d.). Obtido de https://www.metalocus.es/en/news/eyebeacon-pavilion-amsterdam-light-festival-unstudio-and-mdt-tex

WS16. (s.d.). Obtido de https://designlike.com/high-tech-giant-umbrellas-improve-al-masjid-al-nabawi-mosques-natural-micro-climate/

WS17. (s.d.). Obtido de https://www.zaha-hadid.com/

WS18. (s.d.). Obtido de https://www.iguzzini.com/projects/project-gallery/the-sun-station/

WS19. (s.d.). Obtido de https://www.archdaily.com/911355/schierker-feuerstein-arena-graft

WS2. (s.d.). Obtido de https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=4456

WS20. (s.d.). Obtido de https://www.bizjournals.com/sanjose/news/2018/11/06/tesla-employee-clinic-safety-record-injuries-tsla.html

WS21. (s.d.). Obtido de https://jornal.usp.br/universidade/matematica-das-bolhas-de-sabao-ajuda-a-explicar-problemas-da-vida-real/

WS3. (s.d.). Obtido de https://pt.wikipedia.org/wiki/Yurt

WS4. (s.d.). Obtido de https://dwfcontract.com/2012/12/08/why-do-we-call-them-romans/

WS5. (s.d.). Obtido de https://pt.wikipedia.org/wiki/Vladimir_Shukhov

WS6. (s.d.). Obtido de https://pt.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A1dio_Ol%C3%ADmpico_de_Munique

WS7. (s.d.). Obtido de https://ethw.org/Horst_H._Berger

WS8. (s.d.). Obtido de https://structurae.net/en/structures/talisman-centre

WS9. (s.d.). Obtido de https://jdg-architectes.com/projet/centre-pompidou-metz/

ZEYREK, H., & BEKIROGLU, S. (2019). Assenebt of wind pressure by eurocode-1, TS 498 and CFD Analyses for double-sloped roof building. *Sigma Journal of Engineering and natural Sciences Sigma Muhendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*.

ANEXO I – PEÇAS DESENHADAS

LISTA DE PEÇAS DESENHADAS

DE01 – PLANTA DE FUNDAÇÕES

DE02 – PLANTA DE IMPLANTAÇÃO

DE03 – DEFINIÇÃO DE FORMAS. ALÇADOS - F01 A F04

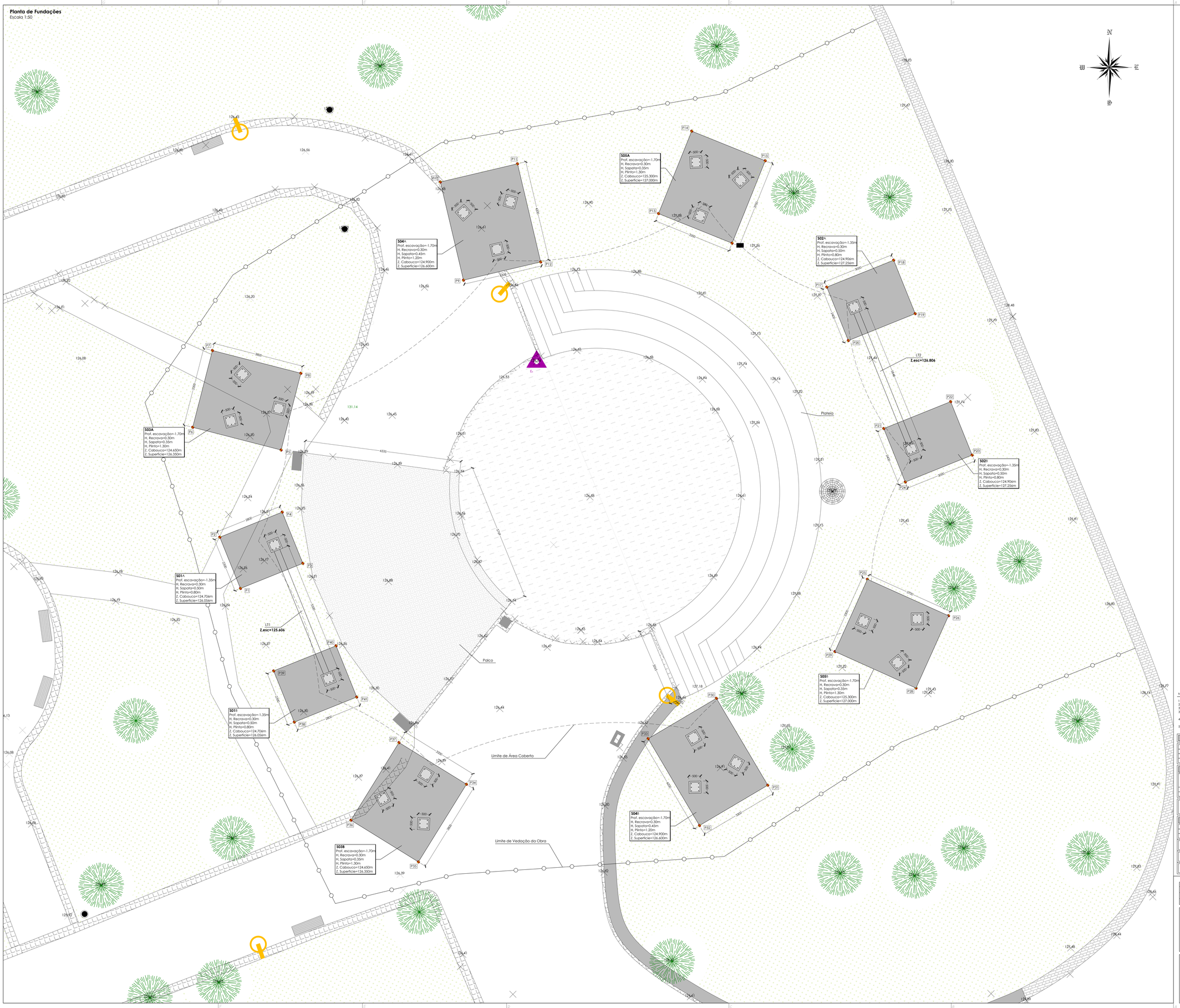
DE04 – ESTRUTURA METÁLICA. ASNAS TRELIÇADAS

DE05 – DEFINIÇÃO DE ARMADURAS. FUNDAÇÕES – F01 A F03

DE06 - PORMENORES →

DE07 – MEMBRANA TENSIONADA – F01 A F02

Planta de Fundações
Escala 1:50



COORDENADAS DE IMPLANTAÇÃO [DATUM 73]					
Ponto #	Descrissão	M	P	Cota Pronto	Cota Escavação
S01A	P1	1143.651	-178648.156	126.056	124.706
	P2	1142.792	-178646.023	126.056	124.706
	P3	1146.249	-178647.111	126.056	124.706
	P4	1145.390	-178644.977	126.056	124.706
S03A	P5	1145.345	-178642.394	126.350	124.650
	P6	1141.664	-178641.448	126.350	124.650
	P7	1142.486	-178638.252	126.350	124.650
	P8	1146.166	-178639.198	126.350	124.650
S04A	P9	1152.933	-178635.325	126.600	124.900
	P10	1151.968	-178631.237	126.600	124.900
	P11	1155.180	-178630.479	126.600	124.900
	P12	1156.145	-178634.567	126.600	124.900
S05A	P13	1161.048	-178632.552	127.000	125.300
	P14	1162.430	-178629.120	127.000	125.300
	P15	1165.491	-178630.352	127.000	125.300
	P16	1164.109	-178633.785	127.000	125.300
S02A	P17	1168.050	-178635.611	127.256	124.906
	P18	1170.833	-178634.491	127.256	124.906
	P19	1171.730	-178636.717	127.256	124.906
	P20	1168.947	-178637.838	127.256	124.906
S02B	P21	1170.421	-178641.500	127.256	124.906
	P22	1173.204	-178640.380	127.256	124.906
	P23	1174.101	-178642.606	127.256	124.906
	P24	1171.318	-178643.727	127.256	124.906
S05B	P25	1169.742	-178647.775	127.000	125.300
	P26	1173.117	-178649.292	127.000	125.300
	P28	1171.764	-178652.302	127.000	125.300
	P29	1168.389	-178650.785	127.000	125.300
S04B	P30	1163.458	-178652.730	126.600	124.900
	P31	1165.595	-178656.346	126.600	124.900
	P32	1162.754	-178658.025	126.600	124.900
	P33	1160.617	-178654.409	126.600	124.900
S03B	P34	1153.056	-178656.307	126.350	124.650
	P35	1151.058	-178659.539	126.350	124.650
	P36	1148.251	-178657.803	126.350	124.650
	P37	1150.250	-178654.572	126.350	124.650
S01A	P38	1145.892	-178653.722	126.056	124.706
	P39	1145.033	-178651.589	126.056	124.706
	P40	1147.631	-178650.543	126.056	124.706
	P41	1148.490	-178652.676	126.056	124.706

NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milímetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será bento de Terra Vegetal e com densidade Volúmico maior ou igual a 1700 KG/m3;
3 - Não deverão ser betonagem com temperaturas inferores a 0ºC (zero graus). Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos em temperatura inferior a -1ºC (1 grau negativo);
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL361/2007, DNA 3.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado (Dmax mm)	Classe de abaixamento (Consistência)	Recobrimento nominal (Cnom mm)	Valores limite de composição do betão
REGULARIZAÇÃO	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	Dmax 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	XS1/XC2	CL0.2/CL0.4	Dmax 20	S2/S3	30	LNEC E464-2007

Betões	
	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E463-2007, E467-2006
	A ausência de definição específica da classe de masso volúmica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações do E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERIAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	(Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro)
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	
Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - (ENV 1992-1-1)	
	Não é permitida a ação de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	(ponto 6.3 - NP ENV 13670-1)
Cabos Aço	Strand 7x19 ASI 316	(NP EN 1993-1-11)
	Spiral Strand 1x19 ASI 316	(NP EN 1993-1-11)
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé
Projectou: Miguel Costa
Desenhou: Miguel Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

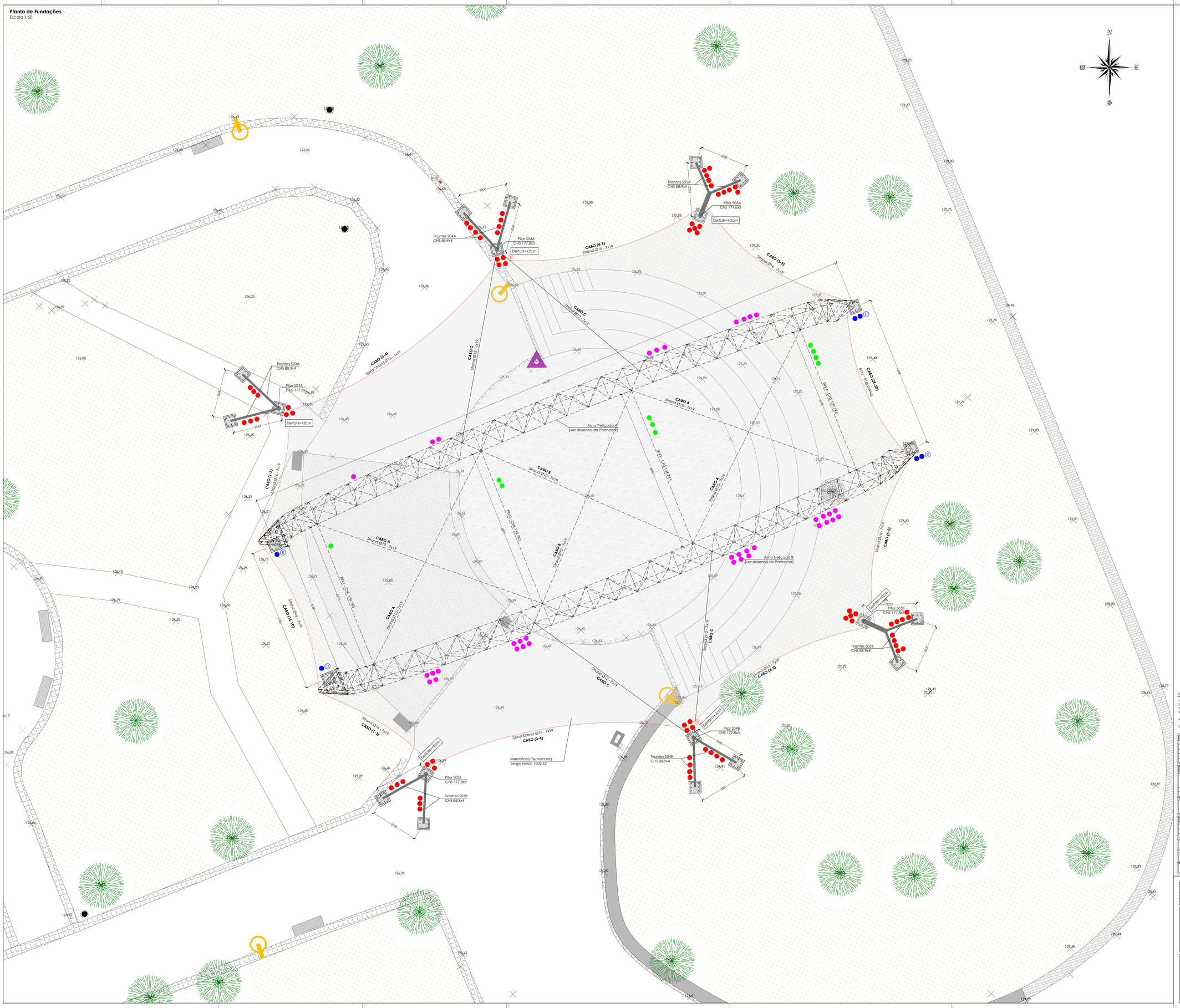
Definição de Formas
Planta de Fundações

Escala: 1:50

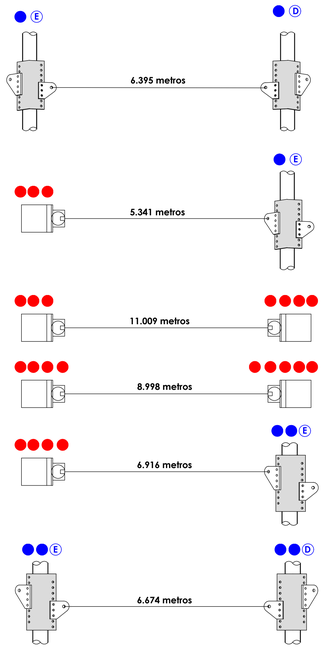
2019.EM-MFA-DE01V00

Nº de folhas: 01/01

Planta de Fundações
Escala 1:50



DISTÂNCIAS 3D



NOTA:
AS ALTURAS DE REFERÊNCIA DAS ALTURAS DOS PILARES, TRELIÇAS E TIRANTES ESTÃO EXPRESSAS NO DESENHO DE PORMENORES.

LEGENDA:

- **MARCAÇÃO EM BASES DE TRELIÇA**
- **MARCAÇÃO EM TRELIÇA**
- **MARCAÇÃO EM PILARES E TIRANTES**
- **MARCAÇÃO EM TRAVAMENTOS**

NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milímetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será terro de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 KG/m3;
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC (zero graus). Adicionalmente, não é permitido a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC (1 grau negativo);
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e pilritos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 3.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1 2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]							
Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado (Dmax [mm])	Classe de abatimento (Consistência)	Recobrimento nominal (Cnom [mm])	Valores limite de composição do betão
FERRALHAGEM	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D=mm 22	S2	---	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	XS1/XC2	CL0.2/CL0.4	D=mm 22	S2/S3	30	LNEC E464-2007
Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E463-2007, E467-2006.							
	A ausência de definição específica da classe de massa volúmica, implica a utilização de betões de densidade corrente.							
	Deverão ser cumpridas todas as especificações do E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.							

QUADRO DE MATERIAIS - AÇO		
Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	
Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido a ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 ASTM 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 ASTM 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé
Projectou: Micael Costa
Desenhou: Micael Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

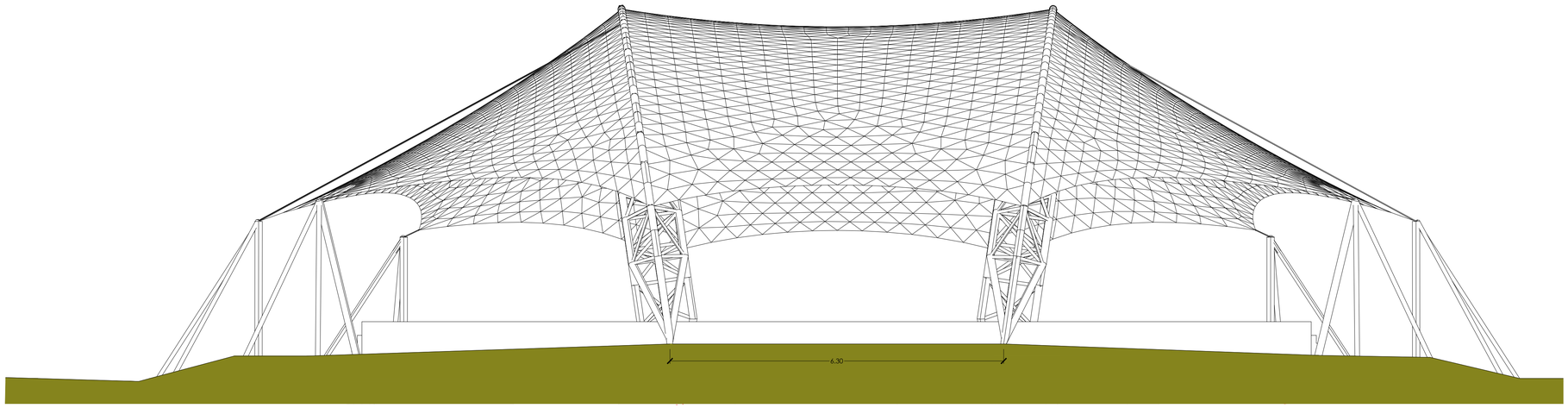
Definição de Formas
Planta de Implantação

Escala: 1:50

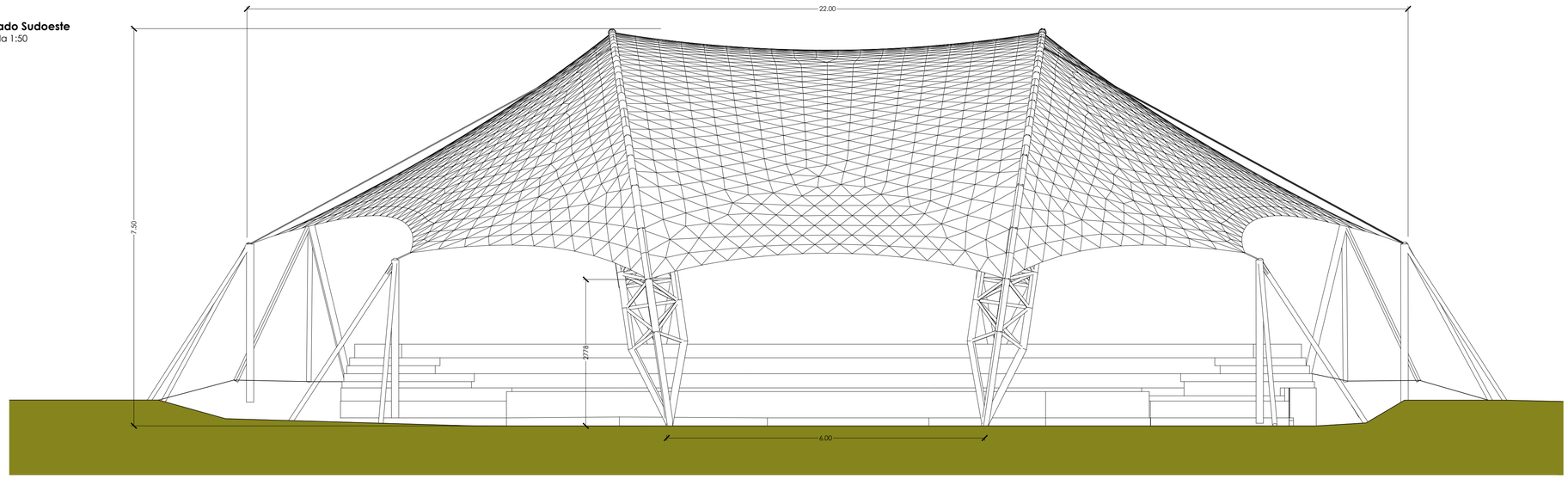
2019.EM-MFA-DE02V00

Nº de folha: 02/03

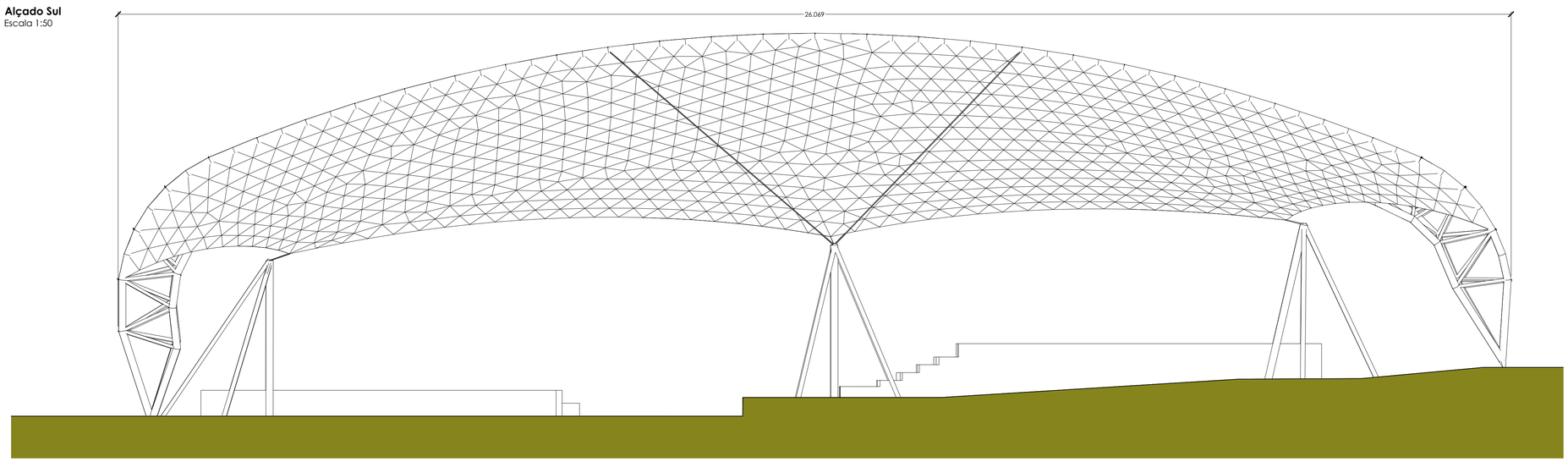
Alçado Noroeste
Escala 1:50



Alçado Sudoeste
Escala 1:50



Alçado Sul
Escala 1:50



NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milímetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC [zero graus]. Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC [1 grau negativo];
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abatimento (Consistência)	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
Regularização	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D_{max} 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	XS1/XC2	CL0.2/CL0.4	D_{max} 22	S2/S3	50	LNEC E464-2007

Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição específica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé

Projectou: Micael Costa

Desenhou: Micael Costa, Diogo Cerqueira

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

Definição de Formas

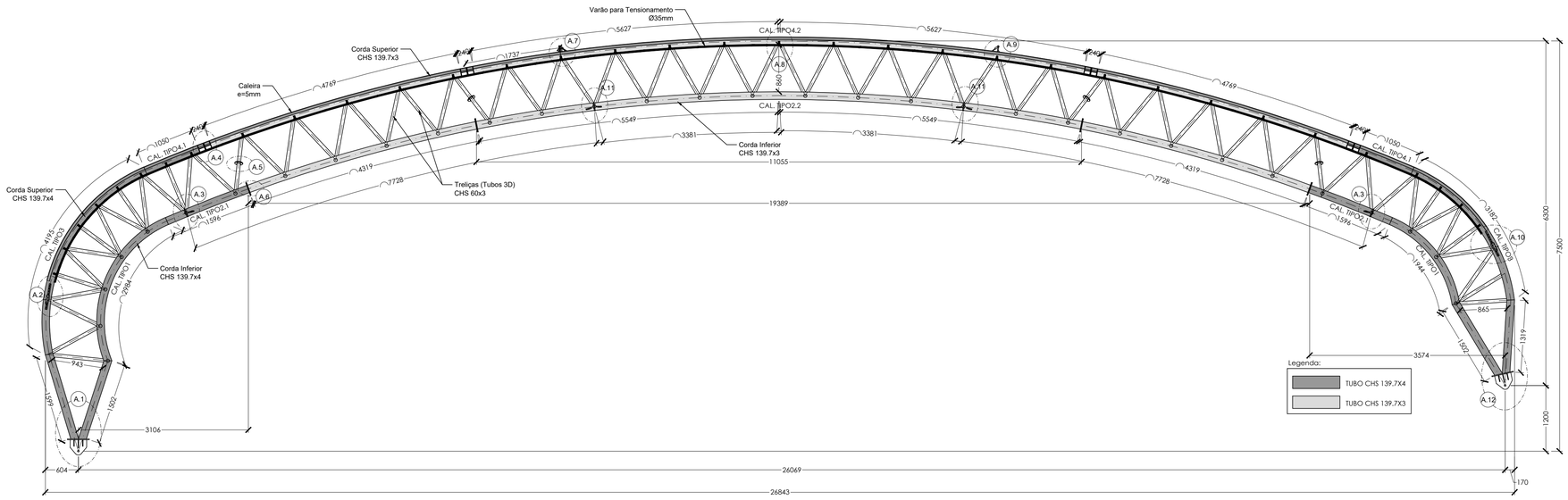
Alçados

Escalas: 1:50

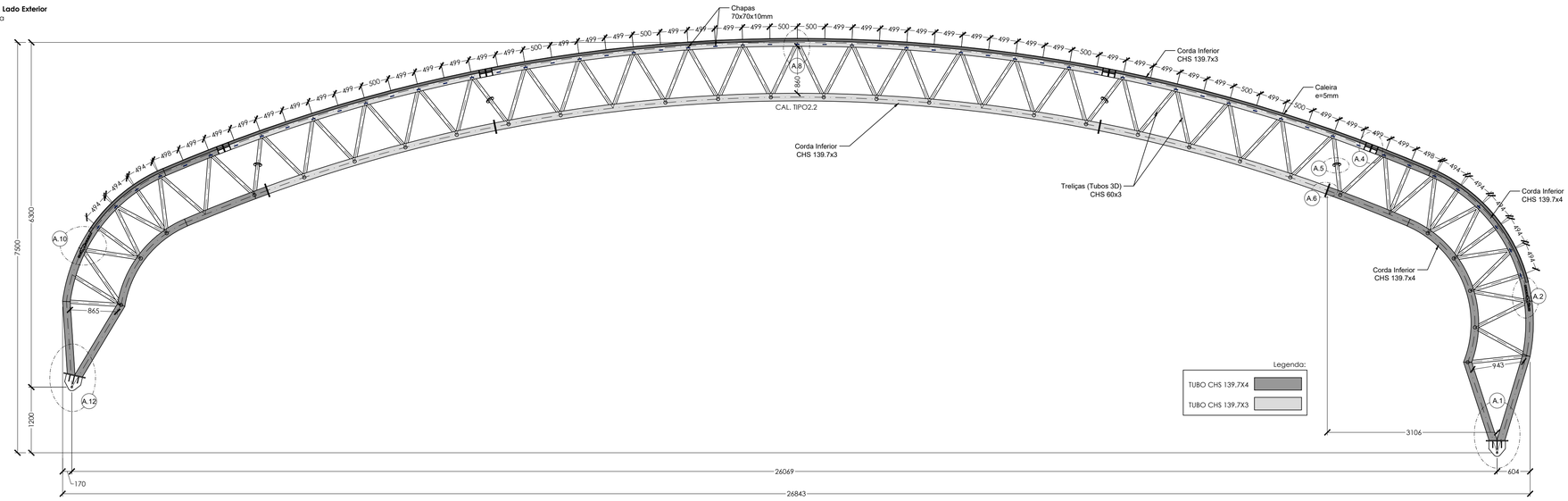
2019.EM-MFA-DE03V00

Nº de folhas: 01/01

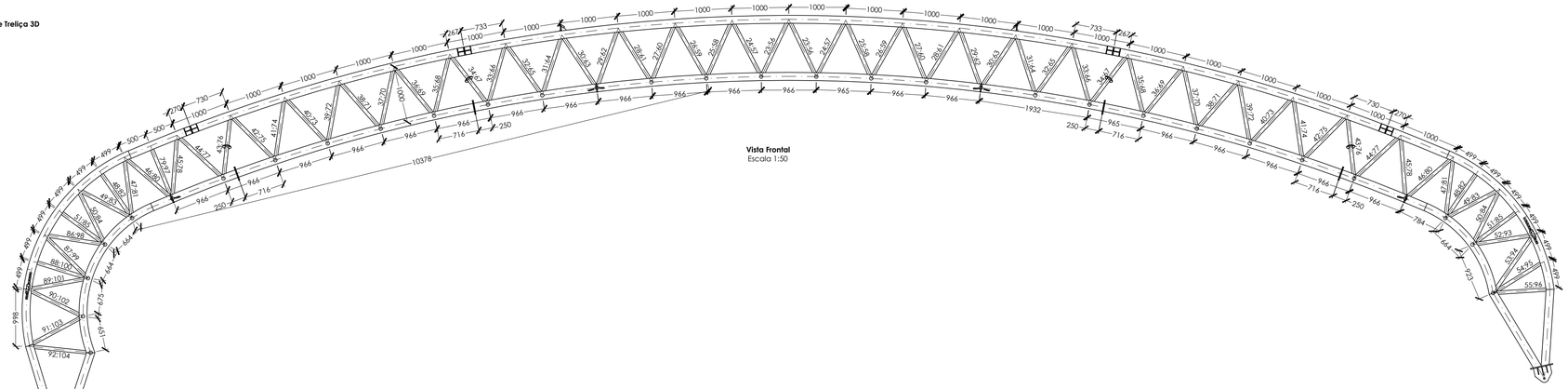
Alçado Frontal. Lado Inferior
Treliça Esquerda
Escala 1:50



Alçado Frontal. Lado Exterior
Treliça Esquerda
Escala 1:50



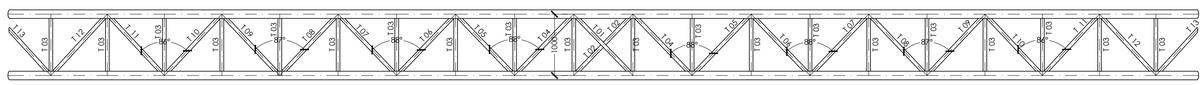
Identificação de Tubos de Treliça 3D
Treliça Esquerda
Escala 1:50



Vista Frontal
Escala 1:50

Alçado Lateral (Palco)
Tubos Inferiores
Escala 1:50

Alçado Lateral (Bancada)
Tubos Inferiores
Escala 1:50



Vista Superior
Tubos Inferiores
Escala 1:50

NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milimetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC [zero graus]. Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC [1 grau negativo];
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10. da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abaixamento [Consistência]	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
REGULARIZAÇÃO	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D_{max} 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	**XS1/XC2**	CL0.2/CL0.4	D_{max} **22**	**S2/S3**	**50**	LNEC E464-2007

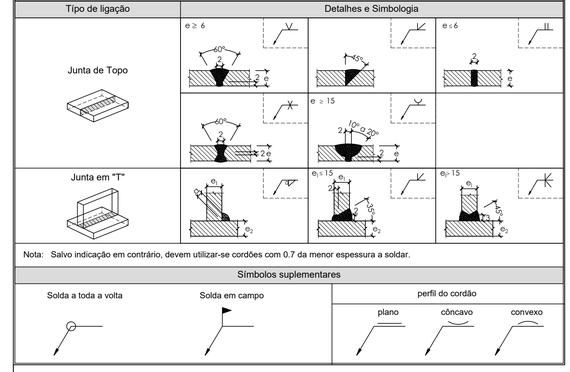
Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição específica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Quadro de Soldadura



Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé
Projectou: Micael Costa
Desenhou: Micael Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

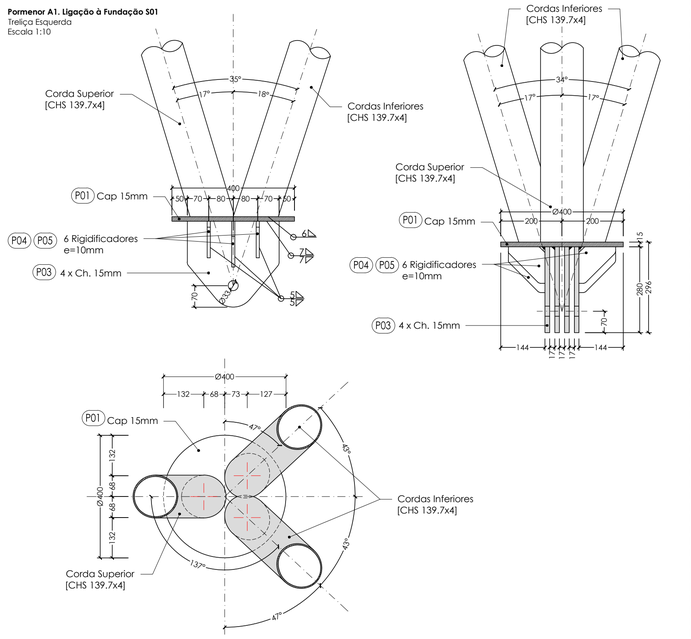
Definição de Formas
Estrutura Metálica. Asnas Treliçadas
Alçados

Escalas: 1:50

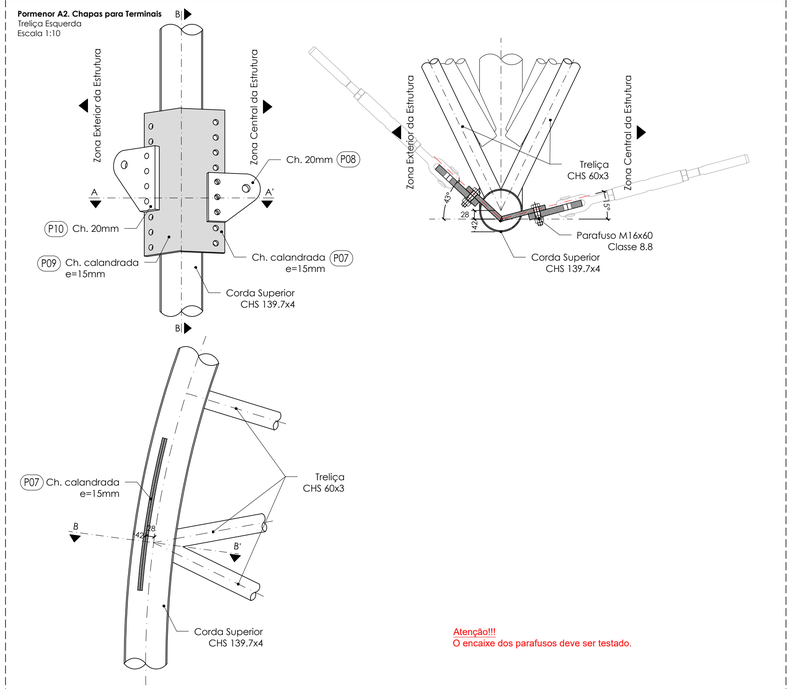
2019.EM-MFA-DE04V00

Nº de folhas: 01/04

Pormenor A1. Ligação à Fundação S01
Treliça Esquerda
Escala 1:10

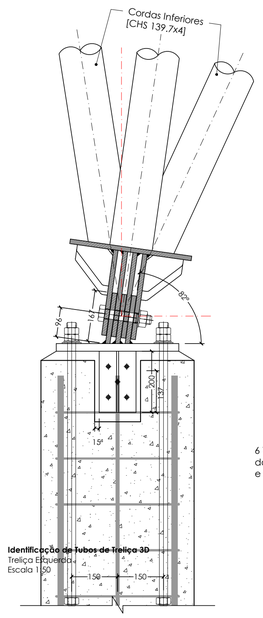


Pormenor A2. Chapas para Terminais
Treliça Esquerda
Escala 1:10

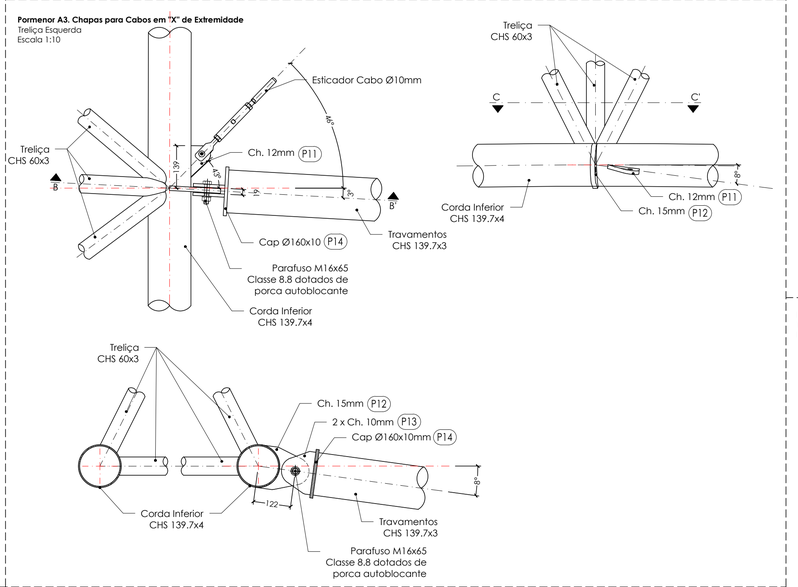


Atenção!!!
O encaixe dos parafusos deve ser testado.

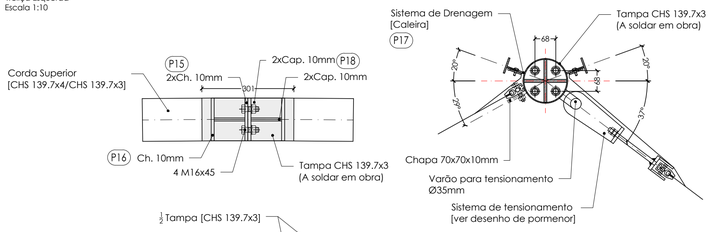
Identificação de Tubos de Treliça 3D
Treliça Esquerda
Escala 1:50

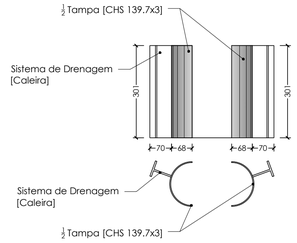


Pormenor A3. Chapas para Cabos em "X" de Extremidade
Treliça Esquerda
Escala 1:10



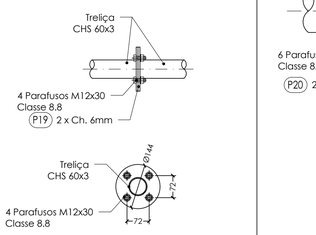
Pormenor A4. Ligação de Tramos em Corda Superior
Treliça Esquerda
Escala 1:10





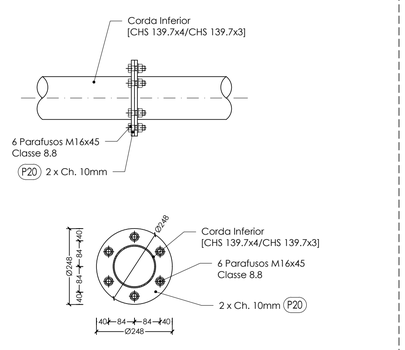
Pormenor A5. Ligação de Tramos em Tubos de Treliça
Treliça Esquerda
Escala 1:10

Vista Frontal
Escala 1:50

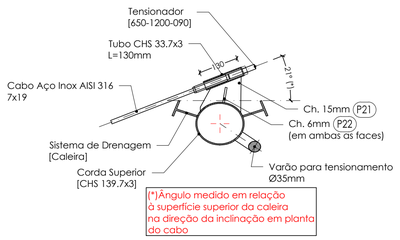


Vista Superior
Tubos Inferiores
Escala 1:50

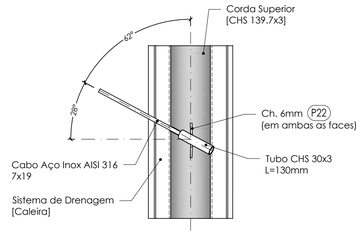
Pormenor A6. Ligação de Tramos em Corda Inferior
Treliça Esquerda
Escala 1:10

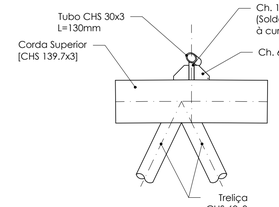


Pormenor A7. Chapas para Terminais de Cabos em "V"
Treliça Esquerda
Escala 1:10

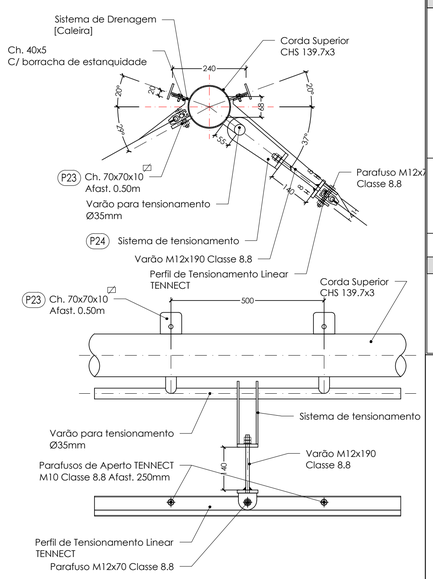


(*)Ângulo medido em relação
à superfície superior da caleira
na direção da inclinação em planta
do cabo





Pormenor A8. Corte Transversal Tipo
Treliça Esquerda
Escala 1:10



NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milimetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC [zero graus]. Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC [1 grau negativo];
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abaixamento [Consistência]	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
REGULARIZAÇÃO	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D_{max} 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	XS1/XC2	Cl0.2/Cl0.4	D_{max} 22	S2/S3	50	LNEC E464-2007

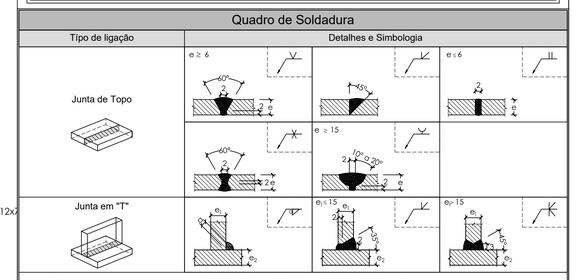
Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição especifica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

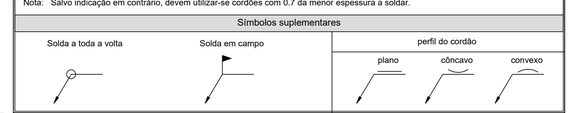
Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Quadro de Soldadura



Nota: Salvo indicação em contrário, devem utilizar-se cordões com 0.7 da menor espessura a soldar.

Símbolos suplementares



Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO
No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé
Projectou: Micael Costa
Desenhou: Micael Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

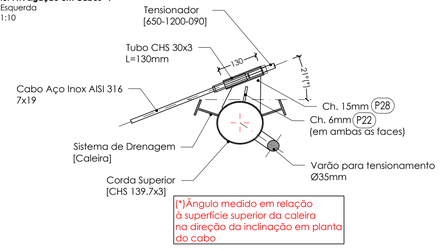
Definição de Formas
Estrutura Metálica, Asnas Treliçadas
Pormenores

Escalas: 1:10

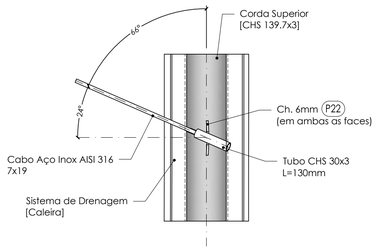
2019.EM-MFA-DE04V00

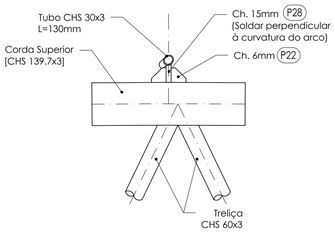
Nº de folhas: 02/04

Pormenor A9. Ligação em Cabos "V"
Treliça Esquerda
Escala 1:10

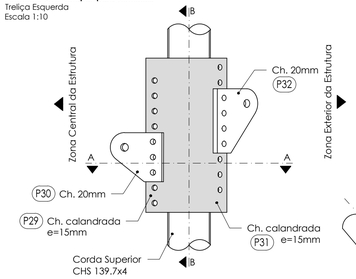


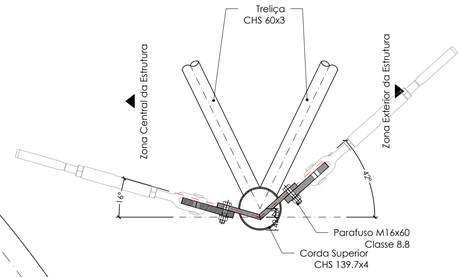
(*)Ângulo medido em relação à superfície superior da caleira na direção da inclinação em planta do cabo

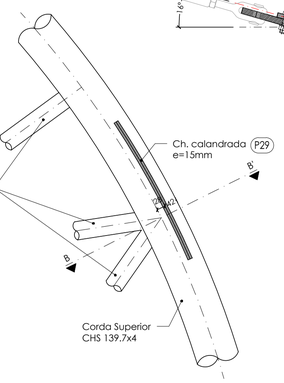




Pormenor A10. Chapas para Terminais
Treliça Esquerda
Escala 1:10

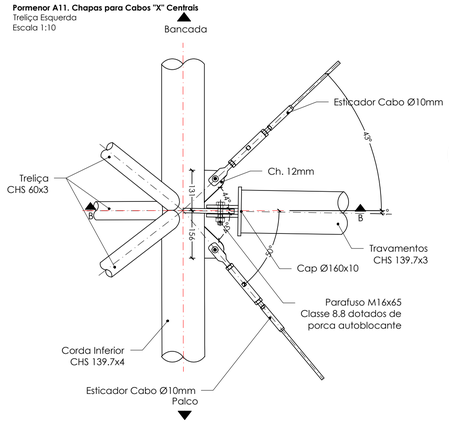


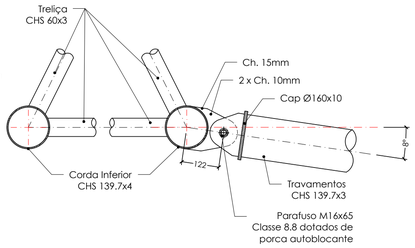


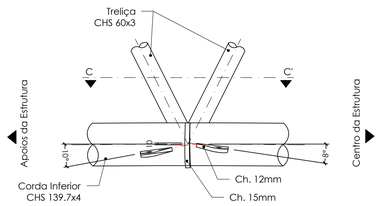


Atenção!!!
O encaixe dos parafusos deve ser testado.

Pormenor A11. Chapas para Cabos "X" Centrais
Treliça Esquerda
Escala 1:10

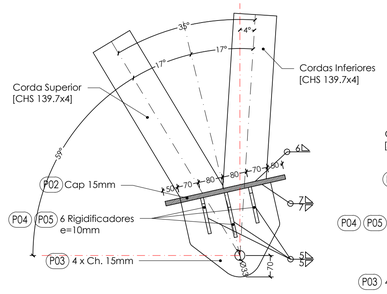


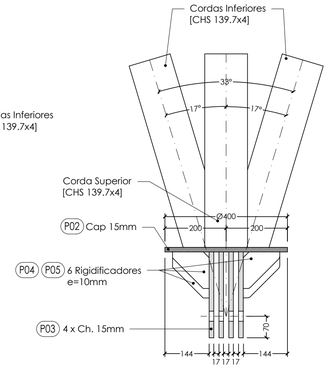


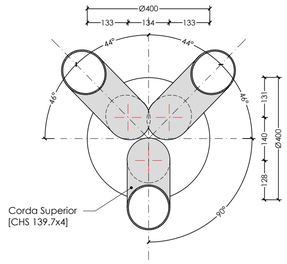


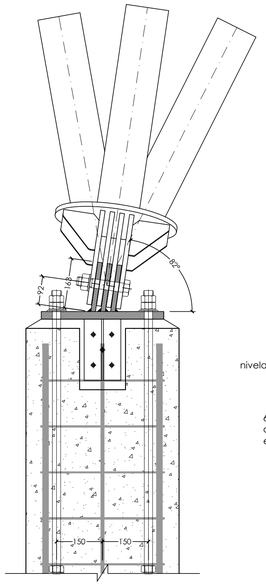
Atenção aos ângulos em função da posição na estrutura

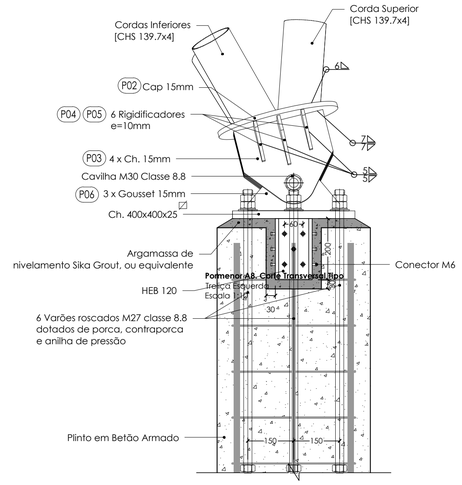
Pormenor A12. Ligação Base. Bancadas
Treliça Esquerda
Escala 1:10











Pormenor A8. Corte Transversal Tipo
Treliça Esquerda
Escala 1:10

NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milimetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC [zero graus]. Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC [1 grau negativo];
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10. da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abaixamento [Consistência]	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
REGULARIZAÇÃO	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D ≤ ≤ 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	XS1/XC2	CL0.2/CL0.4	D ≤ ≤ 22	S2/S3	50	LNEC E464-2007

Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição especifica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Quadro de Soldadura

Tipo de ligação	Detalhes e Simbologia		
Junta de Topo	e ≥ 6		e ≤ 6
		e ≥ 15	
Junta em "T"	$e_1 \leq 15$	$e_1 \leq 15$	$e_2 > 15$

Nota: Salvo indicação em contrário, devem utilizar-se cordões com 0.7 da menor espessura a soldar.

Símbolos suplementares

Solda a toda a volta | Solda em campo | perfil do cordão: plano, côncavo, convexo

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé
Projectou: Micael Costa
Desenhou: Micael Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

Definição de Formas
Estrutura Metálica, Asnas Treliçadas
Pormenores

Escalas: 1:10

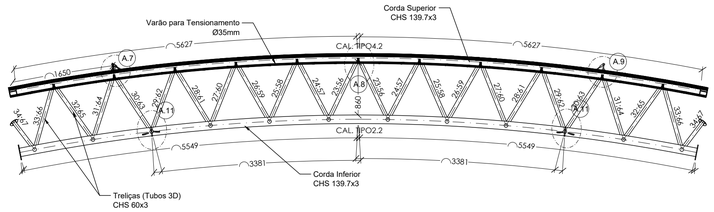
2019.EM-MFA-DE04V00

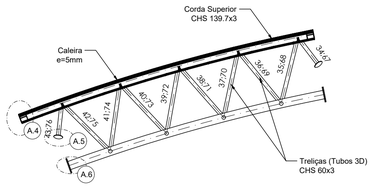
Nº de folhas: 03/04

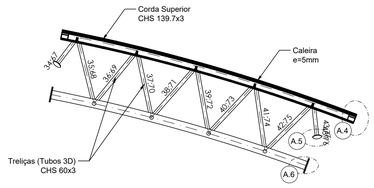
Asnas Treliçadas. Vista Exterior
Escala 1:50

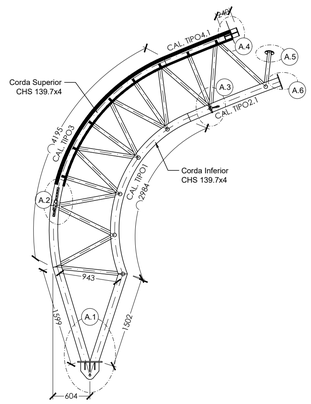
Interior

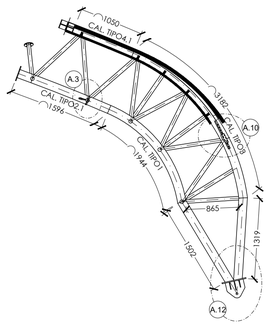
Vista exterior











NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milímetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC [zero graus]. Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC [1 grau negativo];
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abaixamento [Consistência]	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
REGULARIZAÇÃO	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D_{max} 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	**XS1/XC2**	CL0.2/CL0.4	D_{max} **22**	**S2/S3**	**50**	LNEC E464-2007

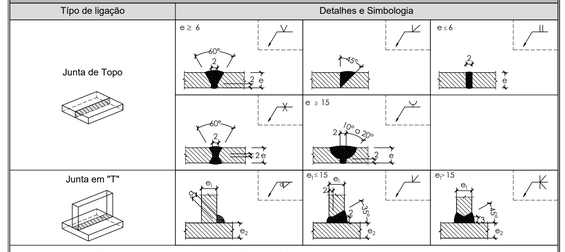
Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição específica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

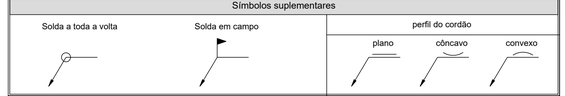
Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Quadro de Soldadura



Nota: Salvo indicação em contrário, devem utilizar-se cordões com 0.7 da menor espessura a soldar.

Símbolos suplementares



Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé

Projectou: Micael Costa

Desenhou: Micael Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

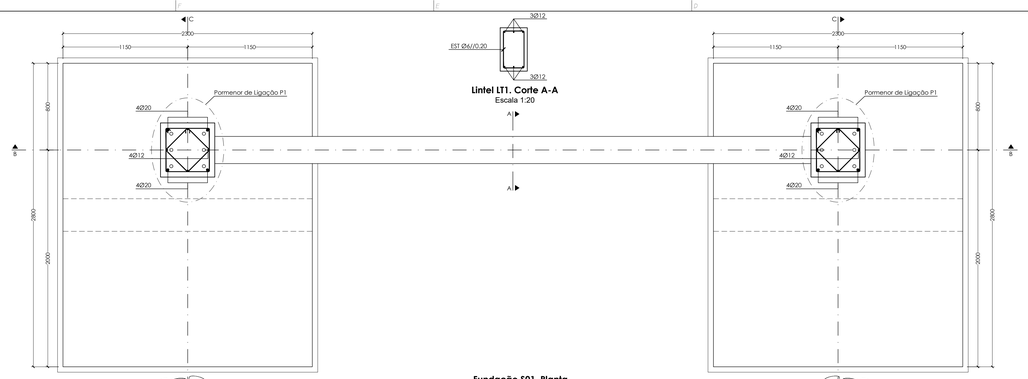
Definição de Formas
Estrutura Metálica. Asnas Treliçadas

Escalas: 1:50

2019.EM-MFA-DE04V00

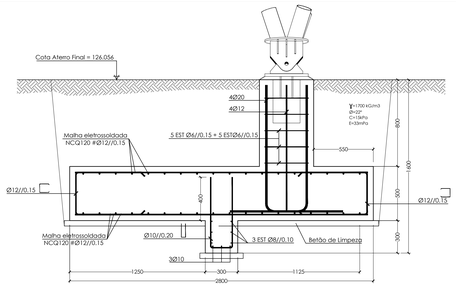
Nº de folhas: 04/04

Fundação S01
Escala 1:20

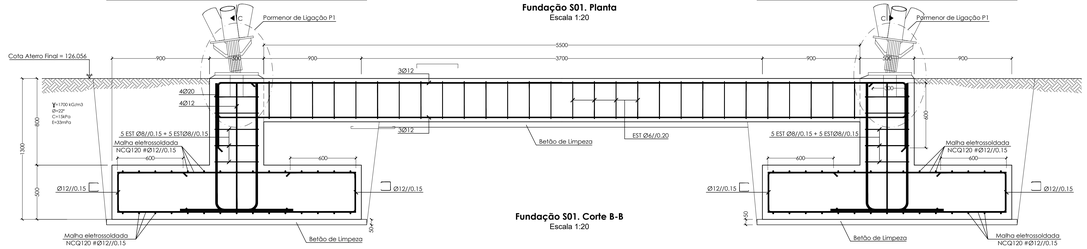


Fundação S01. Planta
Escala 1:20

Lintel LT1. Corte A-A
Escala 1:20

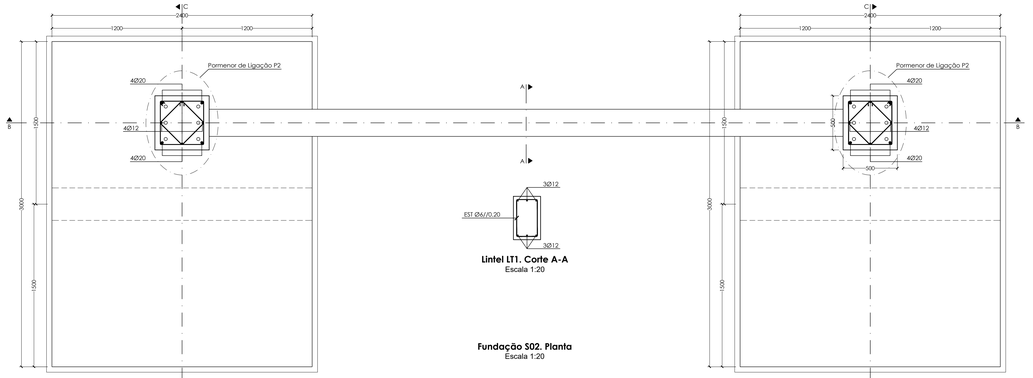


Fundação S01. Corte C-C
Escala 1:20



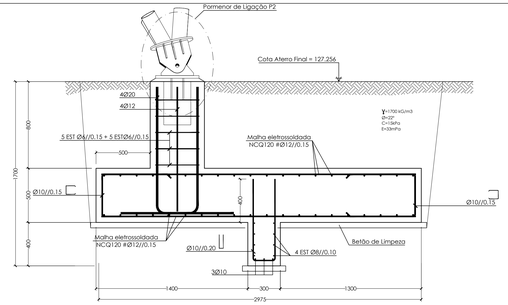
Fundação S01. Corte B-B
Escala 1:20

Fundação S02
Escala 1:20

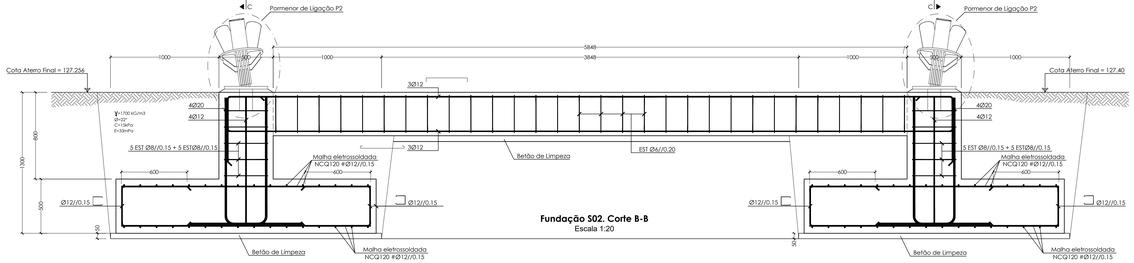


Fundação S02. Planta
Escala 1:20

Lintel LT1. Corte A-A
Escala 1:20



Fundação S02. Corte C-C
Escala 1:20



Fundação S02. Corte B-B
Escala 1:20

NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milímetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será sem de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3;
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC (zero graus). Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC (1 grau negativo);
4 - A superfície de contracto entre chapas de fixação e pilritos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 do NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 do NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1:2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]							
Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Dâmetro dimensão do agregado (Dmax mm)	Classe de abatimento (Consistência)	Recobrimento nominal (Cnom mm)	Valores limite de composição do betão
REGULAMENTAÇÃO	EN 206-1	C12/15	X0	CL0,2	D max 25	S2	15	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	XS1/XC2	CL0.2/CL0.4	D max 22	S2/S3	50	LNEC E464-2007

Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição específica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações do E467-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO		
Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	
Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 ASI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 ASI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

iSep Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé
Projectou: Miguel Costa
Desenhou: Miguel Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

Definição de Armaduras
Fundações

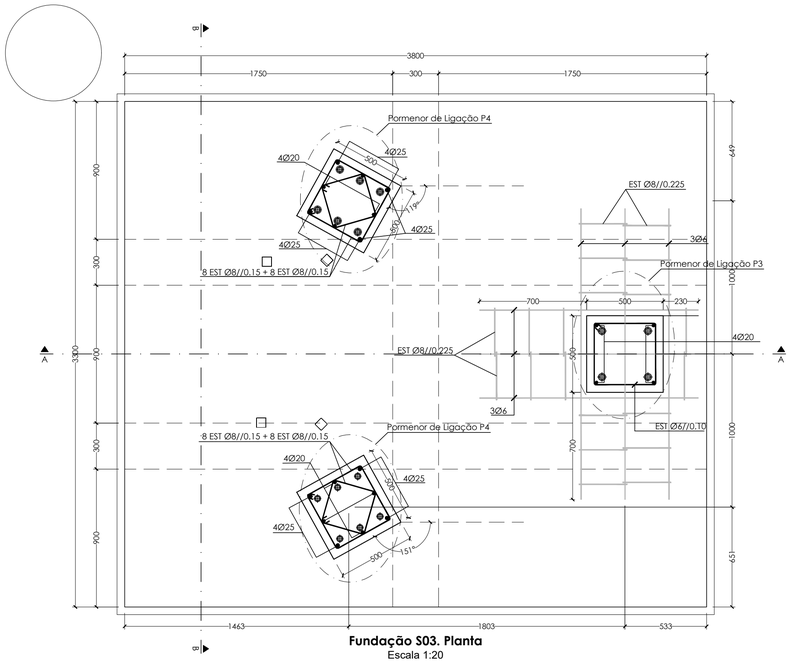
Escala: 1:20

2019.EM-MFA-DE005V00

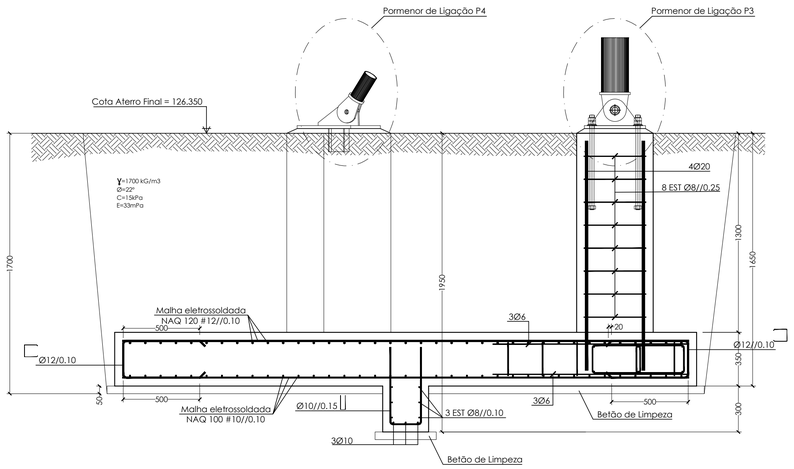
Nº de folhas: 01/03

AI EXTENO

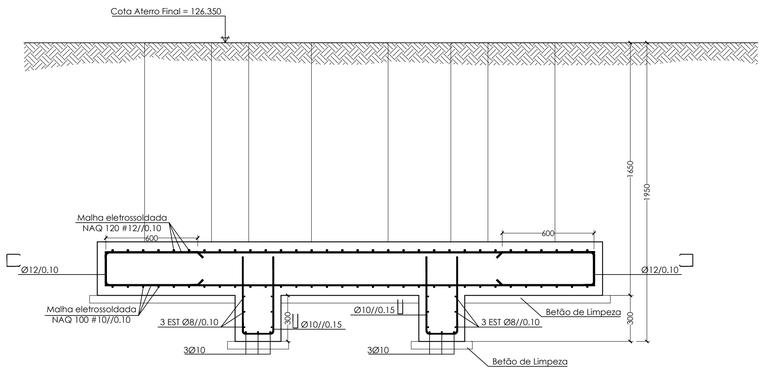
Fundação S03
Escala 1:20



Fundação S03. Planta
Escala 1:20

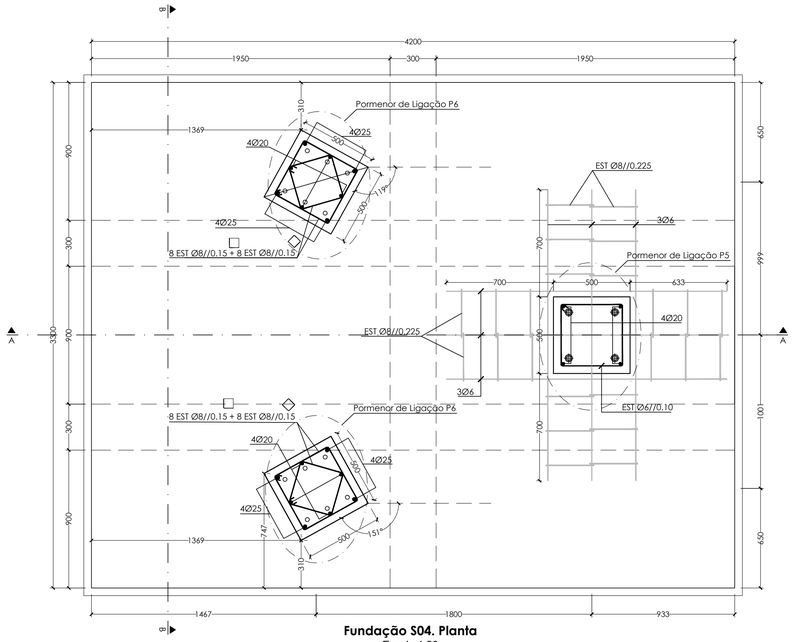


Fundação S03. Corte A-A
Escala 1:20

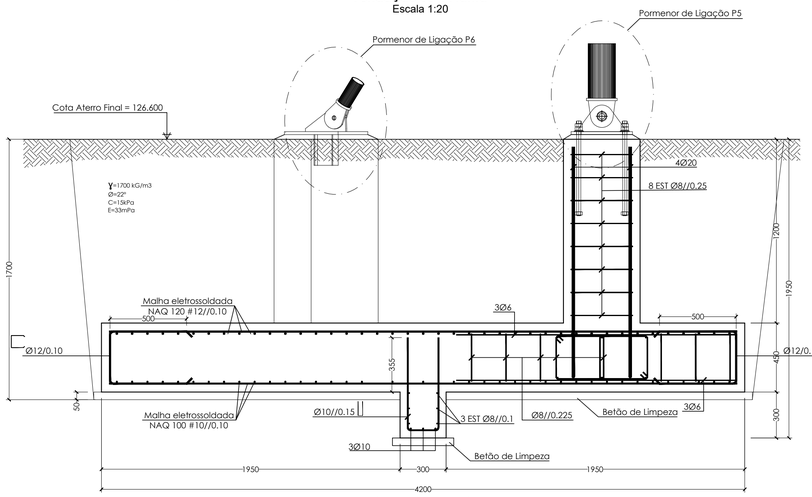


Fundação S03. Corte B-B
Escala 1:20

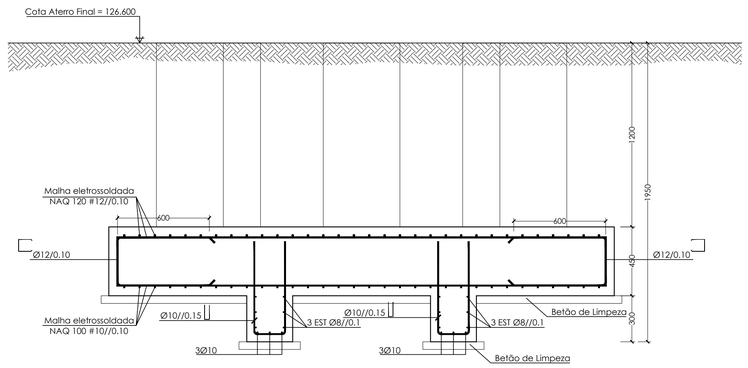
Fundação S04
Escala 1:20



Fundação S04. Planta
Escala 1:20



Fundação S04. Corte A-A
Escala 1:20



Fundação S04. Corte B-B
Escala 1:20

NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milímetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC [zero graus]. Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC [1 grau negativo];
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abaixamento [Consistência]	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
Regularização	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D_{max} 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	**XS1/XC2**	CL0.2/CL0.4	D_{max} **22**	**S2/S3**	**50**	LNEC E464-2007

Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição específica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé

Projectou: Micael Costa

Desenhou: Micael Costa, Diogo Cerqueira

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

Definição de Armaduras
Fundações

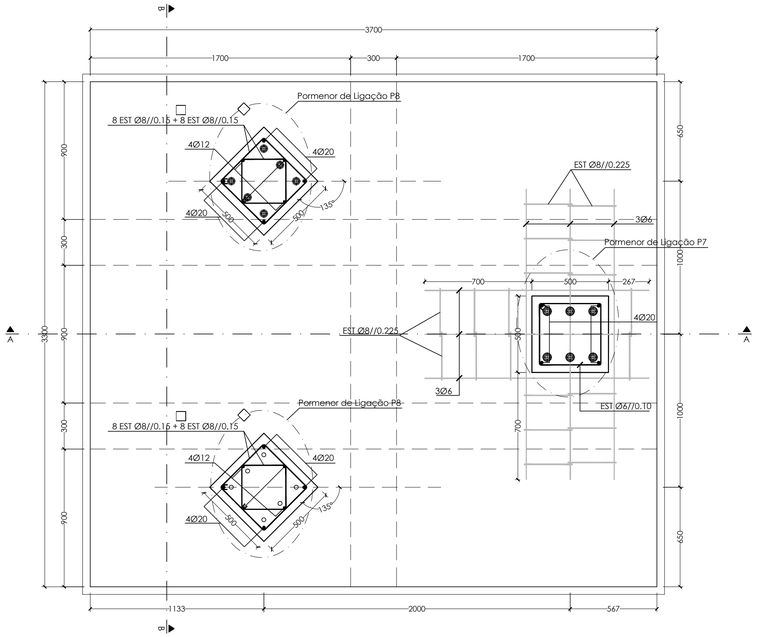
Escalas: 1:20

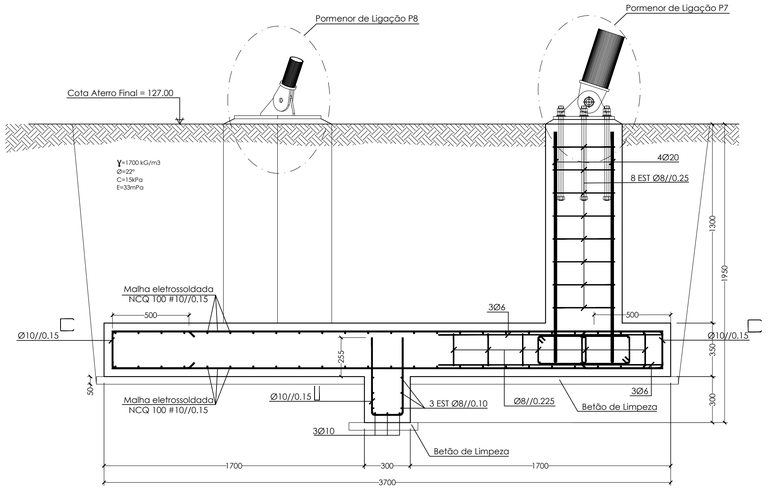
2019.EM-MFA-DE05V00

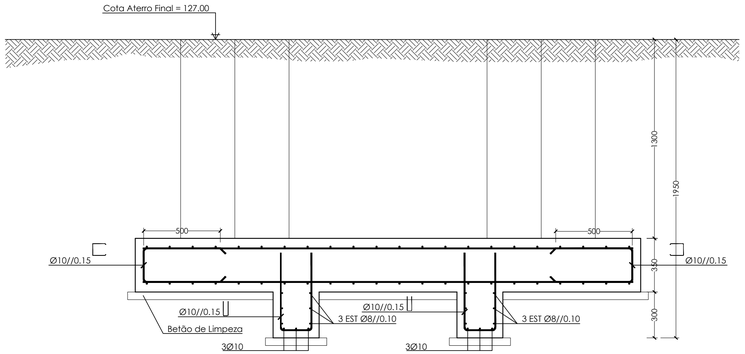
Nº de folhas: 02/03

Fundação S05

Escala 1:20







NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milimetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
4 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC [zero graus]. Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC [1 grau negativo];
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abaixamento [Consistência]	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
Regularização	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D_{max} 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	XS1/XC2	Cl.0.2/Cl.0.4	D_{max} **22**	**S2/S3**	**50**	LNEC E464-2007

Betões	
	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição especifica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé

Projectou: Micael Costa

Desenhou: Micael Costa, Diogo Cerqueira

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

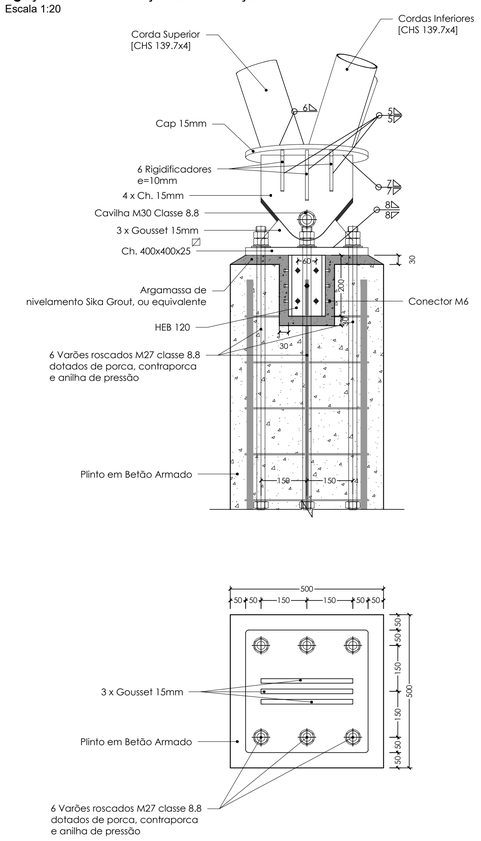
Definição de Armaduras
Fundações

Escalas: 1:20

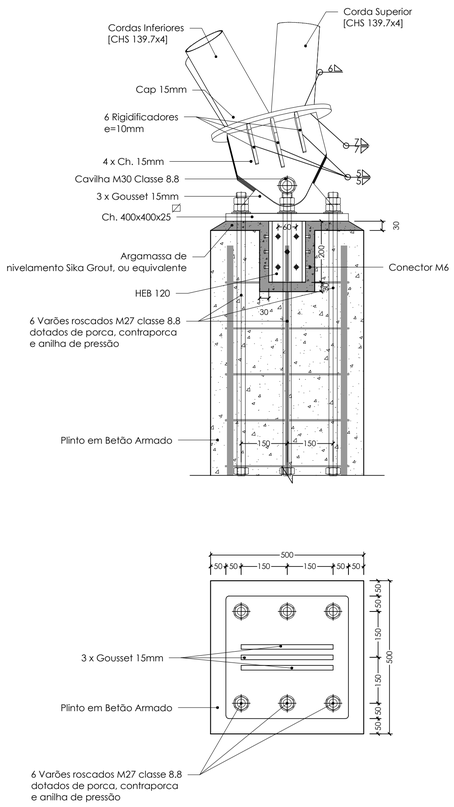
2019.EM-MFA-DE05V00

Nº de folhas: 03/03

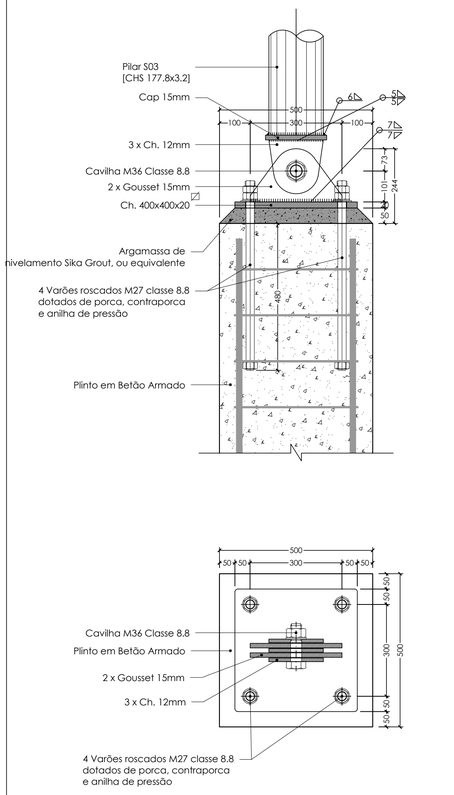
Pormenor de Ligação P1
Ligação em Asnas Treliçadas à Fundação S01
Escala 1:20



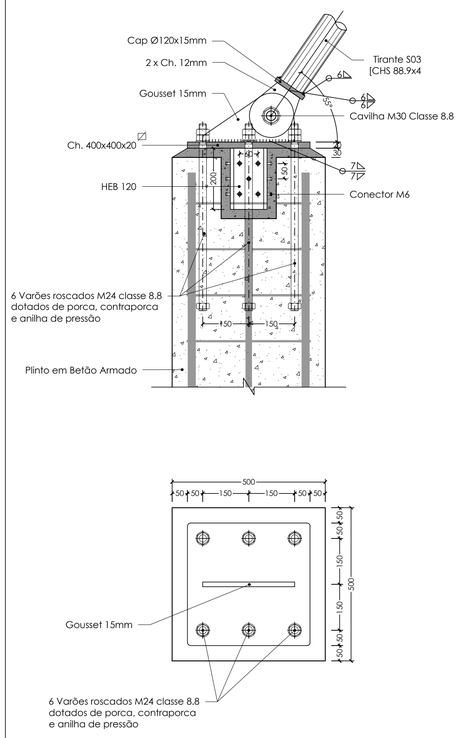
Pormenor de Ligação P2
Ligação em Asnas Treliçadas à Fundação S02
Escala 1:20



Pormenor de Ligação P3
Ligação em Pilares (Escoras) S03 à fundação S03
Escala 1:20



Pormenor de Ligação P4
Ligação em Tirantes S03 à fundação S03
Escala 1:20



NOTAS DE PROJECTO:

1 - As dimensões da presente peça desenhada estão expressas em milímetro;
2 - Todas as camadas de Aterro deverão ser compactadas, bem como todas as bases das zonas de Escavação;
3 - O Aterro será isento de Terra Vegetal e com densidade Volúmica maior ou igual a 1700 kG/m3.
3 - Não é permitido início de betonagem com temperaturas inferiores a 0ºC (zero graus). Adicionalmente, não é permitida a betonagem contra elementos com temperatura inferior a -1ºC (1 grau negativo);
4 - A superfície de contacto entre chapas de fixação e plintos de betão será preenchida com Sika Grout ou equivalente, mantendo uma superfície perfeitamente nivelada;
5 - As juntas de betonagem deverão ser rugosas de modo a promover a aderência entre as diferentes fases de betonagem;

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA	50 ANOS [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE ESTRUTURAL	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
CLASSE DE INSPECÇÃO	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
TOLERÂNCIAS	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [PONTO 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor máximo de cloretos	Máxima dimensão do agregado D_{max} [mm]	Classe de abaixamento (Consistência)	Recobrimento nominal C_{nom} [mm]	Valores limite de composição do betão
REGULARIZAÇÃO	EN 206-1	C12/15	X0	CL1.0	D_{max} 20	S2	--	LNEC E464-2007
Fundações	EN 206-1	C25/30	**XS1/XC2**	CL0.2/CL0.4	D_{max} **22**	**S2/S3**	**50**	LNEC E464-2007

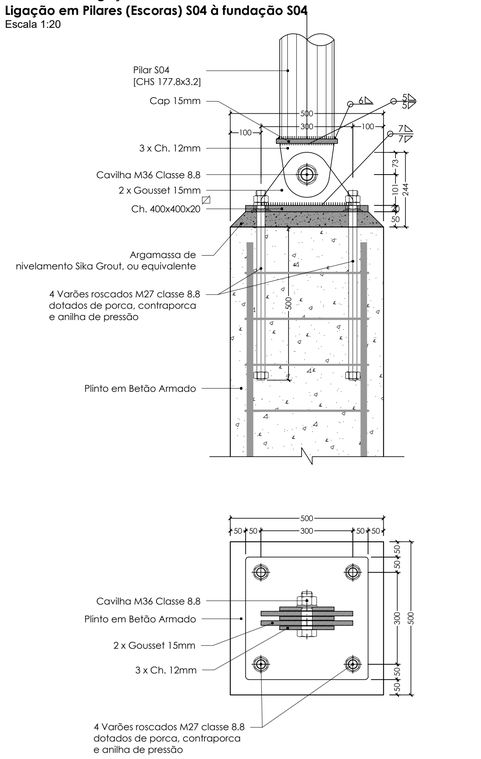
Betões	
	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006
	A ausência de definição especifica da classe de massa volumica, implica a utilização de betões de densidade corrente.
	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

QUADRO DE MATERAIS - AÇO

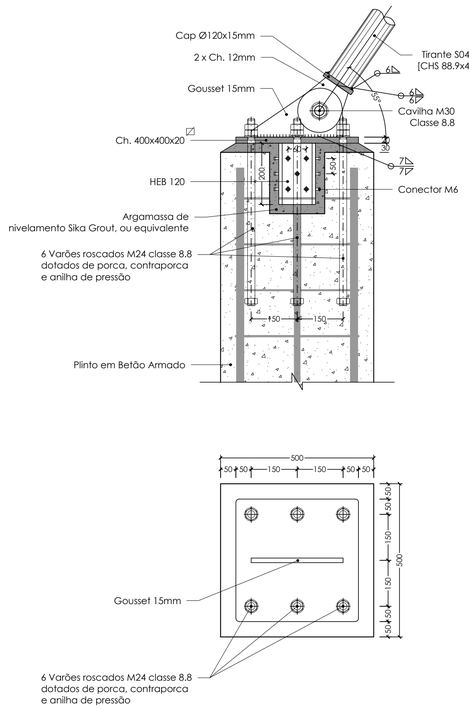
Armaduras Passivas	A500NR SD	[Possuidor de Marcação CE, conforme previsto no DL130/2013, de 10 de Setembro]
Armaduras Activas	Não Aplicável	
Aço Perfilado	S275JR	

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
	Não é permitido o ciclo de dobragem/desdobragem de varões em aço A400 e A500.	[ponto 6.3 - NP ENV 13670-1]
Cabos Aço	Strand 7x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
	Spiral Strand 1x19 AISI 316	[NP EN 1993-1-11]
Membrana	Serge Ferrari 1002 S2	

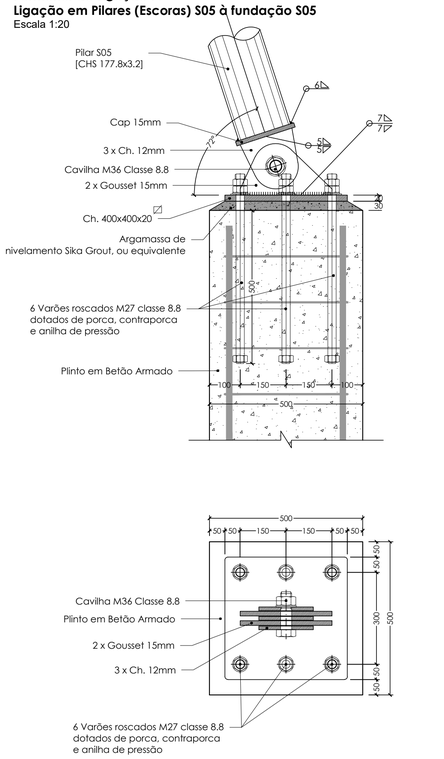
Pormenor de Ligação P5
Ligação em Pilares (Escoras) S04 à fundação S04
Escala 1:20



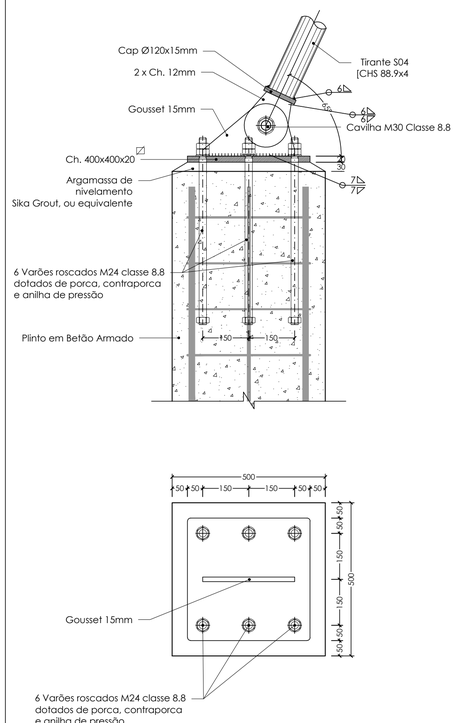
Pormenor de Ligação P6
Ligação em Tirantes S04 à fundação S04
Escala 1:20



Pormenor de Ligação P7
Ligação em Pilares (Escoras) S05 à fundação S05
Escala 1:20



Pormenor de Ligação P8
Ligação em Tirantes S05 à fundação S05
Escala 1:20



Quadro de Soldadura

Tipo de ligação	Detalhes e Simbologia		
Junta de Topo	e ≥ 6		e ≤ 6
		e ≥ 15	
Junta em "T"	$e_1 \leq 15$	$e_1 \leq 15$	$e_1 > 15$

Nota: Salvo indicação em contrário, devem utilizar-se cordões com 0.7 da menor espessura a soldar.

Símbolos suplementares

Solda a toda a volta | Solda em campo | perfil do cordão: plano, côncavo, convexo

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé
Projectou: Micael Costa
Desenhou: Micael Costa

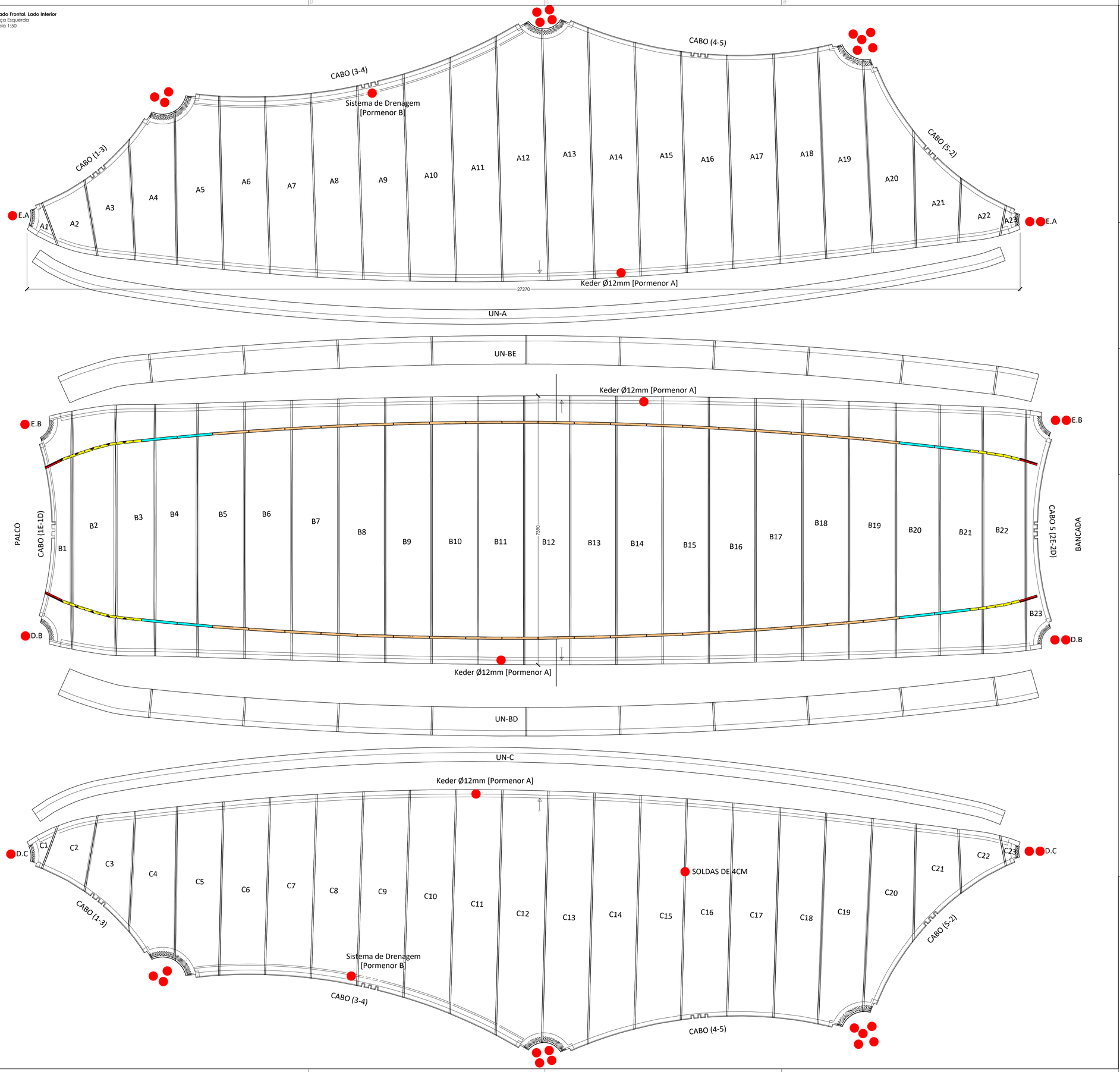
Pormenores
Ligações

Escalas: 1:10

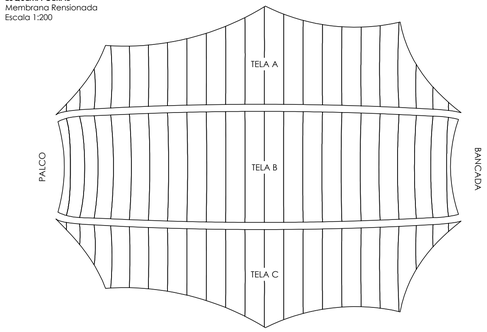
2019.EM-MFA-DE06V00

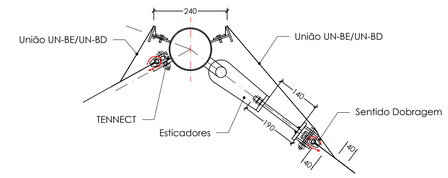
Nº de folhas: 01/01

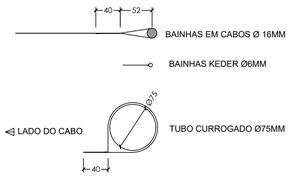
Alçado Frontal. Lado Interior
Treliça Esquerda
Escala 1:50



ESQUEMA GERAL
Membrana Rensionada
Escala 1:200







- TENNECT TIPO 1
- TENNECT TIPO 2
- TENNECT TIPO 3
- TENNECT TIPO 4

Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé

Projectou: Micael Costa

Desenhou: Micael Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

Definição de Formas
Estrutura Metálica, Asnas Treliçadas

Membrana Tensionada

Escalas: 1:50

2019.EM-MFA-DE07V00

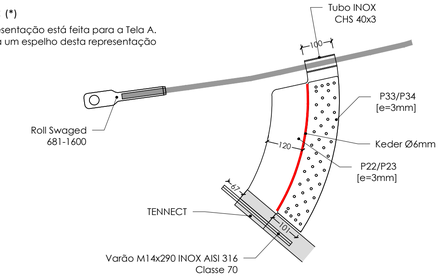
Nº de folhas: 01/01

LADOS CORRESPONDENTES

● E.A

● D.C (*)

(*) A representação está feita para a Tela A.
A tela C será um espelho desta representação

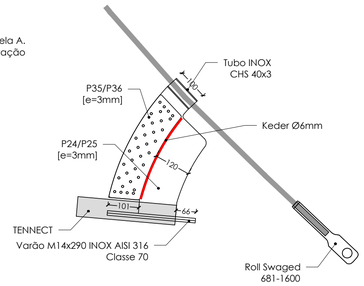


LADOS CORRESPONDENTES

●● E.A

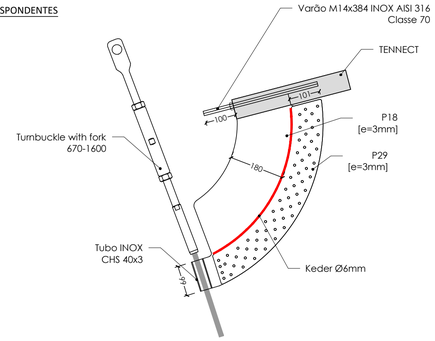
●● E.C (*)

(*) A representação está feita para a Tela A.
A tela C será um espelho desta representação



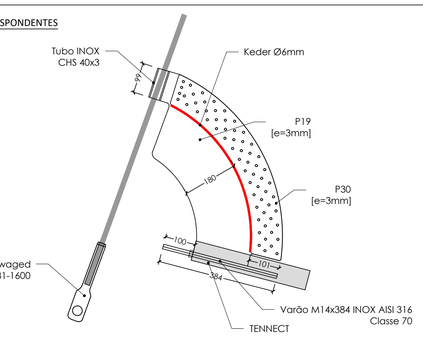
LADOS CORRESPONDENTES

● E.B



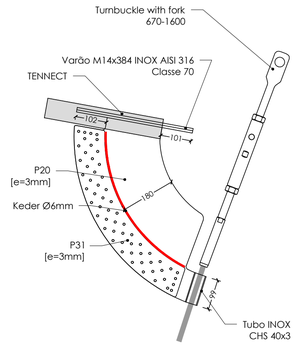
LADOS CORRESPONDENTES

● D.B



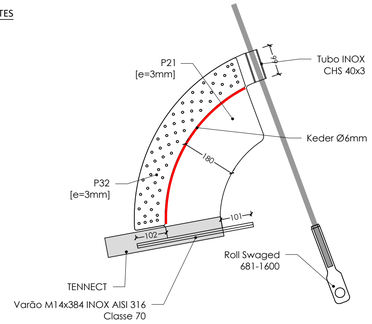
LADOS CORRESPONDENTES

●● E.B



LADOS CORRESPONDENTES

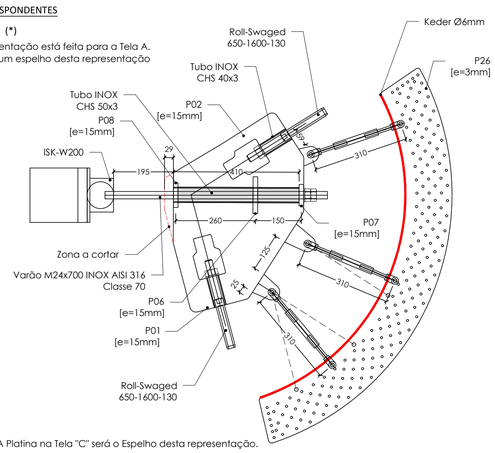
●● D.B



LADOS CORRESPONDENTES

●●● (*)

(*) A representação está feita para a Tela A.
A tela C será um espelho desta representação

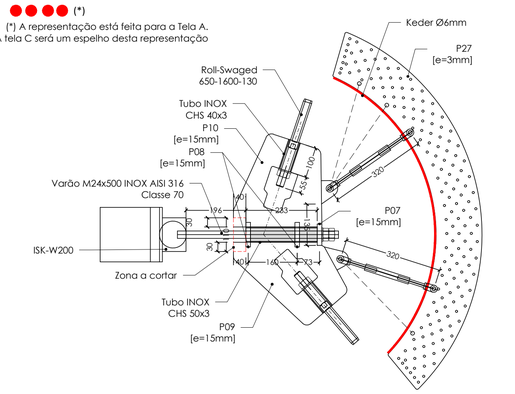


Atenção: A Platina na Tela "C" será o Espelho desta representação.

LADOS CORRESPONDENTES

●●●● (*)

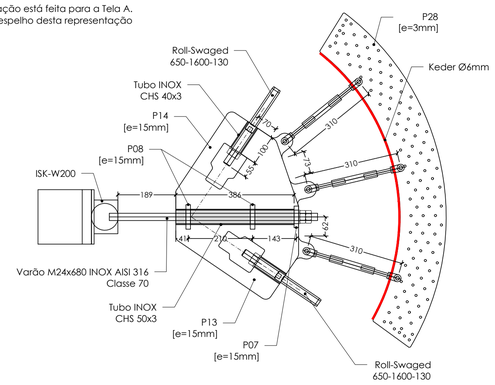
(*) A representação está feita para a Tela A.
A tela C será um espelho desta representação

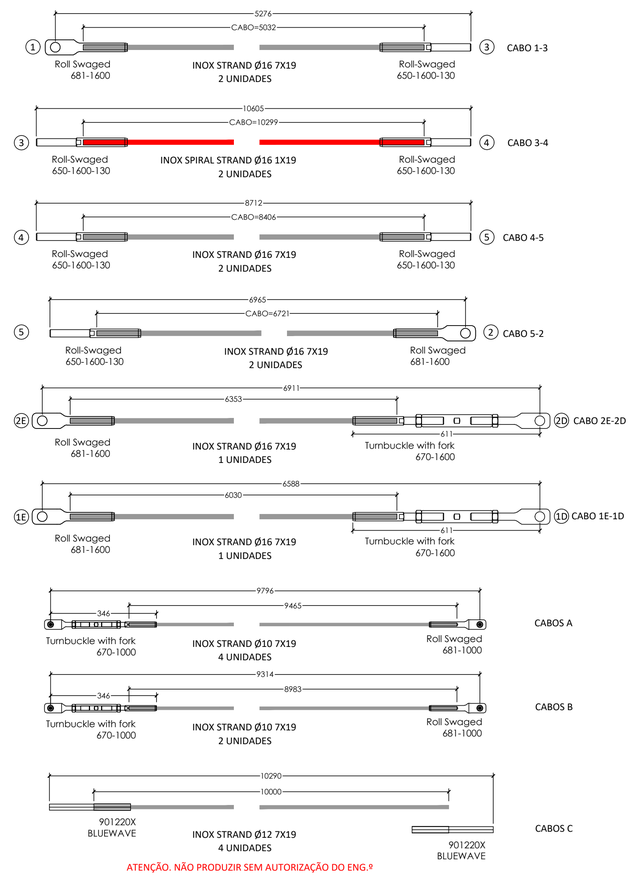


LADOS CORRESPONDENTES

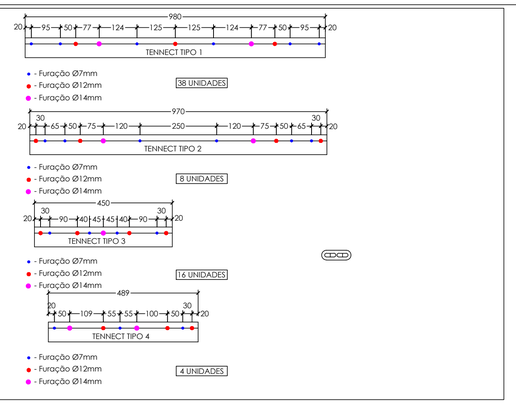
●●●● (*)

(*) A representação está feita para a Tela A.
A tela C será um espelho desta representação

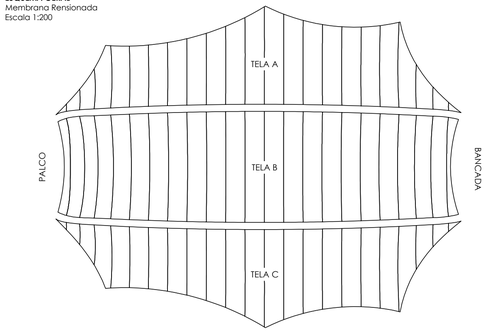




ATENÇÃO. NÃO PRODUZIR SEM AUTORIZAÇÃO DO ENG.º



ESQUEMA GERAL
Membrana Rensionada
Escala 1:200



Revisão nº	Data	Descrição das Alterações	Desenhou	Aprovou

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

FERREIRA DO ALENTEJO — No centro do que é importante

MUNICÍPIO DE FERREIRA DO ALENTEJO

Colaboração:

Aprovou: Paulo Tomé

Projectou: Micael Costa

Desenhou: Micael Costa

Estrutura de Cobertura
Jardim Municipal de Ferreira do Alentejo
PORTUGAL

Data: DEZ/2019

Definição de Formas
Estrutura Metálica, Asnas Treliçadas
Membrana Tensionada, Pormenores

Escalas: 1:10; 1:200

2019.EM-MFA-DE04V00

Nº de folhas: 02/02

ANEXO II – COMBINAÇÃO DE AÇÕES

COMBINAISONS D'ACTIONS																
Type	Combinaison	PP	Vent X+ Des. Type 1	Vent X+ Des. Type 2	Vent X+ Des. Type 3	Vent X+ Asc. Type 1	Vent X+ Asc. Type 2	Vent X+ Asc. Type 3	Vent Y+ Des. Type 1	Vent Y+ Des. Type 2	Vent Y+ Des. Type 3	Vent Y+ Asc. Type 1	Vent Y+ Asc. Type 2	Vent Y+ Asc. Type 3	TEMP VERAO	TEMP INV
A1	LC1	1.35	1.50													
	LC2	1.35		1.50												
	LC3	1.35			1.50											
	LC4	1.35				1.50										
	LC5	1.35					1.50									
	LC6	1.35						1.50								
	LC7	1.00							1.50							
	LC8	1.00								1.50						
	LC9	1.00									1.50					
	LC10	1.00										1.50				
	LC11	1.00											1.50			
	LC12	1.00												1.50		
	LC13	1.35													1.50	
	LC14	1.35														1.50
	LC15	1.35			1.50										0.90	
	LC16	1.35			1.50											0.90
	LC17	1.00						1.50							0.90	
	LC18	1.00						1.50								0.90
	LC19	1.35									1.50				0.90	
	LC20	1.35									1.50					0.90
	LC21	1.00												1.50	0.90	
	LC22	1.00												1.50		0.90
	LC23	1.35			0.90										1.50	
	LC24	1.35			0.90											1.50
	LC25	1.00						0.90							1.50	
	LC26	1.00						0.90								1.50
	LC27	1.35									0.90				1.50	
	LC28	1.35									0.90					1.50
	LC29	1.00												0.90	1.50	
	LC30	1.00												0.90		1.50

A2	**LC31**	1.00	1.30													
	LC32	1.00		1.30												
	LC33	1.00			1.30											
	LC34	1.00				1.30										
	LC35	1.00					1.30									
	LC36	1.00						1.30								
	LC37	1.00							1.30							
	LC38	1.00								1.30						
	LC39	1.00									1.30					
	LC40	1.00										1.30				
	LC41	1.00											1.30			
	LC42	1.00												1.30		
	LC43	1.00													1.30	
	LC44	1.00														1.30
	LC45	1.00			1.30										0.78	
	LC46	1.00			1.30											0.78
	LC47	1.00						1.30							0.78	
	LC48	1.00						1.30								0.78
	LC49	1.00									1.30				0.78	
	LC50	1.00									1.30					0.78
	LC51	1.00												1.30	0.78	
	LC52	1.00												1.30		0.78
	LC53	1.00			0.78										1.30	
	LC54	1.00			0.78											1.30
	LC55	1.00						0.78							1.30	
	LC56	1.00						0.78								1.30
	LC57	1.00									0.78				1.30	
	LC58	1.00									0.78					1.30
	LC59	1.00												0.78	1.30	
	LC60	1.00												0.78		1.30

SLS	**LC61**	1.00	1.00													
	LC62	1.00		1.00												
	LC63	1.00			1.00											
	LC64	1.00				1.00										
	LC65	1.00					1.00									
	LC66	1.00						1.00								
	LC67	1.00							1.00							
	LC68	1.00								1.00						
	LC69	1.00									1.00					
	LC70	1.00										1.00				
	LC71	1.00											1.00			
	LC72	1.00												1.00		
	LC73	1.00													1.00	
	LC74	1.00														1.00
	LC75	1.00			1.00										0.60	
	LC76	1.00			1.00											0.60
	LC77	1.00						1.00							0.60	
	LC78	1.00						1.00								0.60
	LC79	1.00									1.00				0.60	
	LC80	1.00									1.00					0.60
	LC81	1.00												1.00	0.60	
	LC82	1.00												1.00		0.60
	LC83	1.00			0.60										1.00	
	LC84	1.00			0.60											1.00
	LC85	1.00						0.60							1.00	
	LC86	1.00						0.60								1.00
	LC87	1.00									0.60				1.00	
	LC88	1.00									0.60					1.00
	LC89	1.00												0.60	1.00	
	LC90	1.00												0.60		1.00

ANEXO III – RESULTADOS DE CÁLCULO. SUPERESTRUTURA E INFRAESTRUTURA

DIMENSIONAMENTO DE CABOS DE AÇO INOX AISI 316 - EN 1993-1-11

CABLE	TYPE	Eq [kN/mm2]	Fed [kN]	DIAM. [mm]	GamaR	Fill Factor f	Am [m2]	Dm [m]	Peso/m [kg]	MÍNIMUM STRENGHT GRADE N/mm2	K	ke	Fmin [kN]	Fuk [kN]	GamaM	Frd	Rácio	STATUS
1	STRAND 7X19	90	96.3	16	0.9	0.56	0.00	0.01	0.01	1570.00	0.36	0.90	145.50	130.95	1.50	97.00	1.01	OK
2	STRAND 7X19	90	95	16	0.9	0.56	0.00	0.01	0.01	1570.00	0.36	0.90	145.50	130.95	1.50	97.00	1.02	OK
3	SPIRAL STRAND 1X19	130	140	16	0.9	0.76	0.00	0.01	0.01	1570.00	0.53	0.90	211.01	189.91	1.50	140.67	1.00	OK
4	STRAND 7X19	90	96.8	16	0.9	0.56	0.00	0.01	0.01	1570.00	0.36	0.90	145.50	130.95	1.50	97.00	1.00	OK
5	STRAND 7X19	90	96	16	0.9	0.56	0.00	0.01	0.01	1570.00	0.36	0.90	145.50	130.95	1.50	97.00	1.01	OK
6	STRAND 7X19	90	94	16	0.9	0.56	0.00	0.01	0.01	1570.00	0.36	0.90	145.50	130.95	1.50	97.00	1.03	OK
7	STRAND 7X19	90	39	12	1	0.56	0.00	0.01	0.01	1570.00	0.36	0.90	81.84	73.66	1.50	49.10	1.26	OK
8	STRAND 7X19	90	4	10	1	0.56	0.00	0.01	0.00	1570.00	0.36	0.90	56.83	51.15	1.50	34.10	8.53	OK

CORDA SUPERIOR													
RESISTÊNCIA MECÂNICA													
Info	**X m**	**F kN**	**Fvy kN**	**Fvz kN**	**My kN m**	**Mz kN m**	**Class**	**P kN**	**Pvy kN**	**Pvz kN**	**Mry kN m**	**Mrz kN m**	**SF**
Beam Group Code:9994 CHS_139.7x3: NL:LC16 OK	11.50	-257.00	-1.49	3.09	-1.55	-0.27	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	1.13
Beam Group Code:9995 CHS_139.7x4: NL:LC22 OK	0.00	-170.00	8.98	-1.73	-1.66	-3.67	class 1	447.00	157.00	157.00	19.30	19.30	1.52
Beam Group Code:9996 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	2.00	294.00	0.15	0.71	1.88	0.75	class 1	447.00	160.00	160.00	19.30	19.30	1.26
Beam Group Code:9997 CHS_139.7x3: NL:LC16 OK	11.50	-258.00	1.49	3.08	-1.55	0.27	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	1.13
Beam Group Code:9998 CHS_139.7x4: NL:LC22 OK	0.00	-170.00	-8.96	-1.66	-1.66	3.68	class 1	447.00	157.00	157.00	19.30	19.30	1.52
Beam Group Code:9999 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	2.00	294.00	-0.14	0.71	1.88	-0.76	class 1	447.00	160.00	160.00	19.30	19.30	1.26
Beam Code:848 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	1.86	114.00	0.28	-0.84	0.82	0.28	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	3.21
Beam Code:849 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	0.00	93.10	1.04	0.73	-0.81	1.18	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	3.21
Beam Code:850 CHS_139.7x4: NL:LC19 OK	0.50	96.70	-3.48	4.53	-1.35	-1.03	class 1	447.00	164.00	164.00	19.30	19.30	2.94
Beam Code:851 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	0.00	92.60	-1.04	0.73	-0.81	-1.17	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	3.23
Beam Code:852 CHS_139.7x4: NL:LC22 OK	0.00	-49.90	6.68	5.38	-1.42	3.60	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	2.69
Beam Code:853 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	0.00	212.00	-2.19	-0.25	-0.29	1.94	class 1	447.00	164.00	164.00	19.30	19.30	1.69
Beam Code:854 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	0.00	212.00	2.18	-0.25	-0.28	-1.94	class 1	447.00	164.00	164.00	19.30	19.30	1.69
Beam Code:855 CHS_139.7x4: NL:LC22 OK	0.00	-50.10	-6.65	5.34	-1.42	-3.58	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	2.69
Beam Code:856 CHS_139.7x4: NL:LC19 OK	0.00	96.30	3.49	4.54	-1.37	1.04	class 1	447.00	164.00	164.00	19.30	19.30	2.94
Beam Code:857 CHS_139.7x4: NL:LC15 OK	1.86	113.00	-0.28	-0.84	0.82	-0.28	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	3.22

ENCURVADURA																		
Info	**Ly m**	**Lz m**	**Ned kN**	**My,ed kN m**	**Mz,ed kN m**	**Class**	**Nrk kN**	**My,rk kN m**	**Mz,rk kN m**	**Ym1**	**Chi_y**	**Chi_z**	**Chi_lt**	**Kyy**	**Kyz**	**Kzz**	**Kzy**	**Min SF**
Flexural buckling Beam Group Code:9994:CHS_139.7x3 NL:LC16 OK	1.00	1.00	-257.00	-1.55	1.06	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.99	0.99	1.00	0.41	0.25	0.41	0.25	1.20
Flexural buckling Beam Group Code:9995:CHS_139.7x4 NL:LC22 OK	1.00	1.00	-173.00	-1.66	-3.67	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.59	0.31	0.51	0.35	1.93
Flexural buckling Beam Group Code:9996:CHS_139.7x4 NL:LC18 OK	1.00	1.00	-197.00	-1.04	-3.98	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.68	0.34	0.56	0.41	1.71

Flexural buckling Beam Group Code:9997:CHS_139.7x3 NL:LC16 OK	1.00	1.00	-258.00	-1.55	-1.06	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.99	0.99	1.00	0.41	0.25	0.41	0.25	1.20
Flexural buckling Beam Group Code:9998:CHS_139.7x4 NL:LC18 OK	1.00	1.00	-173.00	-1.66	3.68	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.61	0.31	0.51	0.36	1.93
Flexural buckling Beam Group Code:9999:CHS_139.7x4 NL:LC22 OK	1.00	1.00	-197.00	-1.04	3.99	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.69	0.34	0.56	0.42	1.71
Flexural buckling Beam Code:848:CHS_139.7x4 NL:LC18 OK	1.00	1.00	-57.60	-0.34	0.25	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.60	0.30	0.50	0.36	6.91
Flexural buckling Beam Code:849:CHS_139.7x4 NL:LC4 OK	1.00	1.00	-61.00	0.16	-0.37	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.57	0.35	0.59	0.34	6.58
Flexural buckling Beam Code:850:CHS_139.7x4 NL:LC4 OK	1.00	1.00	-61.40	0.66	0.35	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.43	0.24	0.40	0.26	6.34
Flexural buckling Beam Code:851:CHS_139.7x4 NL:LC4 OK	1.00	1.00	-60.90	0.16	0.37	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.57	0.35	0.59	0.34	6.59
Flexural buckling Beam Code:852:CHS_139.7x4 NL:LC22 OK	1.00	1.00	-49.90	-1.42	3.60	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.40	0.38	0.63	0.24	4.03
Flexural buckling Beam Code:853:CHS_139.7x4 NL:LC18 OK	1.00	1.00	-105.00	2.80	-2.58	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.56	0.33	0.55	0.34	2.77
Flexural buckling Beam Code:854:CHS_139.7x4 NL:LC18 OK	1.00	1.00	-105.00	2.81	2.58	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.56	0.33	0.55	0.34	2.76
Flexural buckling Beam Code:855:CHS_139.7x4 NL:LC22 OK	1.00	1.00	-50.10	-1.42	-3.58	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.40	0.38	0.63	0.24	4.03
Flexural buckling Beam Code:856:CHS_139.7x4 NL:LC4 OK	1.00	1.00	-61.30	0.66	-0.36	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.44	0.24	0.40	0.26	6.34
Flexural buckling Beam Code:857:CHS_139.7x4 NL:LC18 OK	1.00	1.00	-57.60	-0.34	-0.25	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.60	0.30	0.50	0.36	6.92

CORDAS INFERIORES													
RESISTÊNCIA MECÂNICA													
Info	**X m**	**F kN**	**Fvy kN**	**Fvz kN**	**My kN m**	**Mz kN m**	**Class**	**P kN**	**Pvy kN**	**Pvz kN**	**Mry kN m**	**Mrz kN m**	**SF**
Beam Group Code:99999	3.79	-227.00	-0.45	1.77	3.32	1.24	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	1.34
Beam Group Code:999991	2.41	-293.00	0.54	-1.03	3.91	0.84	class 1	447.00	155.00	155.00	19.30	19.30	1.11
Beam Group Code:999992	3.41	-171.00	0.60	0.34	2.29	0.92	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	1.82
Beam Group Code:999993	2.41	-244.00	-0.16	-0.04	3.23	0.56	class 1	447.00	158.00	158.00	19.30	19.30	1.35
Beam Group Code:999994	2.74	-228.00	-1.43	4.24	3.31	-0.08	class 1	447.00	156.00	156.00	19.30	19.30	1.46
Beam Group Code:999995	1.75	176.00	-3.05	-2.28	-2.05	0.39	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	1.92
Beam Group Code:999996	4.45	-293.00	-0.54	-1.03	3.91	-0.84	class 1	447.00	155.00	155.00	19.30	19.30	1.11
Beam Group Code:999997	3.79	-227.00	0.45	1.77	3.32	-1.24	class 1	447.00	163.00	163.00	19.30	19.30	1.34
Beam Group Code:999998	20.30	-146.00	2.30	-1.34	1.34	1.32	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	1.63
Beam Group Code:999999	0.00	-192.00	2.18	0.16	0.50	1.30	class 2	337.00	117.00	117.00	14.70	14.70	1.44
Beam Group Code:9999991	20.30	-192.00	-2.18	0.16	0.50	-1.30	class 2	337.00	117.00	117.00	14.70	14.70	1.44
Beam Group Code:9999992 CHS_139.7x3: NL:LC19 OK	0.00	-146.00	-2.30	-1.34	1.34	-1.32	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	1.63

ENCURVADURA																		
Info	**Ly m**	**Lz m**	**Ned kN**	**My,ed kN m**	**Mz,ed kN m**	**Class**	**Nrk kN**	**My,rk kN m**	**Mz,rk kN m**	**Ym1**	**Chi_y**	**Chi_z**	**Chi_lt**	**Kyy**	**Kyz**	**Kzz**	**Kzy**	**Min SF**
Code:99999:CHS_139.7x4 NL:LC20	1.00	1.00	-235.00	3.33	2.24	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.82	0.34	0.56	0.49	1.41
Code:999991:CHS_139.7x4 NL:LC15	1.00	1.00	-293.00	4.04	2.60	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.58	0.25	0.41	0.35	1.23
Code:999992:CHS_139.7x4 NL:LC20	1.00	1.00	-171.00	2.85	1.10	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.58	0.33	0.54	0.35	2.04
Code:999993:CHS_139.7x4 NL:LC15	1.00	1.00	-244.00	3.75	1.74	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.41	0.61	1.02	0.25	1.45
Code:999994:CHS_139.7x4 NL:LC15	1.00	1.00	-228.00	3.31	-1.55	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.41	0.25	0.41	0.25	1.66
Code:999995:CHS_139.7x4 NL:LC20	1.00	1.00	-151.00	2.60	-1.09	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.98	0.33	0.54	0.59	2.04
Code:999996:CHS_139.7x4 NL:LC15	1.00	1.00	-293.00	4.04	-2.61	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.60	0.61	1.02	0.36	1.14
Code:999997:CHS_139.7x4 NL:LC15	1.00	1.00	-243.00	3.03	-2.31	class 1	469.00	20.30	20.30	1.05	0.99	0.99	1.00	0.41	0.56	0.94	0.25	1.43
Code:999998:CHS_139.7x3 NL:LC20	1.00	1.00	-144.00	1.30	1.26	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.99	0.99	1.00	0.58	0.34	0.56	0.35	1.96
Code:999999:CHS_139.7x3 NL:LC15	1.00	1.00	-192.00	1.31	1.30	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.99	0.99	1.00	1.01	0.37	0.61	0.60	1.44
Code:9999991:CHS_139.7x3	1.00	1.00	-192.00	1.31	-1.30	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.99	0.99	1.00	0.86	0.27	0.45	0.51	1.48
Flexural buckling Beam Group Code:9999992:CHS_139.7x3 NL:LC19 OK	1.00	1.00	-146.00	1.34	-1.32	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.99	0.99	1.00	0.57	0.40	0.66	0.34	1.90

TRELICAS													
RESISTÊNCIA MECÂNICA													
Info	X m	F kN	Fvy kN	Fvz kN	My kN m	Mz kN m	Class	P kN	Pvy kN	Pvz kN	Mry kN m	Mrz kN m	SF
Beam Code:280 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-26.00	0.19	0.10	-0.09	0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.79
Beam Code:281 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-22.60	0.02	0.09	0.05	-0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	5.14
Beam Code:282 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-45.40	0.30	-0.12	-0.14	-0.13	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	2.34
Beam Code:283 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	25.00	-0.13	0.11	0.08	0.07	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.25
Beam Code:284 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-62.40	0.24	0.44	0.22	-0.20	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	1.65
Beam Code:285 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.12	-21.10	-0.27	-0.24	-0.15	0.17	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.67
Beam Code:286 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.00	2.81	-0.17	-0.19	-0.11	0.09	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	10.42
Beam Code:287 CHS_60x3: NL:LC18 OK	1.12	17.00	0.11	0.28	0.16	-0.06	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	4.80
Beam Code:288 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.00	-2.22	0.17	0.07	0.03	-0.08	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	16.99
Beam Code:289 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	50.10	0.31	-0.22	0.16	0.18	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.05
Beam Code:290 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-78.10	0.27	-0.68	0.35	0.20	class 1	141.00	50.00	50.00	2.56	2.56	1.29
Beam Code:291 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-26.40	0.16	0.15	-0.12	0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.63
Beam Code:292 CHS_60x3: NL:LC19 OK	0.00	57.90	0.07	0.40	-0.28	0.04	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	1.86
Beam Code:293 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-30.00	-0.13	-0.20	0.10	-0.12	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	3.36
Beam Code:294 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.39	20.90	0.04	0.03	-0.05	-0.03	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	5.66
Beam Code:295 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-44.70	-0.31	-0.11	-0.13	0.13	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	2.38
Beam Code:296 CHS_60x3: NL:LC2 OK	0.00	-18.60	0.02	-0.01	-0.03	-0.04	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	6.24
Beam Code:297 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.00	-5.47	0.02	0.19	0.08	-0.01	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	13.24
Beam Code:298 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.12	-32.50	-0.16	0.44	0.24	0.10	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	2.73
Beam Code:299 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-41.80	0.28	0.10	-0.11	0.17	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.47
Beam Code:300 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.22	43.60	-0.22	0.38	0.29	0.13	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	2.12
Beam Code:301 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	56.70	0.27	0.32	0.23	-0.15	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	1.82
Beam Code:302 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	31.70	-0.08	0.19	0.11	0.05	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	3.48
Beam Code:303 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-44.50	-0.29	0.04	0.03	0.20	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	2.48
Beam Code:304 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	2.97	0.18	0.07	-0.05	0.09	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	13.36
Beam Code:305 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	37.60	0.08	0.26	0.16	-0.05	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.85
Beam Code:306 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.39	-17.50	0.06	0.06	0.06	-0.02	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	6.36
Beam Code:307 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.19	19.50	-0.05	0.38	-0.28	-0.04	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	3.78
Beam Code:308 CHS_60x3: NL:LC18 OK	1.28	4.47	-0.20	-0.11	0.06	-0.15	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	8.62

Beam Code:309 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	36.80	0.11	0.06	0.02	-0.07	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.35
Beam Code:310 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.19	59.20	0.47	0.35	-0.21	0.36	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	1.55
Beam Code:311 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-32.40	-0.03	0.09	0.11	-0.04	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.47
Beam Code:312 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.39	22.20	-0.08	-0.02	-0.05	-0.06	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	4.93
Beam Code:313 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	23.80	0.10	0.09	-0.05	0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.57
Beam Code:314 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-33.20	0.21	-0.12	-0.09	-0.13	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.10
Beam Code:315 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.12	13.60	-0.01	-0.29	-0.18	0.00	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	5.93
Beam Code:316 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-37.30	-0.11	-0.27	0.13	-0.11	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.79
Beam Code:317 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-47.80	-0.32	-0.10	-0.10	0.19	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.20
Beam Code:318 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	23.40	-0.12	0.05	0.03	0.06	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.96
Beam Code:319 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	15.40	-0.14	0.07	-0.12	-0.18	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	4.45
Beam Code:320 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-43.60	-0.26	0.12	0.07	0.17	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	2.48
Beam Code:321 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-71.20	-0.43	0.10	-0.12	-0.24	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	1.54
Beam Code:322 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-27.10	-0.03	0.10	0.06	0.05	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.25
Beam Code:323 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	38.20	0.25	0.10	0.04	-0.14	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	2.91
Beam Code:324 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.12	-18.40	0.05	-0.26	-0.19	-0.02	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.75
Beam Code:325 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	-17.90	-0.01	-0.02	-0.05	0.04	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	6.17
Beam Code:326 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-37.50	-0.27	0.12	-0.12	-0.12	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	2.76
Beam Code:327 CHS_60x3: NL:LC19 OK	0.00	-1.54	-0.08	-0.33	-0.22	0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	8.60
Beam Code:328 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	6.54	0.18	0.13	-0.08	0.09	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	8.69
Beam Code:329 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-27.40	-0.19	0.09	-0.09	-0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.69
Beam Code:330 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	56.60	-0.27	0.32	0.23	0.15	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	1.82
Beam Code:331 CHS_60x3: NL:LC16 OK	0.00	-48.70	0.15	0.14	-0.13	0.11	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.28
Beam Code:332 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.22	45.00	0.27	0.07	0.09	-0.16	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	2.40
Beam Code:333 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	33.40	-0.40	-0.01	-0.02	-0.20	class 1	141.00	50.60	50.60	2.56	2.56	3.10
Beam Code:334 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.00	-1.74	-0.23	0.08	0.03	0.11	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	14.92
Beam Code:335 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-20.40	0.16	0.07	-0.08	0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	4.65
Beam Code:336 CHS_60x3: NL:LC5 OK	1.22	24.60	0.09	-0.14	0.09	0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.41
Beam Code:337 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-40.70	0.30	-0.05	-0.07	-0.18	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.58
Beam Code:338 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-26.10	-0.19	0.10	-0.09	-0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.78
Beam Code:339 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.20	32.60	-0.16	0.07	-0.07	-0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.31

Beam Code:340 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	-23.70	0.10	0.13	-0.10	0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.39
Beam Code:341 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.20	66.10	0.07	0.44	-0.30	0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	1.63
Beam Code:342 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-12.10	-0.37	0.01	0.01	-0.29	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	4.92
Beam Code:343 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-71.60	0.01	-0.41	0.24	-0.02	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	1.64
Beam Code:344 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	27.00	-0.09	0.11	-0.08	-0.06	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	4.08
Beam Code:345 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.00	-2.60	-0.18	0.05	0.02	0.09	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	17.01
Beam Code:346 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-20.40	-0.16	0.07	-0.08	-0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	4.66
Beam Code:347 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-28.20	0.19	-0.07	-0.08	-0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.66
Beam Code:348 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-62.40	0.41	0.00	-0.06	0.24	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	1.79
Beam Code:349 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	26.30	0.15	0.07	-0.05	0.13	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	3.92
Beam Code:350 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	40.80	-0.23	-0.18	0.12	-0.12	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.59
Beam Code:351 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-33.10	-0.11	0.23	0.12	0.09	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.16
Beam Code:352 CHS_60x3: NL:LC21 OK	0.00	7.23	-0.07	0.05	-0.04	-0.04	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	12.40
Beam Code:353 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-62.40	-0.41	0.00	-0.06	-0.24	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	1.79
Beam Code:354 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	27.80	-0.33	0.02	-0.01	0.19	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.66
Beam Code:355 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-72.30	0.49	0.02	-0.08	0.28	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	1.52
Beam Code:356 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-44.50	0.29	0.04	0.03	-0.20	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	2.48
Beam Code:357 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.22	-25.30	-0.07	0.17	-0.14	-0.03	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	4.06
Beam Code:358 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.21	-84.10	-0.04	-0.42	-0.28	0.04	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	1.39
Beam Code:359 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.00	-5.56	0.05	0.16	0.07	-0.03	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	12.88
Beam Code:360 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	32.30	-0.09	-0.23	-0.13	0.10	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	3.15
Beam Code:361 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	-23.80	-0.10	0.13	-0.10	-0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.38
Beam Code:362 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-71.60	-0.01	-0.41	0.24	0.02	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	1.64
Beam Code:363 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.11	-4.06	-0.25	0.33	0.18	0.15	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	6.32
Beam Code:364 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.27	-44.40	-0.25	0.14	0.18	0.12	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	2.32
Beam Code:365 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-23.70	-0.15	0.13	0.16	0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.72
Beam Code:366 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-27.40	0.05	-0.25	0.12	0.05	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	3.83
Beam Code:367 CHS_60x3: NL:LC2 OK	0.00	11.30	-0.05	-0.04	-0.03	-0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	9.33
Beam Code:368 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	39.40	-0.06	0.33	0.21	0.05	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.65
Beam Code:369 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	26.60	0.12	0.12	0.08	-0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.09
Beam Code:370 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-27.00	-0.19	0.12	-0.11	-0.12	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	3.55

Beam Code:371 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	-1.75	0.22	0.08	0.03	-0.11	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	14.92
Beam Code:372 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-30.50	-0.10	0.21	0.11	0.09	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.40
Beam Code:373 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	30.40	-0.16	-0.11	0.07	-0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	3.63
Beam Code:374 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	25.00	0.13	0.11	0.08	-0.07	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.25
Beam Code:375 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.19	59.20	-0.47	0.35	-0.21	-0.36	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	1.55
Beam Code:376 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	1.22	-0.21	-0.06	-0.04	0.11	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	15.35
Beam Code:377 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	24.80	0.09	-0.11	-0.06	-0.08	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.36
Beam Code:378 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-52.90	0.37	-0.02	-0.06	-0.22	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.07
Beam Code:379 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	24.50	0.11	0.09	-0.05	0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.44
Beam Code:380 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.12	-32.50	0.16	-0.44	0.24	0.10	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	2.73
Beam Code:381 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-17.90	0.09	0.09	0.09	-0.07	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	5.29
Beam Code:382 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	20.80	0.07	-0.01	-0.05	0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	5.28
Beam Code:383 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	-18.00	0.01	-0.02	-0.05	-0.04	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	6.17
Beam Code:384 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-27.40	-0.05	0.25	0.12	0.05	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	3.83
Beam Code:385 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	47.40	-0.22	-0.25	0.17	-0.12	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	2.22
Beam Code:386 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-26.30	-0.16	0.15	-0.12	-0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.64
Beam Code:387 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-61.20	-0.26	-0.34	0.17	-0.20	class 1	141.00	50.00	50.00	2.56	2.56	1.72
Beam Code:388 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-20.40	-0.12	0.12	0.06	0.08	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.97
Beam Code:389 CHS_60x3: NL:LC2 OK	0.00	-18.50	-0.02	-0.01	-0.03	0.04	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	6.26
Beam Code:390 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-34.10	0.25	0.08	-0.09	0.16	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.97
Beam Code:391 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	31.90	0.09	-0.23	-0.13	-0.09	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	3.19
Beam Code:392 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-20.40	0.06	0.07	0.05	-0.06	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	5.33
Beam Code:393 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.34	43.90	-0.19	-0.23	-0.18	0.14	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	2.29
Beam Code:394 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.19	-32.00	0.06	0.21	0.09	-0.08	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	3.40
Beam Code:395 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.00	1.90	0.23	-0.17	-0.10	-0.12	class 1	141.00	50.50	50.50	2.56	2.56	10.38
Beam Code:396 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-28.60	-0.19	-0.10	-0.10	0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.51
Beam Code:397 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-47.30	0.01	-0.19	0.12	0.04	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	2.50
Beam Code:398 CHS_60x3: NL:LC5 OK	1.19	64.00	0.33	-0.31	-0.17	-0.23	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	1.63
Beam Code:399 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	26.30	0.12	-0.11	0.08	0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.14
Beam Code:400 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-35.00	0.25	-0.09	-0.09	-0.15	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.89
Beam Code:401 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	26.20	0.13	-0.09	0.07	0.07	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.21

Beam Code:402 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	20.80	-0.17	0.07	0.03	0.10	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	5.01
Beam Code:403 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	3.61	-0.18	-0.29	0.14	-0.09	class 1	141.00	50.50	50.50	2.56	2.56	8.64
Beam Code:404 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.39	-29.50	-0.08	0.09	0.10	0.02	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	3.86
Beam Code:405 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.34	44.20	0.18	-0.22	-0.17	-0.14	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	2.30
Beam Code:406 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-35.00	0.11	0.24	0.12	-0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.99
Beam Code:407 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-24.60	-0.12	0.10	0.10	0.09	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.00
Beam Code:408 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-26.60	0.16	-0.14	-0.10	-0.11	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.69
Beam Code:409 CHS_60x3: NL:LC19 OK	0.00	-54.90	0.09	0.31	0.20	-0.05	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	2.05
Beam Code:410 CHS_60x3: NL:LC19 OK	0.00	-1.62	0.09	0.34	-0.23	0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	8.34
Beam Code:411 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-19.60	0.15	0.29	-0.21	0.09	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	3.93
Beam Code:412 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	36.30	-0.13	0.25	0.16	0.09	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	2.81
Beam Code:413 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-27.00	0.19	-0.11	-0.10	-0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.65
Beam Code:414 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.19	36.70	0.22	0.57	-0.41	0.16	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.08
Beam Code:415 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-22.90	-0.07	0.00	0.03	-0.08	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	4.87
Beam Code:416 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.39	-15.10	-0.02	-0.06	0.02	-0.02	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	8.04
Beam Code:417 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.00	-2.21	-0.17	0.07	0.03	0.08	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	17.00
Beam Code:418 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	24.60	-0.11	0.09	-0.05	-0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.42
Beam Code:419 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-28.60	-0.23	-0.07	-0.08	0.14	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.45
Beam Code:420 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	0.56	0.24	0.12	0.05	-0.12	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	14.21
Beam Code:421 CHS_60x3: NL:LC21 OK	0.00	8.24	-0.05	0.05	-0.04	-0.02	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	12.17
Beam Code:422 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	25.40	-0.12	0.10	0.07	0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.34
Beam Code:423 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	26.20	-0.13	-0.09	0.07	-0.07	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.22
Beam Code:424 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-60.10	0.40	-0.09	-0.11	-0.24	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	1.77
Beam Code:425 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-23.20	0.11	-0.15	0.07	0.08	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.48
Beam Code:426 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.12	-25.10	-0.07	0.46	-0.29	-0.03	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.32
Beam Code:427 CHS_60x3: NL:LC17 OK	1.00	-12.90	0.21	0.05	0.02	-0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	7.16
Beam Code:428 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	60.60	-0.40	0.31	0.22	0.23	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	1.66
Beam Code:429 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.27	-50.20	-0.23	0.08	0.13	0.13	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	2.19
Beam Code:430 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	36.80	-0.20	0.15	0.10	0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.92
Beam Code:431 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	47.50	0.22	-0.26	0.17	0.12	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	2.21
Beam Code:432 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	49.10	-0.29	0.23	0.17	0.16	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.11

Beam Code:433 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	24.30	-0.12	-0.11	0.08	-0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.41
Beam Code:434 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	24.80	-0.09	-0.11	-0.06	0.08	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.36
Beam Code:435 CHS_60x3: NL:LC22 OK	1.12	11.70	0.39	0.28	-0.16	0.25	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.12
Beam Code:436 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	2.59	0.26	-0.27	0.13	0.14	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	8.29
Beam Code:437 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.12	14.20	0.00	0.27	-0.17	-0.01	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	5.87
Beam Code:438 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	3.00	-0.18	0.07	-0.05	-0.09	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	13.27
Beam Code:439 CHS_60x3: NL:LC5 OK	1.19	-57.10	-0.35	0.34	-0.22	-0.21	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	1.74
Beam Code:440 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-27.60	0.17	0.13	-0.09	0.11	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.62
Beam Code:441 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.19	-80.50	0.10	-0.50	-0.36	-0.15	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	1.30
Beam Code:442 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.39	-15.80	-0.01	-0.05	0.02	-0.02	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	7.89
Beam Code:443 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-23.80	0.12	-0.15	0.07	0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.33
Beam Code:444 CHS_60x3: NL:LC5 OK	1.22	22.40	-0.08	-0.13	0.08	-0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.83
Beam Code:445 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.27	-44.30	0.25	0.14	0.17	-0.12	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	2.32
Beam Code:446 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-19.70	0.12	-0.12	0.06	0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	5.14
Beam Code:447 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-16.40	-0.23	0.00	0.01	-0.17	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	5.32
Beam Code:448 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	37.00	-0.11	0.06	0.03	0.07	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.32
Beam Code:449 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-34.90	-0.25	-0.09	-0.09	0.15	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.90
Beam Code:450 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.22	30.20	-0.22	-0.31	0.23	-0.12	class 1	141.00	50.60	50.60	2.56	2.56	2.84
Beam Code:451 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	60.60	0.40	0.31	0.22	-0.23	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	1.65
Beam Code:452 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-58.00	0.23	-0.33	0.16	0.19	class 1	141.00	50.10	50.10	2.56	2.56	1.82
Beam Code:453 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.11	-4.07	0.25	-0.33	0.18	0.15	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	6.32
Beam Code:454 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-59.90	-0.40	-0.09	-0.11	0.24	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	1.78
Beam Code:455 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	1.41	0.12	-0.21	0.10	0.06	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	13.90
Beam Code:456 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-27.50	0.03	0.14	0.15	0.03	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.75
Beam Code:457 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-40.60	-0.30	-0.05	-0.07	0.18	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.59
Beam Code:458 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-12.30	0.39	0.01	0.01	0.31	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	4.72
Beam Code:459 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	26.60	-0.12	0.12	0.08	0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.09
Beam Code:460 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-56.90	-0.36	0.10	-0.11	-0.21	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	1.88
Beam Code:461 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.19	36.80	-0.22	0.58	-0.41	-0.16	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.08
Beam Code:462 CHS_60x3: NL:LC5 OK	1.22	24.60	-0.09	-0.14	0.09	-0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.41
Beam Code:463 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.22	40.20	0.24	0.11	0.10	-0.13	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.66

Beam Code:464 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	40.90	0.23	-0.18	0.13	0.12	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.58
Beam Code:465 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-0.12	0.22	0.34	-0.23	0.14	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	6.91
Beam Code:466 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	41.30	0.28	0.04	-0.04	0.14	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	2.74
Beam Code:467 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	5.40	0.12	0.11	-0.07	0.06	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	11.11
Beam Code:468 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	3.66	0.22	0.09	-0.06	0.11	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	10.74
Beam Code:469 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	23.30	0.12	0.05	0.03	-0.06	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.98
Beam Code:470 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	44.70	-0.22	0.23	0.15	0.12	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.36
Beam Code:471 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-25.60	0.08	0.08	0.07	-0.07	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.25
Beam Code:472 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	22.20	-0.07	0.14	0.08	0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.87
Beam Code:473 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.19	31.90	0.05	0.37	0.24	0.02	class 1	141.00	49.80	49.80	2.56	2.56	3.02
Beam Code:474 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	30.10	0.08	-0.13	-0.09	-0.05	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.70
Beam Code:475 CHS_60x3: NL:LC17 OK	0.00	7.22	0.07	0.05	-0.04	0.04	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	12.42
Beam Code:476 CHS_60x3: NL:LC21 OK	1.39	-8.99	-0.05	0.07	0.04	0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	10.02
Beam Code:477 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	29.30	-0.10	-0.13	-0.06	0.10	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	3.68
Beam Code:478 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.20	14.90	0.14	0.06	-0.12	0.18	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	4.45
Beam Code:479 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	24.80	-0.14	0.06	-0.05	-0.12	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	4.17
Beam Code:480 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.00	2.51	-0.27	-0.26	0.12	-0.14	class 1	141.00	50.50	50.50	2.56	2.56	8.35
Beam Code:481 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.19	-44.20	-0.15	-0.30	0.15	-0.17	class 1	141.00	50.10	50.10	2.56	2.56	2.28
Beam Code:482 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-78.00	-0.27	-0.68	0.35	-0.20	class 1	141.00	50.00	50.00	2.56	2.56	1.30
Beam Code:483 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	22.20	0.07	0.13	0.08	-0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.88
Beam Code:484 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	23.80	-0.10	0.09	-0.05	-0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.56
Beam Code:485 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.00	-5.46	-0.02	0.19	0.08	0.01	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	13.25
Beam Code:486 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-22.70	-0.11	0.15	0.07	0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.52
Beam Code:487 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	20.80	0.17	0.07	0.03	-0.10	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	5.02
Beam Code:488 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	-22.00	0.09	0.12	-0.10	0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.71
Beam Code:489 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.39	22.20	0.08	-0.02	-0.05	0.06	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	4.95
Beam Code:490 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-28.00	-0.04	0.14	0.15	-0.03	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.72
Beam Code:491 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	19.70	-0.03	0.03	0.01	0.02	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	6.54
Beam Code:492 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-22.70	0.11	0.15	0.07	-0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.53
Beam Code:493 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	30.10	-0.09	0.07	-0.08	-0.07	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	3.69
Beam Code:494 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.39	24.70	-0.04	0.02	-0.05	0.02	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.87

Beam Code:495 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-29.60	-0.03	0.18	-0.14	0.02	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	3.65
Beam Code:496 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.19	-82.00	-0.03	-0.49	-0.37	0.08	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	1.32
Beam Code:497 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.19	30.90	0.02	-0.33	0.21	-0.05	class 1	141.00	50.10	50.10	2.56	2.56	3.10
Beam Code:498 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	38.20	-0.25	0.10	0.04	0.14	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	2.91
Beam Code:499 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-23.90	0.10	0.17	0.08	-0.07	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.35
Beam Code:500 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-30.10	-0.21	-0.11	-0.08	0.13	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.35
Beam Code:501 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.19	35.30	0.06	0.55	-0.38	0.05	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.39
Beam Code:502 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-27.00	0.03	0.10	0.06	-0.05	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.26
Beam Code:503 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-52.70	-0.36	-0.02	-0.06	0.22	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.07
Beam Code:504 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-22.70	-0.02	0.09	0.05	0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	5.11
Beam Code:505 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	5.43	-0.12	0.11	-0.07	-0.06	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	11.04
Beam Code:506 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.22	29.60	0.22	-0.31	0.23	0.12	class 1	141.00	50.60	50.60	2.56	2.56	2.87
Beam Code:507 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	25.70	-0.12	-0.04	-0.03	0.09	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.41
Beam Code:508 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	30.60	0.16	-0.11	0.07	0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	3.61
Beam Code:509 CHS_60x3: NL:LC22 OK	1.12	17.20	-0.11	-0.27	0.15	-0.06	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	4.89
Beam Code:510 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	37.40	0.29	0.09	0.03	-0.16	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.95
Beam Code:511 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.34	39.60	0.08	-0.24	-0.18	-0.05	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.68
Beam Code:512 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.19	-80.60	0.03	0.43	-0.31	-0.05	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	1.40
Beam Code:513 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	33.80	-0.12	0.21	0.13	0.07	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.16
Beam Code:514 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-27.40	0.19	0.09	-0.09	0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.69
Beam Code:515 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.21	-92.80	0.14	-0.46	-0.31	-0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	1.23
Beam Code:516 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.12	-20.80	0.28	0.27	-0.17	0.17	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.58
Beam Code:517 CHS_60x3: NL:LC2 OK	0.00	-2.17	0.23	0.05	0.01	-0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	15.31
Beam Code:518 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	41.30	-0.28	0.04	-0.04	-0.14	class 1	141.00	50.40	50.40	2.56	2.56	2.74
Beam Code:519 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-29.30	0.11	0.19	0.10	-0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.52
Beam Code:520 CHS_60x3: NL:LC2 OK	0.00	32.10	0.15	0.09	-0.08	0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	3.34
Beam Code:521 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-37.50	0.22	0.13	-0.09	0.14	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.82
Beam Code:522 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	25.90	-0.13	-0.08	0.06	-0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.33
Beam Code:523 CHS_60x3: NL:LC16 OK	0.00	-49.10	-0.18	0.14	-0.13	-0.12	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	2.24
Beam Code:524 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-22.90	-0.10	-0.15	0.07	-0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.50
Beam Code:525 CHS_60x3: NL:LC19 OK	0.00	-18.30	-0.04	-0.26	-0.18	0.01	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.83

Beam Code:526 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	27.90	0.09	-0.12	-0.06	-0.09	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	3.88
Beam Code:527 CHS_60x3: NL:LC2 OK	0.00	11.30	0.05	-0.04	-0.03	0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	9.34
Beam Code:528 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.12	-27.90	0.00	-0.24	0.13	0.01	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	3.92
Beam Code:529 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-19.70	-0.12	-0.12	0.06	-0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	5.13
Beam Code:530 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.11	-6.72	0.54	-0.38	0.20	0.32	class 1	141.00	50.00	50.00	2.56	2.56	3.99
Beam Code:531 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-32.50	0.03	0.10	0.12	0.03	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.43
Beam Code:532 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-25.70	-0.09	0.08	0.07	0.07	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.24
Beam Code:533 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	3.66	-0.22	0.09	-0.06	-0.11	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	10.72
Beam Code:534 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	28.70	0.15	-0.08	-0.05	-0.13	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	3.60
Beam Code:535 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-28.80	0.23	-0.07	-0.08	-0.14	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.43
Beam Code:536 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-24.10	-0.10	0.17	0.08	0.07	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.33
Beam Code:537 CHS_60x3: NL:LC5 OK	1.19	63.30	-0.33	-0.32	-0.18	0.24	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	1.63
Beam Code:538 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.00	2.66	0.16	-0.20	-0.11	-0.08	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	10.69
Beam Code:539 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-37.00	0.12	0.26	0.13	-0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.82
Beam Code:540 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	36.90	-0.18	-0.17	0.11	-0.09	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	2.93
Beam Code:541 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	23.80	0.10	0.12	0.08	-0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.56
Beam Code:542 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	25.90	0.13	-0.08	0.06	0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.33
Beam Code:543 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-25.10	-0.08	0.11	0.11	0.02	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.31
Beam Code:544 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-37.60	-0.12	0.26	0.13	0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.81
Beam Code:545 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.22	37.90	-0.22	0.10	0.09	0.12	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.83
Beam Code:546 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.39	-15.80	0.01	-0.05	0.02	0.02	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	7.91
Beam Code:547 CHS_60x3: NL:LC12 OK	1.12	14.50	-0.34	0.57	-0.34	-0.22	class 1	141.00	50.10	50.10	2.56	2.56	3.10
Beam Code:548 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-48.40	-0.34	0.05	-0.07	-0.20	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.22
Beam Code:549 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.00	-5.57	-0.05	0.16	0.07	0.03	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	12.85
Beam Code:550 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-68.50	0.23	-0.19	-0.17	-0.13	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	1.65
Beam Code:551 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	31.00	0.16	0.13	0.08	-0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	3.54
Beam Code:552 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.19	80.60	-0.22	0.55	-0.33	-0.18	class 1	141.00	50.10	50.10	2.56	2.56	1.29
Beam Code:553 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	10.90	-0.31	0.16	-0.11	-0.16	class 1	141.00	50.20	50.20	2.56	2.56	5.49
Beam Code:554 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-68.40	-0.23	-0.19	-0.17	0.13	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	1.65
Beam Code:555 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	49.20	0.29	0.23	0.17	-0.16	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.10
Beam Code:556 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-43.60	0.26	0.12	0.07	-0.17	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	2.48

Beam Code:557 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	37.00	0.18	-0.17	0.11	0.09	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	2.91
Beam Code:558 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.39	-24.00	0.07	0.00	0.04	0.08	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	4.64
Beam Code:559 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-35.10	-0.12	0.25	0.12	0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.97
Beam Code:560 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.00	1.73	-0.23	-0.17	-0.09	0.11	class 1	141.00	50.60	50.60	2.56	2.56	10.69
Beam Code:561 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-72.20	-0.49	0.02	-0.08	-0.28	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	1.53
Beam Code:562 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-28.50	-0.21	-0.07	-0.08	0.12	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.59
Beam Code:563 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-30.10	0.21	-0.11	-0.08	-0.13	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.35
Beam Code:564 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.12	-27.90	-0.29	0.40	-0.25	-0.18	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	2.73
Beam Code:565 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	49.90	-0.31	-0.22	0.16	-0.18	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	2.05
Beam Code:566 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-64.20	-0.37	-0.02	-0.09	0.22	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	1.73
Beam Code:567 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.39	-15.10	0.02	-0.06	0.02	0.02	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	8.06
Beam Code:568 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-16.60	0.23	0.06	0.04	-0.14	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	5.29
Beam Code:569 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	25.80	0.12	-0.04	-0.03	-0.09	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.38
Beam Code:570 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-28.70	0.19	-0.10	-0.10	-0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.51
Beam Code:571 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-47.30	-0.01	-0.19	0.12	-0.04	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	2.50
Beam Code:572 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	0.39	0.17	-0.07	-0.05	-0.08	class 1	141.00	50.60	50.60	2.56	2.56	18.65
Beam Code:573 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.19	28.30	-0.03	-0.31	0.21	0.04	class 1	141.00	50.20	50.20	2.56	2.56	3.36
Beam Code:574 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-71.20	0.43	0.10	-0.12	0.24	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	1.54
Beam Code:575 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.00	-2.49	0.08	0.12	0.05	-0.04	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	19.40
Beam Code:576 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	19.60	0.03	-0.03	0.01	0.02	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	6.55
Beam Code:577 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	29.80	-0.16	-0.09	-0.06	0.14	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	3.47
Beam Code:578 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.34	39.90	-0.07	-0.23	-0.18	0.05	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.69
Beam Code:579 CHS_60x3: NL:LC19 OK	0.00	-55.00	-0.08	0.33	0.21	0.05	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	2.04
Beam Code:580 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.22	40.60	-0.25	0.07	0.08	0.14	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.68
Beam Code:581 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-39.70	-0.27	0.07	0.04	0.17	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.75
Beam Code:582 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	25.20	0.12	0.09	0.06	-0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.45
Beam Code:583 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	28.30	0.34	0.04	0.00	-0.19	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.62
Beam Code:584 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-27.60	-0.17	0.13	-0.09	-0.11	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.63
Beam Code:585 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	44.70	0.22	0.23	0.15	-0.12	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.36
Beam Code:586 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	6.54	-0.18	0.14	-0.08	-0.09	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	8.67
Beam Code:587 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-41.70	-0.28	0.10	-0.11	-0.17	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.48

Beam Code:588 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-24.70	0.16	-0.12	-0.11	-0.09	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	3.93
Beam Code:589 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.21	-84.20	0.04	-0.42	-0.28	-0.04	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	1.38
Beam Code:590 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-48.50	0.34	0.05	-0.07	0.20	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.21
Beam Code:591 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	-30.10	0.09	0.09	0.11	-0.03	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	3.76
Beam Code:592 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.19	80.60	0.22	0.55	-0.33	0.18	class 1	141.00	50.10	50.10	2.56	2.56	1.29
Beam Code:593 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	27.40	-0.01	-0.02	-0.09	-0.02	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.21
Beam Code:594 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-43.10	-0.27	-0.01	-0.01	0.18	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	2.65
Beam Code:595 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	36.90	0.20	0.15	0.10	-0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.92
Beam Code:596 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-33.20	-0.21	-0.12	-0.09	0.13	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.11
Beam Code:597 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-27.00	-0.19	-0.11	-0.10	0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.65
Beam Code:598 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.22	43.10	-0.26	0.07	0.08	0.15	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.51
Beam Code:599 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.12	-19.70	-0.15	0.30	-0.21	-0.09	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	3.88
Beam Code:600 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.00	1.34	0.22	-0.06	-0.04	-0.11	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	14.53
Beam Code:601 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-64.40	0.37	-0.02	-0.09	-0.22	class 1	141.00	50.70	50.70	2.56	2.56	1.73
Beam Code:602 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	30.00	0.09	0.07	-0.08	0.07	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	3.69
Beam Code:603 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.12	-27.90	0.00	0.24	0.13	0.01	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	3.92
Beam Code:604 CHS_60x3: NL:LC12 OK	1.12	14.60	0.34	-0.57	-0.34	-0.22	class 1	141.00	50.10	50.10	2.56	2.56	3.09
Beam Code:605 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-48.00	0.32	-0.10	-0.10	-0.19	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.19
Beam Code:606 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-24.80	-0.17	0.11	-0.10	-0.10	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	3.90
Beam Code:607 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	8.00	0.22	-0.04	0.02	0.15	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	8.10
Beam Code:608 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.20	66.20	-0.07	0.44	-0.30	-0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	1.63
Beam Code:609 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-39.70	0.27	0.07	0.04	-0.17	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.75
Beam Code:610 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	37.40	-0.29	0.09	0.03	0.16	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	2.94
Beam Code:611 CHS_60x3: NL:LC5 OK	1.22	22.30	0.08	-0.13	0.08	0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.84
Beam Code:612 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.22	-28.70	0.04	-0.19	-0.16	-0.02	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.65
Beam Code:613 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.27	-50.70	0.24	0.08	0.13	-0.13	class 1	141.00	50.50	50.50	2.56	2.56	2.17
Beam Code:614 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.12	-25.10	0.07	-0.46	-0.29	-0.03	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	3.32
Beam Code:615 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.39	24.70	0.04	0.02	-0.05	-0.02	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.89
Beam Code:616 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-57.00	0.36	0.10	-0.11	0.21	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	1.88
Beam Code:617 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-23.90	-0.12	-0.15	0.07	-0.08	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.33
Beam Code:618 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	35.50	-0.13	0.23	-0.13	-0.11	class 1	141.00	50.20	50.20	2.56	2.56	2.91

Beam Code:619 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-28.20	-0.19	-0.07	-0.08	0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.66
Beam Code:620 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	34.00	-0.06	0.33	-0.18	-0.09	class 1	141.00	49.80	49.80	2.56	2.56	2.90
Beam Code:621 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-24.70	-0.16	-0.12	-0.11	0.09	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	3.93
Beam Code:622 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.00	0.92	-0.29	0.09	-0.06	-0.15	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	11.63
Beam Code:623 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	3.92	-0.15	0.03	-0.03	-0.07	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	14.73
Beam Code:624 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-24.60	0.12	0.10	0.10	-0.09	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.01
Beam Code:625 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-29.60	0.07	-0.15	-0.12	-0.09	class 1	141.00	49.90	49.90	2.56	2.56	3.45
Beam Code:626 CHS_60x3: NL:LC21 OK	1.39	-8.97	0.05	0.07	0.04	-0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	10.04
Beam Code:627 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-32.20	0.21	0.10	-0.07	0.14	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	3.21
Beam Code:628 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.19	-42.30	0.12	-0.28	0.14	0.15	class 1	141.00	50.20	50.20	2.56	2.56	2.42
Beam Code:629 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.00	3.54	0.18	-0.30	0.14	0.09	class 1	141.00	50.50	50.50	2.56	2.56	8.61
Beam Code:630 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.00	36.10	0.12	0.24	-0.13	0.11	class 1	141.00	50.20	50.20	2.56	2.56	2.86
Beam Code:631 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-33.60	-0.12	-0.23	0.12	-0.11	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	3.05
Beam Code:632 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	-28.50	0.21	-0.07	-0.08	-0.12	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.58
Beam Code:633 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	39.40	0.06	0.33	0.21	-0.05	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.65
Beam Code:634 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.39	20.80	-0.07	-0.01	-0.05	-0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	5.28
Beam Code:635 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-24.20	0.08	0.11	0.11	-0.02	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.49
Beam Code:636 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	25.30	-0.12	0.09	0.06	0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.44
Beam Code:637 CHS_60x3: NL:LC21 OK	0.00	8.26	0.05	0.05	-0.04	0.02	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	12.15
Beam Code:638 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.39	27.50	0.01	-0.03	-0.10	0.02	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.15
Beam Code:639 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-37.30	0.27	0.13	-0.12	0.12	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	2.77
Beam Code:640 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	26.20	-0.12	-0.11	0.08	-0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.15
Beam Code:641 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-37.50	-0.22	0.13	-0.09	-0.14	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.82
Beam Code:642 CHS_60x3: NL:LC2 OK	0.00	-2.17	-0.23	0.05	0.01	0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	15.28
Beam Code:643 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	-32.20	-0.21	0.10	-0.07	-0.14	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	3.21
Beam Code:644 CHS_60x3: NL:LC18 OK	1.12	11.80	-0.39	-0.28	-0.16	0.25	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.09
Beam Code:645 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	-1.83	-0.14	0.12	0.05	0.07	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	16.53
Beam Code:646 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	-24.80	0.17	0.11	-0.10	0.10	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	3.92
Beam Code:647 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.22	-27.50	-0.16	-0.16	-0.14	0.08	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	3.55
Beam Code:648 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	23.90	-0.10	0.13	0.08	0.05	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	4.54
Beam Code:649 CHS_60x3: NL:LC20 OK	1.22	37.60	-0.08	0.26	0.16	0.05	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	2.85

Beam Code:650 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.22	34.30	-0.20	0.10	0.09	0.11	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.13
Beam Code:651 CHS_60x3: NL:LC1 OK	1.22	24.40	0.12	-0.11	0.08	0.06	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.40
Beam Code:652 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.11	-6.71	-0.54	0.38	0.20	0.32	class 1	141.00	50.00	50.00	2.56	2.56	4.00
Beam Code:653 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	3.92	0.14	0.03	-0.03	0.07	class 1	141.00	50.90	50.90	2.56	2.56	14.76
Beam Code:654 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.22	-27.40	-0.04	-0.18	-0.15	0.03	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	3.80
Beam Code:655 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.22	42.80	0.26	0.07	0.08	-0.15	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.54
Beam Code:656 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	0.92	0.29	0.09	-0.06	0.15	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	11.65
Beam Code:657 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.39	-23.60	0.15	0.13	0.16	-0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	3.73
Beam Code:658 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	30.90	-0.16	0.13	0.08	0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	3.55
Beam Code:659 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.22	-23.60	0.07	0.16	-0.13	0.04	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.34
Beam Code:660 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-32.30	0.11	0.22	0.11	-0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	3.22
Beam Code:661 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.22	25.30	0.12	0.10	0.06	-0.06	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.35
Beam Code:662 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-22.80	0.10	-0.15	0.07	0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.52
Beam Code:663 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.12	-28.00	0.29	-0.40	-0.25	-0.18	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	2.73
Beam Code:664 CHS_60x3: NL:LC2 OK	1.00	-2.60	0.18	0.05	0.02	-0.09	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	17.01
Beam Code:665 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-27.10	0.20	0.12	-0.11	0.12	class 1	141.00	51.00	51.00	2.56	2.56	3.54
Beam Code:666 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-0.18	-0.22	-0.34	-0.23	0.14	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	6.78
Beam Code:667 CHS_60x3: NL:LC17 OK	1.00	-13.00	-0.21	0.04	0.02	0.10	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	7.19
Beam Code:668 CHS_60x3: NL:LC4 OK	1.22	-22.10	-0.09	0.12	-0.10	-0.04	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	4.70
Beam Code:669 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.19	35.30	-0.06	0.54	-0.38	-0.05	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.39
Beam Code:670 CHS_60x3: NL:LC19 OK	1.20	57.80	-0.07	0.40	-0.28	-0.04	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	1.87
Beam Code:671 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-81.50	-0.09	0.47	0.23	0.09	class 1	141.00	50.80	50.80	2.56	2.56	1.42
Beam Code:672 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-39.40	0.12	0.27	0.14	-0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	2.69
Beam Code:673 CHS_60x3: NL:LC5 OK	0.00	-23.20	-0.11	-0.15	0.07	-0.08	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	4.47
Beam Code:674 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	-20.50	-0.07	0.07	0.05	0.06	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	5.30
Beam Code:675 CHS_60x3: NL:LC10 OK	1.39	-19.00	-0.07	0.06	0.07	0.02	class 1	141.00	51.70	51.70	2.56	2.56	5.83
Beam Code:676 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	10.90	0.31	0.16	-0.11	0.16	class 1	141.00	50.20	50.20	2.56	2.56	5.50
Beam Code:677 CHS_60x3: NL:LC15 OK	0.00	34.30	0.43	0.00	-0.02	0.22	class 1	141.00	50.60	50.60	2.56	2.56	2.96
Beam Code:678 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.22	-34.00	-0.25	0.08	-0.09	-0.16	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.97
Beam Code:679 CHS_60x3: NL:LC20 OK	0.00	-43.10	0.27	-0.01	-0.01	-0.18	class 1	141.00	51.50	51.50	2.56	2.56	2.65
Beam Code:680 CHS_60x3: NL:LC15 OK	1.21	-92.80	-0.14	-0.46	-0.31	0.08	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	1.23

Beam Code:681 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.22	43.60	0.22	0.38	0.29	-0.13	class 1	141.00	50.30	50.30	2.56	2.56	2.12
Beam Code:682 CHS_60x3: NL:LC4 OK	0.00	-20.40	0.12	0.12	0.06	-0.08	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	4.97
Beam Code:683 CHS_60x3: NL:LC1 OK	0.00	-1.83	0.14	0.12	0.05	-0.07	class 1	141.00	51.30	51.30	2.56	2.56	16.56
Beam Code:684 CHS_60x3: NL:LC10 OK	0.70	22.30	0.01	-0.01	-0.06	0.02	class 1	141.00	51.60	51.60	2.56	2.56	5.25
Beam Code:685 CHS_60x3: NL:LC11 OK	0.00	-26.20	-0.11	-0.17	0.09	-0.10	class 1	141.00	51.10	51.10	2.56	2.56	3.85
Beam Code:686 CHS_60x3: NL:LC16 OK	1.39	21.00	-0.04	0.03	-0.05	0.03	class 1	141.00	51.40	51.40	2.56	2.56	5.64
Beam Code:687 CHS_60x3: NL:LC11 OK	1.22	36.50	0.21	0.11	0.09	-0.12	class 1	141.00	51.20	51.20	2.56	2.56	2.93

ENCURVADURA

Info	Ly m	Lz m	Ned kN	My,ed kN m	Mz,ed kN m	Class	Nrk kN	My,rk kN m	Mz,rk kN m	Ym1	Chi_y	Chi_z	Chi_lt	Kyy	Kyz	Kzz	Kzy	Min SF
Flexural buckling Beam Code:280:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.60E+01	-9.26E-02	-1.18E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.51E-01	2.70E-01	4.51E-01	2.70E-01	3.51
Flexural buckling Beam Code:281:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.26E+01	4.66E-02	-3.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.69E-01	5.32E-01	8.87E-01	2.82E-01	3.84
Flexural buckling Beam Code:282:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.54E+01	-1.37E-01	2.33E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	6.85E-01	2.90E-01	4.84E-01	4.11E-01	1.99
Flexural buckling Beam Code:283:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-6.45E+00	-2.58E-02	8.76E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	6.23E-01	2.60E-01	4.33E-01	3.74E-01	12.24
Flexural buckling Beam Code:284:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-6.24E+01	-2.74E-01	-1.97E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.15E-01	3.27E-01	5.44E-01	3.09E-01	1.47
Flexural buckling Beam Code:285:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.11E+01	1.53E-01	1.65E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.34E-01	2.61E-01	4.34E-01	2.61E-01	4.17
Flexural buckling Beam Code:286:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.03E+00	1.74E-02	-6.29E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	33.86
Flexural buckling Beam Code:287:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.57E+01	-1.83E-01	-5.56E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.26E-01	2.55E-01	4.26E-01	2.55E-01	5.49
Flexural buckling Beam Code:288:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.22E+00	2.75E-02	8.51E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	28.01
Flexural buckling Beam Code:289:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.45E+01	-6.42E-02	9.88E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.28E-01	3.54E-01	5.91E-01	2.57E-01	5.84
Flexural buckling Beam Code:290:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.19E+00	1.19E+00	-7.81E+01	-4.18E-01	2.02E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.44E-01	3.27E-01	5.44E-01	3.27E-01	1.15
Flexural buckling Beam Code:291:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.76E+01	-6.62E-02	-1.31E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.85E-01	2.72E-01	4.54E-01	2.91E-01	3.33
Flexural buckling Beam Code:292:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.20E+00	1.20E+00	-2.83E+01	1.52E-01	1.98E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	4.53E-01	2.72E-01	4.53E-01	2.72E-01	3.31
Flexural buckling Beam Code:293:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.01E+01	-1.22E-01	-1.15E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.58E-01	3.11E-01	5.18E-01	2.75E-01	3.02
Flexural buckling Beam Code:294:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.61E+01	9.63E-02	-4.86E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.24E-01	3.79E-01	6.32E-01	3.75E-01	4.94
Flexural buckling Beam Code:295:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.47E+01	-1.30E-01	-2.41E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	7.07E-01	2.90E-01	4.83E-01	4.24E-01	2.01
Flexural buckling Beam Code:296:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.86E+01	-3.47E-02	-3.68E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.47E-01	4.98E-01	8.31E-01	2.68E-01	4.67
Flexural buckling Beam Code:297:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.47E+00	8.45E-02	-9.08E-03	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	15.92
Flexural buckling Beam Code:298:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-3.25E+01	2.43E-01	1.03E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.53E-01	2.72E-01	4.53E-01	2.72E-01	2.8
Flexural buckling Beam Code:299:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.18E+01	-1.06E-01	-1.73E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.32E-01	2.89E-01	4.81E-01	3.19E-01	2.2
Flexural buckling Beam Code:300:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.76E+01	-7.03E-02	1.14E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.54E-01	3.23E-01	5.38E-01	2.72E-01	3.32
Flexural buckling Beam Code:301:CHS_60x3 NL:LC71 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.51E+00	-1.58E-02	-8.05E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.01E+00	3.11E-01	5.18E-01	6.03E-01	15.57
Flexural buckling Beam Code:302:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.85E+01	-1.20E-01	1.01E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.55E-01	3.02E-01	5.04E-01	2.73E-01	3.21
Flexural buckling Beam Code:303:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.46E+01	2.53E-02	1.97E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.67E-01	2.92E-01	4.87E-01	3.40E-01	2.1
Flexural buckling Beam Code:304:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.08E+00	1.60E-02	-2.98E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.10E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.46E-01	40.5
Flexural buckling Beam Code:305:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.61E+01	-1.60E-01	-1.11E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.70E-01	3.43E-01	5.72E-01	2.82E-01	2.52
Flexural buckling Beam Code:306:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.75E+01	6.09E-02	6.72E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.75E-01	3.10E-01	5.17E-01	4.65E-01	4.68
Flexural buckling Beam Code:307:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.19E+00	1.19E+00	-2.64E+01	-9.77E-02	8.50E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.49E-01	4.13E-01	6.89E-01	2.69E-01	3.48
Flexural buckling Beam Code:308:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.28E+00	1.28E+00	-5.70E+00	9.17E-02	-5.92E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.07E-01	7.07E-01	1.00E+00	4.12E-01	2.47E-01	4.12E-01	2.47E-01	12.85
Flexural buckling Beam Code:309:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.69E+01	-5.91E-02	5.44E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.22E-01	2.53E-01	4.22E-01	2.53E-01	6.05
Flexural buckling Beam Code:310:CHS_60x3 NL:LC16 OK	1.19E+00	1.19E+00	-3.55E+01	-8.00E-02	6.23E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	7.23E-01	2.79E-01	4.66E-01	4.34E-01	2.69
Flexural buckling Beam Code:311:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-3.24E+01	1.09E-01	-8.01E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.98E-01	5.76E-01	9.60E-01	4.79E-01	2.52
Flexural buckling Beam Code:312:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.30E+01	4.66E-02	-4.01E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.84E-01	2.60E-01	4.33E-01	3.50E-01	6.53
Flexural buckling Beam Code:313:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.53E+01	-8.46E-02	7.52E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.30E-01	2.58E-01	4.30E-01	2.58E-01	5.83
Flexural buckling Beam Code:314:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.32E+01	-8.91E-02	-1.31E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.65E-01	2.79E-01	4.65E-01	2.79E-01	2.79
Flexural buckling Beam Code:315:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.65E+01	6.99E-02	-1.61E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.27E-01	4.72E-01	7.87E-01	2.56E-01	5.93
Flexural buckling Beam Code:316:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.73E+01	-1.73E-01	-1.07E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.73E-01	3.53E-01	5.88E-01	2.84E-01	2.43

Flexural buckling Beam Code:317:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.78E+01	-1.04E-01	-2.01E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.70E-01	2.96E-01	4.93E-01	3.42E-01	1.92
Flexural buckling Beam Code:318:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.86E+01	-8.33E-02	-8.21E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.36E-01	2.62E-01	4.36E-01	2.62E-01	4.88
Flexural buckling Beam Code:319:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.20E+00	1.20E+00	-1.65E+01	1.34E-01	2.27E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	5.46E-01	2.59E-01	4.31E-01	3.27E-01	4.65
Flexural buckling Beam Code:320:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.37E+01	7.12E-02	1.66E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.85E-01	2.91E-01	4.85E-01	2.91E-01	2.14
Flexural buckling Beam Code:321:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-7.12E+01	-1.23E-01	2.75E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	7.23E-01	3.23E-01	5.38E-01	4.34E-01	1.29
Flexural buckling Beam Code:322:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.71E+01	6.15E-02	4.82E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.24E-01	4.80E-01	8.00E-01	3.14E-01	3.21
Flexural buckling Beam Code:323:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.30E+01	1.29E-02	9.17E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.17E-01	2.50E-01	4.17E-01	2.50E-01	7.62
Flexural buckling Beam Code:324:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.84E+01	-1.86E-01	3.29E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.61E-01	7.61E-01	1.00E+00	4.30E-01	2.58E-01	4.30E-01	2.58E-01	4.85
Flexural buckling Beam Code:325:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.79E+01	-5.31E-02	3.53E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.45E-01	5.19E-01	8.65E-01	2.67E-01	4.79
Flexural buckling Beam Code:326:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.19E+00	1.19E+00	-3.76E+01	-1.21E-01	1.99E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.81E-01	2.82E-01	4.69E-01	3.49E-01	2.41
Flexural buckling Beam Code:327:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.16E+00	1.16E+00	-2.76E+00	-2.05E-01	-4.42E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.47E-01	7.47E-01	1.00E+00	4.05E-01	2.64E-01	4.39E-01	2.43E-01	15.8
Flexural buckling Beam Code:328:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.78E+00	5.57E-03	6.53E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	3.01E-01	37.4
Flexural buckling Beam Code:329:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.74E+01	-8.63E-02	1.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.53E-01	2.72E-01	4.53E-01	2.72E-01	3.35
Flexural buckling Beam Code:330:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.33E+00	-1.97E-02	9.48E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.02E+00	3.20E-01	5.34E-01	6.09E-01	13.04
Flexural buckling Beam Code:331:CHS_60x3 NL:LC16 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.87E+01	-1.33E-01	1.06E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.28E-01	2.94E-01	4.90E-01	3.17E-01	1.96
Flexural buckling Beam Code:332:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.27E+01	-8.70E-02	1.34E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	8.91E-01	2.78E-01	4.64E-01	5.34E-01	2.74
Flexural buckling Beam Code:333:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-8.89E+00	2.03E-02	-2.64E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.38E-01	2.47E-01	4.12E-01	3.23E-01	8.07
Flexural buckling Beam Code:334:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.74E+00	2.88E-02	-1.14E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	27.75
Flexural buckling Beam Code:335:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.04E+01	-8.14E-02	-9.97E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.66E-01	2.64E-01	4.40E-01	2.80E-01	4.42
Flexural buckling Beam Code:336:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.18E+01	-7.87E-02	-6.27E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.23E-01	2.54E-01	4.23E-01	2.54E-01	7.42
Flexural buckling Beam Code:337:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.07E+01	-7.09E-02	1.84E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.07E-01	2.88E-01	4.79E-01	3.64E-01	2.26
Flexural buckling Beam Code:338:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.61E+01	-9.28E-02	1.18E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.51E-01	2.70E-01	4.51E-01	2.70E-01	3.5
Flexural buckling Beam Code:339:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.20E+00	1.20E+00	-1.36E-01	2.78E-02	-2.23E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	4.00E-01	2.40E-01	4.00E-01	2.40E-01	128.67
Flexural buckling Beam Code:340:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.37E+01	-9.97E-02	-7.00E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.46E-01	2.68E-01	4.46E-01	2.68E-01	3.89
Flexural buckling Beam Code:341:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.20E+00	1.20E+00	-3.37E+01	2.00E-01	-7.93E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	4.63E-01	2.97E-01	4.96E-01	2.78E-01	2.69
Flexural buckling Beam Code:342:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.21E+00	1.21E+00	-1.22E+01	4.99E-02	-2.89E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.32E-01	7.32E-01	1.00E+00	7.19E-01	2.54E-01	4.23E-01	4.32E-01	5.74
Flexural buckling Beam Code:343:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-7.16E+01	2.42E-01	-2.85E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.32E-01	6.98E-01	1.16E+00	3.19E-01	1.34
Flexural buckling Beam Code:344:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.43E+01	-9.64E-02	9.13E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.47E-01	3.06E-01	5.10E-01	2.68E-01	3.76
Flexural buckling Beam Code:345:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.60E+00	1.66E-02	-8.90E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.28E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.57E-01	25.79
Flexural buckling Beam Code:346:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.04E+01	-8.16E-02	9.88E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.66E-01	2.64E-01	4.40E-01	2.79E-01	4.43
Flexural buckling Beam Code:347:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.82E+01	-7.97E-02	1.29E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.12E-01	2.73E-01	4.55E-01	3.07E-01	3.24
Flexural buckling Beam Code:348:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-6.24E+01	-5.52E-02	-2.65E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	1.05E+00	3.13E-01	5.21E-01	6.31E-01	1.47
Flexural buckling Beam Code:349:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.21E+01	-1.08E-01	-6.82E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.43E-01	2.82E-01	4.70E-01	2.66E-01	4.12
Flexural buckling Beam Code:350:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-7.60E+00	-5.22E-02	-6.18E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.08E-01	3.87E-01	6.46E-01	3.05E-01	10.39
Flexural buckling Beam Code:351:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.31E+01	-1.44E-01	9.15E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.64E-01	3.03E-01	5.05E-01	2.79E-01	2.77
Flexural buckling Beam Code:352:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-6.21E+00	1.76E-02	4.77E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.08E-01	2.45E-01	4.08E-01	2.45E-01	15.55
Flexural buckling Beam Code:353:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-6.24E+01	-5.50E-02	2.65E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	1.05E+00	3.13E-01	5.21E-01	6.30E-01	1.48
Flexural buckling Beam Code:354:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.26E+01	7.46E-02	-9.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.30E-01	2.58E-01	4.30E-01	2.58E-01	4.45
Flexural buckling Beam Code:355:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-7.23E+01	-8.42E-02	-3.14E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	1.08E+00	3.24E-01	5.41E-01	6.47E-01	1.26
Flexural buckling Beam Code:356:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.46E+01	2.53E-02	-1.97E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.65E-01	2.92E-01	4.87E-01	3.39E-01	2.1
Flexural buckling Beam Code:357:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.53E+01	-1.35E-01	4.53E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.49E-01	2.69E-01	4.49E-01	2.69E-01	3.63
Flexural buckling Beam Code:358:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.21E+00	1.21E+00	-8.41E+01	-2.81E-01	3.58E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.30E-01	7.30E-01	1.00E+00	5.61E-01	3.72E-01	6.20E-01	3.36E-01	1.13
Flexural buckling Beam Code:359:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.56E+00	7.09E-02	-2.65E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	15.85
Flexural buckling Beam Code:360:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.84E+01	-1.87E-01	-9.21E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.55E-01	2.95E-01	4.92E-01	2.73E-01	3.11
Flexural buckling Beam Code:361:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.38E+01	-1.00E-01	7.01E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.46E-01	2.68E-01	4.46E-01	2.68E-01	3.88
Flexural buckling Beam Code:362:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-7.16E+01	2.42E-01	2.88E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.32E-01	6.93E-01	1.16E+00	3.19E-01	1.34
Flexural buckling Beam Code:363:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.11E+00	1.11E+00	-4.06E+00	1.83E-01	1.48E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.64E-01	7.64E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	12.35
Flexural buckling Beam Code:364:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.27E+00	1.27E+00	-4.44E+01	1.75E-01	-1.94E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.09E-01	7.09E-01	1.00E+00	8.51E-01	2.96E-01	4.93E-01	5.11E-01	1.9
Flexural buckling Beam Code:365:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.37E+01	1.55E-01	-1.12E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.65E-01	2.76E-01	4.60E-01	4.59E-01	3.22
Flexural buckling Beam Code:366:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.74E+01	-1.36E-01	5.04E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.45E-01	3.64E-01	6.06E-01	2.67E-01	3.49
Flexural buckling Beam Code:367:CHS_60x3 NL:LC21 OK	1.39E+00	1.39E+00	-7.13E+00	4.09E-02	-4.23E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.64E-01	2.51E-01	4.19E-01	2.78E-01	11.41
Flexural buckling Beam Code:368:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.58E+01	-1.61E-01	1.02E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.70E-01	3.27E-01	5.44E-01	2.82E-01	2.54
Flexural buckling Beam Code:369:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.39E+00	5.47E-02	2.40E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.86E-01	4.30E-01	7.16E-01	2.92E-01	14.89

Flexural buckling Beam Code:370:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.85E+01	-7.11E-02	1.25E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.68E-01	2.73E-01	4.55E-01	2.81E-01	3.24
Flexural buckling Beam Code:371:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.75E+00	2.87E-02	1.14E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	27.71
Flexural buckling Beam Code:372:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.06E+01	-1.31E-01	8.96E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.59E-01	3.05E-01	5.09E-01	2.76E-01	3
Flexural buckling Beam Code:373:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-8.82E+00	-6.97E-02	-5.42E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.95E-01	3.83E-01	6.38E-01	2.97E-01	9.27
Flexural buckling Beam Code:374:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.43E+00	-2.33E-02	-8.02E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.57E-01	2.58E-01	4.30E-01	3.34E-01	14.35
Flexural buckling Beam Code:375:CHS_60x3 NL:LC16 OK	1.19E+00	1.19E+00	-3.56E+01	-8.03E-02	-6.21E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	7.22E-01	2.79E-01	4.66E-01	4.33E-01	2.69
Flexural buckling Beam Code:376:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.85E+00	1.01E-02	-3.29E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.44E-01	2.42E-01	4.04E-01	3.27E-01	31.48
Flexural buckling Beam Code:377:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.65E+01	-7.70E-02	-8.47E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.32E-01	2.59E-01	4.32E-01	2.59E-01	5.46
Flexural buckling Beam Code:378:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.29E+01	-5.91E-02	2.31E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	9.04E-01	3.02E-01	5.03E-01	5.43E-01	1.74
Flexural buckling Beam Code:379:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-9.76E+00	-7.83E-02	5.31E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.19E-01	2.51E-01	4.19E-01	2.51E-01	8.81
Flexural buckling Beam Code:380:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-3.25E+01	2.43E-01	1.03E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.53E-01	2.72E-01	4.53E-01	2.72E-01	2.8
Flexural buckling Beam Code:381:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.79E+01	8.66E-02	-7.12E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.27E-01	2.67E-01	4.45E-01	4.36E-01	4.48
Flexural buckling Beam Code:382:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.43E+01	3.73E-02	3.93E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.01E-01	2.62E-01	4.36E-01	3.61E-01	6.05
Flexural buckling Beam Code:383:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.80E+01	-5.31E-02	-3.52E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.45E-01	5.21E-01	8.68E-01	2.67E-01	4.78
Flexural buckling Beam Code:384:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.74E+01	-1.36E-01	5.03E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.45E-01	3.64E-01	6.06E-01	2.67E-01	3.49
Flexural buckling Beam Code:385:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-8.66E+00	-4.44E-02	-9.44E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.48E-01	3.21E-01	5.35E-01	3.29E-01	9.07
Flexural buckling Beam Code:386:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.76E+01	-6.59E-02	1.31E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.85E-01	2.72E-01	4.54E-01	2.91E-01	3.33
Flexural buckling Beam Code:387:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-6.12E+01	-2.05E-01	-2.03E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.13E-01	3.08E-01	5.13E-01	3.08E-01	1.53
Flexural buckling Beam Code:388:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.05E+01	-6.41E-02	8.09E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.40E-01	2.64E-01	4.40E-01	2.64E-01	4.53
Flexural buckling Beam Code:389:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.85E+01	-3.49E-02	3.67E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.47E-01	4.97E-01	8.29E-01	2.68E-01	4.69
Flexural buckling Beam Code:390:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.41E+01	-8.76E-02	1.55E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.27E-01	2.80E-01	4.66E-01	3.16E-01	2.69
Flexural buckling Beam Code:391:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.82E+01	-1.80E-01	9.04E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.55E-01	2.95E-01	4.92E-01	2.73E-01	3.14
Flexural buckling Beam Code:392:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.04E+01	5.22E-02	-5.70E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.52E-01	2.71E-01	4.52E-01	2.71E-01	4.29
Flexural buckling Beam Code:393:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.34E+00	1.34E+00	-1.75E+01	5.09E-02	-3.68E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.86E-01	6.86E-01	1.00E+00	4.65E-01	2.64E-01	4.41E-01	2.79E-01	5.15
Flexural buckling Beam Code:394:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-3.20E+01	-1.44E-01	-7.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.59E-01	4.54E-01	7.56E-01	2.76E-01	2.87
Flexural buckling Beam Code:395:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-3.19E+00	7.51E-03	2.42E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.04E-01	2.43E-01	4.04E-01	2.43E-01	30.51
Flexural buckling Beam Code:396:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.86E+01	-9.81E-02	-1.25E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.56E-01	2.73E-01	4.56E-01	2.73E-01	3.2
Flexural buckling Beam Code:397:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.73E+01	1.19E-01	4.48E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.87E-01	6.59E-01	1.10E+00	2.92E-01	2.04
Flexural buckling Beam Code:398:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.19E+00	1.19E+00	-8.33E+00	-2.72E-02	-8.21E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	1.03E+00	2.49E-01	4.15E-01	6.16E-01	9.98
Flexural buckling Beam Code:399:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-8.01E+00	4.86E-02	-4.28E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.16E-01	2.80E-01	4.67E-01	2.49E-01	10.99
Flexural buckling Beam Code:400:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.50E+01	-9.38E-02	-1.54E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.01E-01	2.81E-01	4.68E-01	3.00E-01	2.62
Flexural buckling Beam Code:401:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-8.79E+00	4.68E-02	-4.32E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.17E-01	2.50E-01	4.17E-01	2.50E-01	10.22
Flexural buckling Beam Code:402:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.03E+01	2.22E-02	-1.77E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.14E-01	2.48E-01	4.14E-01	2.48E-01	8.18
Flexural buckling Beam Code:403:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.42E+00	7.86E-03	7.57E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	39.62
Flexural buckling Beam Code:404:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.95E+01	1.02E-01	-9.16E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.78E-01	3.51E-01	5.86E-01	4.67E-01	2.79
Flexural buckling Beam Code:405:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.34E+00	1.34E+00	-1.76E+01	5.00E-02	3.63E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.86E-01	6.86E-01	1.00E+00	4.64E-01	2.65E-01	4.41E-01	2.79E-01	5.12
Flexural buckling Beam Code:406:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.50E+01	-1.52E-01	-9.70E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.68E-01	3.11E-01	5.18E-01	2.81E-01	2.61
Flexural buckling Beam Code:407:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.46E+01	1.03E-01	8.91E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.85E-01	2.77E-01	4.62E-01	4.71E-01	3.29
Flexural buckling Beam Code:408:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.59E+01	-1.36E-01	1.18E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.74E-01	2.70E-01	4.50E-01	2.84E-01	3.43
Flexural buckling Beam Code:409:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.19E+00	1.19E+00	-5.49E+01	1.97E-01	-5.25E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.01E-01	3.01E-01	5.01E-01	3.01E-01	1.74
Flexural buckling Beam Code:410:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.16E+00	1.16E+00	-2.83E+00	-2.07E-01	-4.59E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.47E-01	7.47E-01	1.00E+00	4.05E-01	2.56E-01	4.27E-01	2.43E-01	15.54
Flexural buckling Beam Code:411:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.96E+01	-2.06E-01	8.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.61E-01	7.61E-01	1.00E+00	4.32E-01	2.59E-01	4.32E-01	2.59E-01	4.41
Flexural buckling Beam Code:412:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.48E+01	-1.60E-01	1.02E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.68E-01	3.42E-01	5.70E-01	2.81E-01	2.61
Flexural buckling Beam Code:413:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.70E+01	-1.03E-01	1.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.53E-01	2.72E-01	4.53E-01	2.72E-01	3.37
Flexural buckling Beam Code:414:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.19E+00	1.19E+00	-1.82E+01	6.87E-02	-1.06E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	8.17E-01	2.60E-01	4.34E-01	4.90E-01	4.8
Flexural buckling Beam Code:415:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.29E+01	6.92E-02	-7.58E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.76E-01	3.24E-01	5.40E-01	4.06E-01	3.68
Flexural buckling Beam Code:416:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.51E+01	2.36E-02	-1.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.94E-01	3.14E-01	5.23E-01	3.56E-01	5.91
Flexural buckling Beam Code:417:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.21E+00	2.74E-02	-8.53E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	28.08
Flexural buckling Beam Code:418:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-9.77E+00	-7.86E-02	-5.31E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.19E-01	2.51E-01	4.19E-01	2.51E-01	8.79
Flexural buckling Beam Code:419:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.86E+01	-7.84E-02	1.43E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.95E-01	2.73E-01	4.56E-01	2.97E-01	3.18
Flexural buckling Beam Code:420:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.01E+00	4.49E-02	7.45E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	29.57
Flexural buckling Beam Code:421:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.00E+00	2.84E-02	4.70E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	18.35
Flexural buckling Beam Code:422:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.11E+00	5.16E-02	-2.08E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.60E-01	3.50E-01	5.84E-01	2.76E-01	16.09

Flexural buckling Beam Code:423:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-8.73E+00	4.67E-02	4.31E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.17E-01	2.50E-01	4.17E-01	2.50E-01	10.28
Flexural buckling Beam Code:424:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-6.01E+01	-1.13E-01	2.55E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.99E-01	3.10E-01	5.17E-01	4.19E-01	1.52
Flexural buckling Beam Code:425:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.32E+01	-9.62E-02	8.35E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.45E-01	2.67E-01	4.45E-01	2.67E-01	3.96
Flexural buckling Beam Code:426:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.51E+01	-2.85E-01	4.67E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.41E-01	2.65E-01	4.41E-01	2.65E-01	3.47
Flexural buckling Beam Code:427:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.30E+01	1.84E-02	9.91E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.78E-01	2.50E-01	4.17E-01	3.47E-01	7.5
Flexural buckling Beam Code:428:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.04E+01	-2.60E-02	1.00E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.04E+00	3.37E-01	5.62E-01	6.27E-01	7.66
Flexural buckling Beam Code:429:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.27E+00	1.27E+00	-5.02E+01	1.27E-01	-1.68E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.09E-01	7.09E-01	1.00E+00	1.03E+00	3.03E-01	5.06E-01	6.17E-01	1.74
Flexural buckling Beam Code:430:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.44E+00	-4.08E-02	3.74E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.39E-01	4.36E-01	7.27E-01	3.24E-01	20.21
Flexural buckling Beam Code:431:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.02E+01	-5.12E-02	9.89E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.40E-01	3.24E-01	5.39E-01	3.24E-01	7.88
Flexural buckling Beam Code:432:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.64E+00	-2.63E-02	5.34E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	6.31E-01	4.09E-01	6.81E-01	3.79E-01	18.61
Flexural buckling Beam Code:433:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.26E+01	-3.12E-02	-1.10E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.06E+00	2.64E-01	4.40E-01	6.34E-01	6.68
Flexural buckling Beam Code:434:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.65E+01	-7.71E-02	8.46E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.32E-01	2.59E-01	4.32E-01	2.59E-01	5.46
Flexural buckling Beam Code:435:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.13E+01	1.60E-01	1.83E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.35E-01	2.61E-01	4.35E-01	2.61E-01	4.39
Flexural buckling Beam Code:436:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.24E+00	4.20E-02	7.04E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	28.63
Flexural buckling Beam Code:437:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.67E+01	5.40E-02	-1.53E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.27E-01	4.71E-01	7.85E-01	2.56E-01	5.97
Flexural buckling Beam Code:438:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.09E+00	1.60E-02	2.97E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.10E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.46E-01	40.41
Flexural buckling Beam Code:439:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.19E+00	1.19E+00	-5.89E+01	-2.64E-01	1.91E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.09E-01	3.12E-01	5.19E-01	3.05E-01	1.55
Flexural buckling Beam Code:440:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.76E+01	-9.35E-02	1.10E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.54E-01	2.72E-01	4.54E-01	2.72E-01	3.34
Flexural buckling Beam Code:441:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.19E+00	1.19E+00	-8.21E+01	-3.67E-01	-8.01E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.52E-01	6.89E-01	1.15E+00	3.31E-01	1.12
Flexural buckling Beam Code:442:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.58E+01	1.91E-02	-1.75E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.40E-01	3.80E-01	6.34E-01	2.64E-01	5.71
Flexural buckling Beam Code:443:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.39E+01	-9.15E-02	8.45E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.46E-01	2.68E-01	4.46E-01	2.68E-01	3.87
Flexural buckling Beam Code:444:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.69E+01	5.78E-02	-6.14E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.33E-01	2.60E-01	4.33E-01	2.60E-01	5.5
Flexural buckling Beam Code:445:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.27E+00	1.27E+00	-4.43E+01	1.74E-01	1.93E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.09E-01	7.09E-01	1.00E+00	8.51E-01	2.96E-01	4.93E-01	5.11E-01	1.91
Flexural buckling Beam Code:446:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.97E+01	-6.49E-02	8.32E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.38E-01	2.63E-01	4.38E-01	2.63E-01	4.68
Flexural buckling Beam Code:447:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.36E+00	1.36E+00	-1.64E+01	4.04E-02	-1.74E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.77E-01	6.77E-01	1.00E+00	4.40E-01	2.64E-01	4.40E-01	2.64E-01	4.84
Flexural buckling Beam Code:448:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.70E+01	-5.70E-02	-5.34E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.22E-01	2.53E-01	4.22E-01	2.53E-01	6.05
Flexural buckling Beam Code:449:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.49E+01	-9.33E-02	1.53E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.99E-01	2.81E-01	4.68E-01	3.00E-01	2.63
Flexural buckling Beam Code:450:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.51E+01	-1.16E-01	-1.18E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.68E-01	3.49E-01	5.81E-01	2.81E-01	2.61
Flexural buckling Beam Code:451:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-9.23E+00	-2.00E-02	-9.87E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.04E+00	3.29E-01	5.48E-01	6.26E-01	8.59
Flexural buckling Beam Code:452:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.19E+00	1.19E+00	-5.80E+01	-1.96E-01	1.88E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.07E-01	3.16E-01	5.27E-01	3.04E-01	1.61
Flexural buckling Beam Code:453:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.11E+00	1.11E+00	-4.07E+00	1.83E-01	1.48E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.64E-01	7.64E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	12.34
Flexural buckling Beam Code:454:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.99E+01	-1.13E-01	-2.55E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.95E-01	3.10E-01	5.16E-01	4.17E-01	1.52
Flexural buckling Beam Code:455:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.00E+00	4.50E-02	-7.49E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	29.6
Flexural buckling Beam Code:456:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.75E+01	1.47E-01	7.42E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.71E-01	5.55E-01	9.25E-01	4.02E-01	2.87
Flexural buckling Beam Code:457:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.06E+01	-7.06E-02	-1.84E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.04E-01	2.87E-01	4.79E-01	3.62E-01	2.27
Flexural buckling Beam Code:458:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.21E+00	1.21E+00	-1.23E+01	4.87E-02	3.05E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.32E-01	7.32E-01	1.00E+00	7.57E-01	2.54E-01	4.23E-01	4.54E-01	5.6
Flexural buckling Beam Code:459:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.42E+00	5.47E-02	-2.42E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.86E-01	4.27E-01	7.12E-01	2.92E-01	14.82
Flexural buckling Beam Code:460:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.69E+01	-1.13E-01	2.29E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.06E-01	3.06E-01	5.11E-01	3.64E-01	1.62
Flexural buckling Beam Code:461:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.19E+00	1.19E+00	-1.82E+01	6.93E-02	1.06E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	8.13E-01	2.60E-01	4.34E-01	4.88E-01	4.8
Flexural buckling Beam Code:462:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.18E+01	-7.87E-02	6.27E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.23E-01	2.54E-01	4.23E-01	2.54E-01	7.41
Flexural buckling Beam Code:463:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.49E+01	-5.72E-02	-1.41E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.68E-01	2.81E-01	4.68E-01	2.81E-01	2.68
Flexural buckling Beam Code:464:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-9.17E+00	-5.97E-02	6.77E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.09E-01	3.84E-01	6.39E-01	3.06E-01	8.78
Flexural buckling Beam Code:465:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.16E+00	1.16E+00	-5.65E+00	-1.23E-01	-3.86E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.47E-01	7.47E-01	1.00E+00	4.10E-01	3.57E-01	5.95E-01	2.46E-01	12.67
Flexural buckling Beam Code:466:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.00E+00	1.14E-01	1.97E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	11.55
Flexural buckling Beam Code:467:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.74E+00	2.24E-02	2.90E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.04E-01	2.42E-01	4.04E-01	2.42E-01	32.3
Flexural buckling Beam Code:468:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.10E+00	6.51E-03	-6.56E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.30E-01	2.41E-01	4.01E-01	3.18E-01	48
Flexural buckling Beam Code:469:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.85E+01	-8.31E-02	8.19E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.36E-01	2.62E-01	4.36E-01	2.62E-01	4.9
Flexural buckling Beam Code:470:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.01E+00	-2.40E-02	5.41E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.01E+00	3.74E-01	6.23E-01	6.06E-01	25.96
Flexural buckling Beam Code:471:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.56E+01	6.66E-02	-6.94E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.76E-01	2.79E-01	4.65E-01	4.66E-01	3.32
Flexural buckling Beam Code:472:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.60E+01	4.42E-02	7.45E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.31E-01	2.59E-01	4.31E-01	2.59E-01	5.77
Flexural buckling Beam Code:473:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-2.15E+01	7.48E-02	-4.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.82E-01	5.90E-01	9.83E-01	3.49E-01	4.22
Flexural buckling Beam Code:474:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.77E+01	-1.11E-01	9.04E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.54E-01	2.90E-01	4.83E-01	2.72E-01	3.32
Flexural buckling Beam Code:475:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-6.20E+00	1.78E-02	-4.75E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.08E-01	2.45E-01	4.08E-01	2.45E-01	15.58

Flexural buckling Beam Code:476:CHS_60x3 NL:LC21 OK	1.39E+00	1.39E+00	-8.99E+00	4.39E-02	4.79E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.20E-01	2.54E-01	4.23E-01	3.12E-01	9.12
Flexural buckling Beam Code:477:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.62E+01	-1.04E-01	-8.65E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.51E-01	3.02E-01	5.03E-01	2.71E-01	3.51
Flexural buckling Beam Code:478:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.20E+00	1.20E+00	-1.65E+01	1.34E-01	-2.27E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	5.46E-01	2.59E-01	4.31E-01	3.28E-01	4.64
Flexural buckling Beam Code:479:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.21E+01	-1.08E-01	6.81E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.43E-01	2.82E-01	4.71E-01	2.66E-01	4.12
Flexural buckling Beam Code:480:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.24E+00	4.11E-02	-7.12E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	28.65
Flexural buckling Beam Code:481:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.42E+01	-1.91E-01	-1.65E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.82E-01	4.19E-01	6.98E-01	2.89E-01	2.03
Flexural buckling Beam Code:482:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-7.87E+01	-4.08E-01	-1.84E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.45E-01	4.55E-01	7.58E-01	3.27E-01	1.14
Flexural buckling Beam Code:483:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.60E+01	4.40E-02	-7.50E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.31E-01	2.59E-01	4.31E-01	2.59E-01	5.77
Flexural buckling Beam Code:484:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.53E+01	-8.48E-02	-7.53E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.30E-01	2.58E-01	4.30E-01	2.58E-01	5.82
Flexural buckling Beam Code:485:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.46E+00	8.45E-02	9.21E-03	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	15.95
Flexural buckling Beam Code:486:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.28E+01	-8.41E-02	8.05E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.44E-01	2.67E-01	4.44E-01	2.67E-01	4.07
Flexural buckling Beam Code:487:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.03E+01	2.22E-02	1.77E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.14E-01	2.48E-01	4.14E-01	2.48E-01	8.18
Flexural buckling Beam Code:488:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.20E+01	-9.94E-02	-6.54E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.43E-01	2.66E-01	4.43E-01	2.66E-01	4.18
Flexural buckling Beam Code:489:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.30E+01	4.68E-02	4.03E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.85E-01	2.60E-01	4.33E-01	3.51E-01	6.51
Flexural buckling Beam Code:490:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.80E+01	1.50E-01	-7.84E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.94E-01	5.23E-01	8.71E-01	4.17E-01	2.81
Flexural buckling Beam Code:491:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.15E+01	-1.66E-02	-7.90E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.15E-01	2.49E-01	4.15E-01	2.49E-01	8.6
Flexural buckling Beam Code:492:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.27E+01	-8.39E-02	-7.98E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.44E-01	2.67E-01	4.44E-01	2.67E-01	4.08
Flexural buckling Beam Code:493:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.20E+00	1.20E+00	-1.03E+01	2.20E-01	1.10E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	6.50E-01	6.08E-01	1.01E+00	3.90E-01	5.5
Flexural buckling Beam Code:494:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.05E+01	8.16E-02	3.87E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.99E-01	3.81E-01	6.35E-01	3.00E-01	7.46
Flexural buckling Beam Code:495:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.19E+00	1.19E+00	-2.97E+01	-1.38E-01	5.49E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.55E-01	5.26E-01	8.76E-01	2.73E-01	3.11
Flexural buckling Beam Code:496:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.19E+00	1.19E+00	-8.20E+01	-3.67E-01	8.01E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.52E-01	6.88E-01	1.15E+00	3.31E-01	1.12
Flexural buckling Beam Code:497:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-2.05E+01	3.34E-02	4.93E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.38E-01	5.86E-01	9.76E-01	2.63E-01	4.55
Flexural buckling Beam Code:498:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.30E+01	1.29E-02	-9.15E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.17E-01	2.50E-01	4.17E-01	2.50E-01	7.62
Flexural buckling Beam Code:499:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.40E+01	-9.88E-02	-7.10E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.47E-01	2.68E-01	4.47E-01	2.68E-01	3.85
Flexural buckling Beam Code:500:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.01E+01	-8.33E-02	1.32E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.59E-01	2.75E-01	4.59E-01	2.75E-01	3.06
Flexural buckling Beam Code:501:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.19E+00	1.19E+00	-1.82E+01	1.73E-01	-1.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.34E-01	2.60E-01	4.34E-01	2.60E-01	4.61
Flexural buckling Beam Code:502:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.70E+01	6.13E-02	-4.81E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.22E-01	4.80E-01	8.00E-01	3.13E-01	3.22
Flexural buckling Beam Code:503:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.27E+01	-5.89E-02	-2.30E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	9.00E-01	3.02E-01	5.03E-01	5.40E-01	1.74
Flexural buckling Beam Code:504:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.27E+01	4.71E-02	3.99E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.75E-01	5.28E-01	8.80E-01	2.85E-01	3.82
Flexural buckling Beam Code:505:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.74E+00	2.25E-02	-2.90E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.04E-01	2.42E-01	4.04E-01	2.42E-01	32.25
Flexural buckling Beam Code:506:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.46E+01	-1.12E-01	1.18E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.67E-01	3.45E-01	5.76E-01	2.80E-01	2.65
Flexural buckling Beam Code:507:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.15E+01	-7.13E-02	-7.41E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.28E-01	3.07E-01	5.12E-01	3.17E-01	7.33
Flexural buckling Beam Code:508:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.00E+01	-7.49E-02	6.10E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.06E-01	3.74E-01	6.24E-01	3.04E-01	8.21
Flexural buckling Beam Code:509:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.58E+01	-1.68E-01	-5.82E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.26E-01	2.56E-01	4.26E-01	2.56E-01	5.52
Flexural buckling Beam Code:510:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.63E+01	5.66E-02	-1.09E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.21E-01	2.53E-01	4.21E-01	2.53E-01	5.94
Flexural buckling Beam Code:511:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.34E+00	1.34E+00	-2.58E+01	1.27E-01	5.65E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.86E-01	6.86E-01	1.00E+00	4.60E-01	3.16E-01	5.27E-01	2.76E-01	3.36
Flexural buckling Beam Code:512:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-8.06E+01	-3.12E-01	-8.02E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.49E-01	6.99E-01	1.16E+00	3.29E-01	1.16
Flexural buckling Beam Code:513:CHS_60x3 NL:LC21 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.21E+01	-1.44E-01	8.75E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.62E-01	3.44E-01	5.74E-01	2.77E-01	2.84
Flexural buckling Beam Code:514:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.74E+01	-8.64E-02	-1.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.53E-01	2.72E-01	4.53E-01	2.72E-01	3.35
Flexural buckling Beam Code:515:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.21E+00	1.21E+00	-9.28E+01	-3.06E-01	8.71E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.30E-01	7.30E-01	1.00E+00	5.77E-01	3.46E-01	5.77E-01	3.46E-01	1.02
Flexural buckling Beam Code:516:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.08E+01	-1.67E-01	1.70E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.34E-01	2.60E-01	4.34E-01	2.60E-01	4.18
Flexural buckling Beam Code:517:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.17E+00	1.47E-02	1.16E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.64E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.78E-01	25.62
Flexural buckling Beam Code:518:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.00E+00	1.14E-01	-1.97E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	11.56
Flexural buckling Beam Code:519:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.93E+01	-1.18E-01	-9.67E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.57E-01	2.96E-01	4.94E-01	2.74E-01	3.13
Beam Code:520 CHS_60x3:NL:LC1 In Tension																		
Flexural buckling Beam Code:521:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.75E+01	-8.88E-02	1.36E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.73E-01	2.84E-01	4.73E-01	2.84E-01	2.49
Flexural buckling Beam Code:522:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.53E+01	-9.58E-02	-6.57E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.30E-01	2.58E-01	4.30E-01	2.58E-01	5.81
Flexural buckling Beam Code:523:CHS_60x3 NL:LC16 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.92E+01	-1.34E-01	-1.15E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.25E-01	2.94E-01	4.91E-01	3.15E-01	1.94
Flexural buckling Beam Code:524:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.30E+01	-8.91E-02	-7.67E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.45E-01	2.67E-01	4.45E-01	2.67E-01	4.03
Flexural buckling Beam Code:525:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.83E+01	-1.82E-01	-3.10E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.61E-01	7.61E-01	1.00E+00	4.30E-01	2.65E-01	4.42E-01	2.58E-01	4.88
Flexural buckling Beam Code:526:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.48E+01	-9.80E-02	8.07E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.48E-01	2.96E-01	4.94E-01	2.69E-01	3.72
Flexural buckling Beam Code:527:CHS_60x3 NL:LC21 OK	1.39E+00	1.39E+00	-7.12E+00	4.09E-02	4.23E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.65E-01	2.51E-01	4.19E-01	2.79E-01	11.42
Flexural buckling Beam Code:528:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.79E+01	1.34E-01	1.16E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.46E-01	6.21E-01	1.04E+00	2.67E-01	3.5

Flexural buckling Beam Code:529:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.98E+01	-6.51E-02	-8.35E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.38E-01	2.63E-01	4.38E-01	2.63E-01	4.66
Flexural buckling Beam Code:530:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.11E+00	1.11E+00	-6.72E+00	-1.99E-01	3.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.64E-01	7.64E-01	1.00E+00	4.11E-01	2.47E-01	4.11E-01	2.47E-01	7.51
Flexural buckling Beam Code:531:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-3.25E+01	1.19E-01	8.18E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.93E-01	5.56E-01	9.27E-01	4.76E-01	2.49
Flexural buckling Beam Code:532:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.57E+01	6.68E-02	6.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.78E-01	2.79E-01	4.65E-01	4.67E-01	3.31
Flexural buckling Beam Code:533:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.10E+00	6.54E-03	6.56E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.29E-01	2.41E-01	4.01E-01	3.17E-01	47.99
Flexural buckling Beam Code:534:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.08E+01	-7.34E-02	8.33E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.41E-01	2.69E-01	4.49E-01	2.64E-01	4.42
Flexural buckling Beam Code:535:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.88E+01	-7.87E-02	-1.44E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.97E-01	2.74E-01	4.56E-01	2.98E-01	3.16
Flexural buckling Beam Code:536:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.41E+01	-9.92E-02	7.13E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.47E-01	2.68E-01	4.47E-01	2.68E-01	3.84
Flexural buckling Beam Code:537:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.19E+00	1.19E+00	-8.05E+00	-2.34E-02	8.08E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	1.03E+00	2.49E-01	4.15E-01	6.19E-01	10.38
Flexural buckling Beam Code:538:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.02E+00	1.74E-02	6.30E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	33.9
Flexural buckling Beam Code:539:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.71E+01	-1.67E-01	-1.04E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.72E-01	3.04E-01	5.07E-01	2.83E-01	2.46
Flexural buckling Beam Code:540:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-6.93E+00	-5.34E-02	-6.53E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.31E-01	3.55E-01	5.92E-01	3.19E-01	11.16
Flexural buckling Beam Code:541:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.15E+01	4.28E-02	-4.42E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.22E-01	2.53E-01	4.22E-01	2.53E-01	8.07
Flexural buckling Beam Code:542:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.51E+01	-9.54E-02	6.49E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.29E-01	2.58E-01	4.29E-01	2.58E-01	5.87
Flexural buckling Beam Code:543:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.51E+01	1.13E-01	-8.75E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.08E-01	3.40E-01	5.67E-01	4.25E-01	3.22
Flexural buckling Beam Code:544:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.76E+01	-1.67E-01	9.56E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.73E-01	2.84E-01	4.73E-01	2.84E-01	2.44
Flexural buckling Beam Code:545:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.49E+01	-5.72E-02	1.41E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.68E-01	2.81E-01	4.68E-01	2.81E-01	2.68
Flexural buckling Beam Code:546:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.58E+01	1.92E-02	1.73E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.40E-01	3.80E-01	6.33E-01	2.64E-01	5.73
Flexural buckling Beam Code:547:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-3.21E+01	2.02E-02	-8.78E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.52E-01	2.71E-01	4.52E-01	2.71E-01	3.16
Flexural buckling Beam Code:548:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.84E+01	-7.26E-02	2.11E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.78E-01	2.96E-01	4.94E-01	4.07E-01	1.9
Flexural buckling Beam Code:549:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.57E+00	7.09E-02	2.68E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	15.82
Flexural buckling Beam Code:550:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-6.85E+01	-1.72E-01	1.38E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.66E-01	3.16E-01	5.27E-01	3.40E-01	1.4
Flexural buckling Beam Code:551:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.19E+00	-3.52E-02	-4.51E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.75E-01	3.27E-01	5.45E-01	3.45E-01	18.06
Beam Code:552 CHS_60x3:NL:LC1 In Tension																		
Flexural buckling Beam Code:553:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-7.78E+00	6.44E-02	9.97E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.10E-01	2.46E-01	4.10E-01	2.46E-01	10.98
Flexural buckling Beam Code:554:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-6.84E+01	-1.72E-01	-1.38E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.66E-01	3.16E-01	5.26E-01	3.40E-01	1.4
Flexural buckling Beam Code:555:CHS_60x3 NL:LC71 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.57E+00	-1.71E-02	-4.58E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.01E+00	3.86E-01	6.43E-01	6.06E-01	24.55
Flexural buckling Beam Code:556:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.37E+01	7.11E-02	-1.67E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.85E-01	2.91E-01	4.85E-01	2.91E-01	2.14
Flexural buckling Beam Code:557:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-8.36E+00	-5.98E-02	7.24E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.37E-01	3.52E-01	5.86E-01	3.22E-01	9.44
Flexural buckling Beam Code:558:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.40E+01	7.60E-02	7.76E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.78E-01	3.24E-01	5.40E-01	4.07E-01	3.49
Flexural buckling Beam Code:559:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.51E+01	-1.58E-01	9.98E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.68E-01	2.96E-01	4.93E-01	2.81E-01	2.6
Flexural buckling Beam Code:560:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-3.18E+00	7.56E-03	-2.43E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.04E-01	2.43E-01	4.04E-01	2.43E-01	30.53
Flexural buckling Beam Code:561:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-7.22E+01	-8.40E-02	3.14E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	1.08E+00	3.24E-01	5.40E-01	6.47E-01	1.26
Flexural buckling Beam Code:562:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.85E+01	-7.88E-02	-1.36E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.03E-01	2.73E-01	4.55E-01	3.02E-01	3.2
Flexural buckling Beam Code:563:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.01E+01	-8.37E-02	-1.32E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.59E-01	2.75E-01	4.59E-01	2.75E-01	3.05
Flexural buckling Beam Code:564:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.79E+01	-2.50E-01	-1.78E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.46E-01	2.67E-01	4.46E-01	2.67E-01	3.1
Flexural buckling Beam Code:565:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.33E+01	-5.93E-02	-9.61E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.26E-01	3.58E-01	5.96E-01	2.56E-01	6.31
Flexural buckling Beam Code:566:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-6.42E+01	-8.78E-02	-2.33E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	9.97E-01	3.15E-01	5.25E-01	5.98E-01	1.44
Flexural buckling Beam Code:567:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.51E+01	2.34E-02	1.94E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.90E-01	3.16E-01	5.26E-01	3.54E-01	5.92
Flexural buckling Beam Code:568:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.36E+00	1.36E+00	-1.66E+01	4.29E-02	1.69E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.77E-01	6.77E-01	1.00E+00	6.60E-01	2.64E-01	4.40E-01	3.96E-01	4.75
Flexural buckling Beam Code:569:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.24E+01	-7.50E-02	8.03E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.41E-01	3.07E-01	5.11E-01	3.25E-01	6.81
Flexural buckling Beam Code:570:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.87E+01	-9.83E-02	1.25E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.56E-01	2.73E-01	4.56E-01	2.73E-01	3.19
Flexural buckling Beam Code:571:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.73E+01	1.19E-01	-4.47E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.87E-01	6.59E-01	1.10E+00	2.92E-01	2.04
Flexural buckling Beam Code:572:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.47E+00	4.95E-02	-3.82E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	30.02
Flexural buckling Beam Code:573:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-2.06E+01	3.40E-02	-4.79E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	6.15E-01	5.75E-01	9.59E-01	3.69E-01	4.51
Flexural buckling Beam Code:574:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-7.12E+01	-1.23E-01	-2.76E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	7.24E-01	3.23E-01	5.39E-01	4.35E-01	1.29
Flexural buckling Beam Code:575:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.49E+00	4.95E-02	3.79E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.03E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.42E-01	29.92
Flexural buckling Beam Code:576:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.15E+01	-1.67E-02	-7.89E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.15E-01	2.49E-01	4.15E-01	2.49E-01	8.61
Flexural buckling Beam Code:577:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.21E+01	-7.82E-02	-8.93E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.43E-01	2.75E-01	4.58E-01	2.66E-01	4.16
Flexural buckling Beam Code:578:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.34E+00	1.34E+00	-2.61E+01	1.26E-01	-5.89E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.86E-01	6.86E-01	1.00E+00	4.61E-01	3.07E-01	5.11E-01	2.77E-01	3.33
Flexural buckling Beam Code:579:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.19E+00	1.19E+00	-5.50E+01	2.05E-01	4.85E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.02E-01	3.01E-01	5.02E-01	3.01E-01	1.73
Flexural buckling Beam Code:580:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.30E+01	8.75E-03	1.49E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.64E-01	2.78E-01	4.64E-01	2.78E-01	2.85
Flexural buckling Beam Code:581:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.97E+01	4.12E-02	1.67E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.77E-01	2.86E-01	4.77E-01	2.86E-01	2.36

Flexural buckling Beam Code:582:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.17E+01	-8.78E-02	4.71E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.23E-01	2.54E-01	4.23E-01	2.54E-01	7.47
Flexural buckling Beam Code:583:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.31E+01	6.25E-02	9.23E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.30E-01	2.58E-01	4.30E-01	2.58E-01	4.41
Flexural buckling Beam Code:584:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.76E+01	-9.34E-02	-1.10E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.54E-01	2.72E-01	4.54E-01	2.72E-01	3.34
Flexural buckling Beam Code:585:CHS_60x3 NL:LC71 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.63E-01	-1.55E-02	-4.37E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	9.88E-01	3.57E-01	5.95E-01	5.93E-01	51.87
Flexural buckling Beam Code:586:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.78E+00	5.54E-03	-6.54E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.05E-01	2.41E-01	4.02E-01	3.03E-01	37.43
Flexural buckling Beam Code:587:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.17E+01	-1.06E-01	1.73E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.31E-01	2.89E-01	4.81E-01	3.19E-01	2.2
Flexural buckling Beam Code:588:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.47E+01	-1.08E-01	9.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.48E-01	2.69E-01	4.48E-01	2.69E-01	3.68
Flexural buckling Beam Code:589:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.21E+00	1.21E+00	-8.42E+01	-2.81E-01	-3.59E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.30E-01	7.30E-01	1.00E+00	5.61E-01	3.73E-01	6.21E-01	3.37E-01	1.13
Flexural buckling Beam Code:590:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.85E+01	-7.28E-02	-2.12E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.79E-01	2.97E-01	4.94E-01	4.07E-01	1.9
Flexural buckling Beam Code:591:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-3.01E+01	1.08E-01	9.31E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.97E-01	3.50E-01	5.84E-01	4.78E-01	2.72
Beam Code:592 CHS_60x3:NL:LC1 In Tension																		
Flexural buckling Beam Code:593:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.48E+01	1.29E-01	-7.78E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.19E-01	2.63E-01	4.38E-01	4.31E-01	4.94
Flexural buckling Beam Code:594:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.32E+01	1.92E-02	1.76E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.53E-01	2.90E-01	4.84E-01	3.32E-01	2.18
Flexural buckling Beam Code:595:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.68E+00	-3.32E-02	-2.77E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.23E-01	4.86E-01	8.10E-01	3.14E-01	34.18
Flexural buckling Beam Code:596:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.32E+01	-8.90E-02	1.30E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.65E-01	2.79E-01	4.65E-01	2.79E-01	2.79
Flexural buckling Beam Code:597:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.70E+01	-1.03E-01	-1.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.52E-01	2.71E-01	4.52E-01	2.71E-01	3.38
Flexural buckling Beam Code:598:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.44E+01	5.27E-03	1.28E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.41E-01	2.80E-01	4.67E-01	3.25E-01	2.77
Flexural buckling Beam Code:599:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-1.97E+01	-2.10E-01	-9.20E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.61E-01	7.61E-01	1.00E+00	4.32E-01	2.59E-01	4.32E-01	2.59E-01	4.38
Flexural buckling Beam Code:600:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.86E+00	1.01E-02	3.27E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.45E-01	2.42E-01	4.04E-01	3.27E-01	31.44
Flexural buckling Beam Code:601:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-6.44E+01	-8.72E-02	2.34E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	1.01E+00	3.15E-01	5.25E-01	6.07E-01	1.43
Flexural buckling Beam Code:602:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.20E+00	1.20E+00	-1.22E+01	2.08E-01	-1.24E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	6.66E-01	5.46E-01	9.11E-01	4.00E-01	5.02
Flexural buckling Beam Code:603:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.79E+01	1.34E-01	1.16E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.46E-01	6.22E-01	1.04E+00	2.67E-01	3.5
Flexural buckling Beam Code:604:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-3.20E+01	1.97E-02	-8.78E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.52E-01	2.71E-01	4.52E-01	2.71E-01	3.16
Flexural buckling Beam Code:605:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.80E+01	-1.04E-01	2.02E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.71E-01	2.96E-01	4.93E-01	3.43E-01	1.92
Flexural buckling Beam Code:606:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.48E+01	-1.01E-01	1.07E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.48E-01	2.69E-01	4.48E-01	2.69E-01	3.67
Flexural buckling Beam Code:607:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.28E+00	1.28E+00	-5.70E+00	9.17E-02	5.96E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.07E-01	7.07E-01	1.00E+00	4.12E-01	2.47E-01	4.12E-01	2.47E-01	12.84
Flexural buckling Beam Code:608:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.20E+00	1.20E+00	-3.37E+01	2.00E-01	7.94E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.34E-01	7.34E-01	1.00E+00	4.63E-01	2.98E-01	4.96E-01	2.78E-01	2.69
Flexural buckling Beam Code:609:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.97E+01	4.12E-02	-1.67E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.77E-01	2.86E-01	4.77E-01	2.86E-01	2.35
Flexural buckling Beam Code:610:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.63E+01	5.66E-02	1.09E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.21E-01	2.53E-01	4.21E-01	2.53E-01	5.94
Flexural buckling Beam Code:611:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.69E+01	5.75E-02	6.13E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.33E-01	2.60E-01	4.33E-01	2.60E-01	5.52
Flexural buckling Beam Code:612:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.87E+01	-1.55E-01	-2.44E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.56E-01	2.74E-01	4.56E-01	2.74E-01	3.21
Flexural buckling Beam Code:613:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.27E+00	1.27E+00	-5.07E+01	1.26E-01	1.69E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.09E-01	7.09E-01	1.00E+00	1.03E+00	3.04E-01	5.07E-01	6.16E-01	1.73
Flexural buckling Beam Code:614:CHS_60x3 NL:LC19 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.51E+01	-2.86E-01	4.65E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.41E-01	2.65E-01	4.41E-01	2.65E-01	3.47
Flexural buckling Beam Code:615:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.25E+01	8.99E-02	-4.13E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.30E-01	3.74E-01	6.23E-01	3.18E-01	6.33
Flexural buckling Beam Code:616:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.70E+01	-1.13E-01	-2.29E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	6.07E-01	3.06E-01	5.11E-01	3.64E-01	1.62
Flexural buckling Beam Code:617:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.39E+01	-9.17E-02	-8.45E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.47E-01	2.68E-01	4.47E-01	2.68E-01	3.86
Flexural buckling Beam Code:618:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.86E+01	-1.63E-01	6.24E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.55E-01	3.72E-01	6.19E-01	2.73E-01	3.15
Flexural buckling Beam Code:619:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.82E+01	-7.95E-02	-1.29E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.12E-01	2.73E-01	4.55E-01	3.07E-01	3.25
Flexural buckling Beam Code:620:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.19E+00	1.19E+00	-2.16E+01	7.46E-02	4.95E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.82E-01	5.91E-01	9.85E-01	3.49E-01	4.22
Flexural buckling Beam Code:621:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.47E+01	-1.08E-01	-9.92E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.48E-01	2.69E-01	4.48E-01	2.69E-01	3.69
Flexural buckling Beam Code:622:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.51E+00	5.68E-02	-1.10E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	27.7
Flexural buckling Beam Code:623:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.84E+00	1.78E-02	7.04E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	34.36
Flexural buckling Beam Code:624:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.46E+01	1.03E-01	-8.90E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.85E-01	2.77E-01	4.62E-01	4.71E-01	3.3
Flexural buckling Beam Code:625:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-2.96E+01	-1.15E-01	-8.79E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.55E-01	4.41E-01	7.34E-01	2.73E-01	3.09
Flexural buckling Beam Code:626:CHS_60x3 NL:LC21 OK	1.39E+00	1.39E+00	-8.97E+00	4.38E-02	-4.78E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	5.19E-01	2.54E-01	4.23E-01	3.11E-01	9.15
Flexural buckling Beam Code:627:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.22E+01	-7.44E-02	1.37E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.63E-01	2.78E-01	4.63E-01	2.78E-01	2.87
Flexural buckling Beam Code:628:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.19E+00	1.19E+00	-4.23E+01	-1.80E-01	1.46E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.78E-01	4.29E-01	7.14E-01	2.87E-01	2.13
Flexural buckling Beam Code:629:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.42E+00	7.89E-03	-7.57E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	39.69
Flexural buckling Beam Code:630:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.93E+01	-1.71E-01	-6.33E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.57E-01	3.86E-01	6.43E-01	2.74E-01	3.06
Flexural buckling Beam Code:631:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.37E+01	-1.47E-01	-1.10E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.66E-01	3.39E-01	5.66E-01	2.79E-01	2.7
Flexural buckling Beam Code:632:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.85E+01	-7.89E-02	1.36E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.03E-01	2.73E-01	4.56E-01	3.02E-01	3.2
Flexural buckling Beam Code:633:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.80E+01	-1.71E-01	-1.05E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.74E-01	3.36E-01	5.60E-01	2.84E-01	2.39
Flexural buckling Beam Code:634:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.43E+01	3.72E-02	-3.93E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.04E-01	2.62E-01	4.36E-01	3.62E-01	6.06

Flexural buckling Beam Code:635:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.42E+01	1.07E-01	8.47E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.72E-01	3.42E-01	5.70E-01	4.03E-01	3.36
Flexural buckling Beam Code:636:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.18E+01	-8.80E-02	-4.72E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.23E-01	2.54E-01	4.23E-01	2.54E-01	7.42
Flexural buckling Beam Code:637:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-5.03E+00	2.83E-02	-4.67E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.07E-01	2.44E-01	4.07E-01	2.44E-01	18.3
Flexural buckling Beam Code:638:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.50E+01	1.30E-01	7.82E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.20E-01	2.63E-01	4.38E-01	4.32E-01	4.9
Flexural buckling Beam Code:639:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.19E+00	1.19E+00	-3.73E+01	-1.21E-01	-1.96E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	5.45E-01	2.81E-01	4.69E-01	3.27E-01	2.43
Flexural buckling Beam Code:640:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-7.98E+00	4.85E-02	4.28E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.16E-01	2.80E-01	4.67E-01	2.49E-01	11.03
Flexural buckling Beam Code:641:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.75E+01	-8.88E-02	-1.36E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.73E-01	2.84E-01	4.73E-01	2.84E-01	2.49
Flexural buckling Beam Code:642:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.17E+00	1.46E-02	-1.16E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.66E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.80E-01	25.57
Flexural buckling Beam Code:643:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.22E+01	-7.44E-02	-1.37E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.63E-01	2.78E-01	4.63E-01	2.78E-01	2.87
Flexural buckling Beam Code:644:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.16E+01	1.45E-01	1.11E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.35E-01	2.69E-01	4.48E-01	2.61E-01	4.41
Flexural buckling Beam Code:645:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.83E+00	5.07E-02	-7.08E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	31.09
Flexural buckling Beam Code:646:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.48E+01	-1.01E-01	-1.07E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.48E-01	2.69E-01	4.48E-01	2.69E-01	3.68
Flexural buckling Beam Code:647:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.75E+01	-1.44E-01	-1.23E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.79E-01	2.72E-01	4.54E-01	2.88E-01	3.23
Flexural buckling Beam Code:648:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.16E+01	4.31E-02	4.43E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.22E-01	2.53E-01	4.22E-01	2.53E-01	8.02
Flexural buckling Beam Code:649:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.34E+01	-1.48E-01	1.04E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.65E-01	3.33E-01	5.56E-01	2.79E-01	2.72
Flexural buckling Beam Code:650:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.34E+01	-4.01E-02	1.51E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.65E-01	2.79E-01	4.65E-01	2.79E-01	2.79
Flexural buckling Beam Code:651:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-1.31E+01	-3.38E-02	1.14E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	1.06E+00	2.66E-01	4.43E-01	6.36E-01	6.38
Flexural buckling Beam Code:652:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.11E+00	1.11E+00	-6.71E+00	-1.99E-01	3.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.64E-01	7.64E-01	1.00E+00	4.11E-01	2.47E-01	4.11E-01	2.47E-01	7.52
Flexural buckling Beam Code:653:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.85E+00	1.78E-02	-7.03E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	34.34
Flexural buckling Beam Code:654:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.74E+01	-1.47E-01	2.64E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.53E-01	2.72E-01	4.53E-01	2.72E-01	3.36
Flexural buckling Beam Code:655:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.29E+01	8.55E-03	-1.49E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.64E-01	2.78E-01	4.64E-01	2.78E-01	2.86
Flexural buckling Beam Code:656:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.51E+00	5.68E-02	1.10E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	27.77
Flexural buckling Beam Code:657:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.36E+01	1.55E-01	1.11E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.65E-01	2.76E-01	4.60E-01	4.59E-01	3.23
Flexural buckling Beam Code:658:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.60E+00	-4.10E-02	5.43E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.92E-01	3.20E-01	5.33E-01	3.55E-01	13.93
Flexural buckling Beam Code:659:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.36E+01	-1.25E-01	-5.14E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.46E-01	2.68E-01	4.46E-01	2.68E-01	3.88
Flexural buckling Beam Code:660:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.23E+01	-1.39E-01	-9.58E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.63E-01	3.12E-01	5.20E-01	2.78E-01	2.83
Flexural buckling Beam Code:661:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-5.10E+00	5.17E-02	2.07E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.59E-01	3.52E-01	5.87E-01	2.75E-01	16.12
Flexural buckling Beam Code:662:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.29E+01	-8.88E-02	7.67E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.45E-01	2.67E-01	4.45E-01	2.67E-01	4.04
Flexural buckling Beam Code:663:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.12E+00	1.12E+00	-2.80E+01	-2.50E-01	-1.78E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.63E-01	7.63E-01	1.00E+00	4.46E-01	2.67E-01	4.46E-01	2.67E-01	3.09
Flexural buckling Beam Code:664:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.00E+00	1.00E+00	-2.60E+00	1.69E-02	8.88E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.24E-01	2.42E-01	4.03E-01	2.54E-01	25.83
Flexural buckling Beam Code:665:CHS_60x3 NL:LC2 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.85E+01	-7.13E-02	-1.25E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.69E-01	2.73E-01	4.55E-01	2.81E-01	3.24
Flexural buckling Beam Code:666:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.16E+00	1.16E+00	-5.40E+00	-1.20E-01	-4.11E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.47E-01	7.47E-01	1.00E+00	4.10E-01	3.62E-01	6.04E-01	2.46E-01	13.07
Flexural buckling Beam Code:667:CHS_60x3 NL:LC17 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.30E+01	1.70E-02	-1.04E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	5.84E-01	2.50E-01	4.17E-01	3.50E-01	7.46
Flexural buckling Beam Code:668:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.21E+01	-9.97E-02	6.55E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.43E-01	2.66E-01	4.43E-01	2.66E-01	4.17
Flexural buckling Beam Code:669:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.19E+00	1.19E+00	-1.82E+01	1.73E-01	1.20E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.37E-01	7.37E-01	1.00E+00	4.34E-01	2.60E-01	4.34E-01	2.60E-01	4.61
Flexural buckling Beam Code:670:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.20E+00	1.20E+00	-2.72E+01	1.49E-01	-1.87E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.35E-01	7.35E-01	1.00E+00	4.51E-01	2.71E-01	4.51E-01	2.71E-01	3.43
Flexural buckling Beam Code:671:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.19E+00	1.19E+00	-8.15E+01	-2.94E-01	9.19E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.38E-01	7.38E-01	1.00E+00	5.50E-01	4.23E-01	7.05E-01	3.30E-01	1.16
Flexural buckling Beam Code:672:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.94E+01	-1.75E-01	-9.79E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.77E-01	2.87E-01	4.78E-01	2.86E-01	2.33
Flexural buckling Beam Code:673:CHS_60x3 NL:LC5 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.33E+01	-9.63E-02	-8.34E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.45E-01	2.67E-01	4.45E-01	2.67E-01	3.95
Flexural buckling Beam Code:674:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-2.05E+01	5.28E-02	5.74E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	4.52E-01	2.71E-01	4.52E-01	2.71E-01	4.27
Flexural buckling Beam Code:675:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.90E+01	6.94E-02	-6.98E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	8.01E-01	3.12E-01	5.19E-01	4.80E-01	4.29
Flexural buckling Beam Code:676:CHS_60x3 NL:LC18 OK	1.00E+00	1.00E+00	-7.78E+00	6.45E-02	-9.97E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.10E-01	2.46E-01	4.10E-01	2.46E-01	10.97
Flexural buckling Beam Code:677:CHS_60x3 NL:LC22 OK	1.00E+00	1.00E+00	-8.85E+00	1.79E-02	2.59E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	6.27E-01	2.47E-01	4.12E-01	3.76E-01	8.14
Flexural buckling Beam Code:678:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.40E+01	-8.73E-02	-1.55E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	5.26E-01	2.80E-01	4.66E-01	3.16E-01	2.69
Flexural buckling Beam Code:679:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-4.32E+01	1.91E-02	-1.76E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	5.50E-01	2.90E-01	4.84E-01	3.30E-01	2.18
Flexural buckling Beam Code:680:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.21E+00	1.21E+00	-9.29E+01	-3.07E-01	-8.71E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.30E-01	7.30E-01	1.00E+00	5.78E-01	3.47E-01	5.78E-01	3.47E-01	1.02
Flexural buckling Beam Code:681:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.86E+01	6.82E-02	-1.17E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.27E-01	7.27E-01	1.00E+00	4.55E-01	3.12E-01	5.21E-01	2.73E-01	3.22
Flexural buckling Beam Code:682:CHS_60x3 NL:LC4 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.05E+01	-6.43E-02	-8.06E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.40E-01	2.64E-01	4.40E-01	2.64E-01	4.52
Flexural buckling Beam Code:683:CHS_60x3 NL:LC1 OK	1.00E+00	1.00E+00	-1.83E+00	5.06E-02	7.06E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	8.03E-01	8.03E-01	1.00E+00	4.02E-01	2.41E-01	4.02E-01	2.41E-01	31.17
Flexural buckling Beam Code:684:CHS_60x3 NL:LC15 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.80E+01	8.72E-02	7.17E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	7.29E-01	2.67E-01	4.46E-01	4.37E-01	4.45
Flexural buckling Beam Code:685:CHS_60x3 NL:LC11 OK	1.22E+00	1.22E+00	-2.62E+01	-1.04E-01	-1.00E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.51E-01	3.11E-01	5.18E-01	2.71E-01	3.47
Flexural buckling Beam Code:686:CHS_60x3 NL:LC10 OK	1.39E+00	1.39E+00	-1.77E+01	1.02E-01	5.08E-02	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	6.66E-01	6.66E-01	1.00E+00	6.42E-01	3.72E-01	6.19E-01	3.85E-01	4.5
Flexural buckling Beam Code:687:CHS_60x3 NL:LC20 OK	1.22E+00	1.22E+00	-3.34E+01	-3.98E-02	-1.51E-01	class 1	1.48E+02	2.68E+00	2.68E+00	1.05E+00	7.26E-01	7.26E-01	1.00E+00	4.65E-01	2.79E-01	4.65E-01	2.79E-01	2.79

TRAVAMENTOS													
RESISTÊNCIA MECÂNICA													
Info	**X m**	**F kN**	**Fvy kN**	**Fvz kN**	**My kN m**	**Mz kN m**	**Class**	**P kN**	**Pvy kN**	**Pvz kN**	**Mry kN m**	**Mrz kN m**	**SF**
Beam Code:820 CHS_139.7x3:	3.42	-34.40	0.00	0.00	-0.78	0.00	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	6.45
Beam Code:821 CHS_139.7x3:	3.42	-39.70	0.00	0.00	-0.78	0.00	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	5.85
Beam Code:822 CHS_139.7x3:	3.14	-82.60	0.00	0.00	-0.66	0.00	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	3.45
Beam Code:823 CHS_139.7x3:	3.14	-53.50	0.00	0.00	-0.66	0.00	class 2	337.00	124.00	124.00	14.70	14.70	4.91

ENCURVADURA																		
Info	**Ly m**	**Lz m**	**Ned kN**	**My,ed kN m**	**Mz,ed kN m**	**Class**	**Nrk kN**	**My,rk kN m**	**Mz,rk kN m**	**Ym1**	**Chi_y**	**Chi_z**	**Chi_lt**	**Kyy**	**Kyz**	**Kzz**	**Kzy**	**Min SF**
Code:820:CHS_139.7x3 NL:LC2 OK	6.84	6.84	-34.40	-0.78	0.00	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.32	0.32	1.00	1.25	0.75	1.25	0.75	2.62
Code:821:CHS_139.7x3 NL:LC1 OK	6.84	6.84	-39.70	-0.78	0.00	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.32	0.32	1.00	1.29	0.78	1.29	0.78	2.31
Code:822:CHS_139.7x3 NL:LC5 OK	6.27	6.27	-82.60	-0.66	0.00	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.38	0.38	1.00	1.52	0.91	1.52	0.91	1.39
Code:823:CHS_139.7x3 NL:LC4 OK	6.27	6.27	-53.50	-0.66	0.00	class 2	354.00	15.40	15.40	1.05	0.38	0.38	1.00	1.34	0.80	1.34	0.80	2.07

PILARES													
RESISTÊNCIA MECÂNICA													
Info	**X m**	**F kN**	**Fvy kN**	**Fvz kN**	**My kN m**	**Mz kN m**	**Class**	**P kN**	**Pvy kN**	**Pvz kN**	**Mry kN m**	**Mrz kN m**	**SF**
Beam Code:830 CHS_177.8X3:	3.00	-203.00	0.00	0.00	0.00	0.00	class 2	431.00	159.00	159.00	24.00	24.00	2.12
Beam Code:831 CHS_177.8X3:	3.00	-203.00	0.00	0.00	0.00	0.00	class 2	431.00	159.00	159.00	24.00	24.00	2.12
Beam Code:832 CHS_177.8X3:	1.58	-179.00	0.00	0.00	-0.07	0.00	class 2	431.00	159.00	159.00	24.00	24.00	2.39
Beam Code:833 CHS_177.8X3:	3.00	-172.00	0.00	0.00	0.00	0.00	class 2	431.00	159.00	159.00	24.00	24.00	2.52
Beam Code:834 CHS_177.8X3:	3.00	-172.00	0.00	0.00	0.00	0.00	class 2	431.00	159.00	159.00	24.00	24.00	2.51
Beam Code:835 CHS_177.8X3:	1.58	-179.00	0.00	0.00	-0.07	0.00	class 2	431.00	159.00	159.00	24.00	24.00	2.39

ENCURVADURA																		
Info	**Ly m**	**Lz m**	**Ned kN**	**My,ed kN m**	**Mz,ed kN m**	**Class**	**Nrk kN**	**My,rk kN m**	**Mz,rk kN m**	**Ym1**	**Chi_y**	**Chi_z**	**Chi_lt**	**Kyy**	**Kyz**	**Kzz**	**Kzy**	**Min SF**
Code:830:CHS_177.8X3 NL:LC19 OK	3.00	3.00	-203.00	0.00	0.00	class 2	453.00	25.20	25.20	1.05	0.91	0.91	1.00	0.71	0.69	1.15	0.43	1.92
Code:831:CHS_177.8X3 NL:LC19 OK	3.00	3.00	-203.00	0.00	0.00	class 2	453.00	25.20	25.20	1.05	0.91	0.91	1.00	0.71	0.69	1.15	0.43	1.92
Code:832:CHS_177.8X3 NL:LC19 OK	3.16	3.16	-179.00	-0.07	0.00	class 2	453.00	25.20	25.20	1.05	0.89	0.89	1.00	1.13	0.71	1.18	0.68	2.13
Code:833:CHS_177.8X3 NL:LC22 OK	3.00	3.00	-172.00	0.00	0.00	class 2	453.00	25.20	25.20	1.05	0.91	0.91	1.00	0.70	0.42	0.70	0.42	2.28
Code:834:CHS_177.8X3 NL:LC18 OK	3.00	3.00	-172.00	0.00	0.00	class 2	453.00	25.20	25.20	1.05	0.91	0.91	1.00	0.70	0.42	0.70	0.42	2.28
Code:835:CHS_177.8X3 NL:LC19 OK	3.16	3.16	-179.00	-0.07	0.00	class 2	453.00	25.20	25.20	1.05	0.89	0.89	1.00	1.13	0.71	1.18	0.68	2.13

TIRANTES													
RESISTÊNCIA MECÂNICA													
Info	**X m**	**F kN**	**Fvy kN**	**Fvz kN**	**My kN m**	**Mz kN m**	**Class**	**P kN**	**Pvy kN**	**Pvz kN**	**Mry kN m**	**Mrz kN m**	**SF**
Beam Code:836 CHS_88.9x4.0:	1.82	163.00	0.00	0.00	-0.10	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	1.68
Beam Code:837 CHS_88.9x4.0:	1.82	158.00	0.00	0.00	-0.08	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	1.74
Beam Code:838 CHS_88.9x4.0:	1.82	163.00	0.00	0.00	-0.10	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	1.68
Beam Code:839 CHS_88.9x4.0:	1.66	94.20	0.00	0.00	-0.06	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	2.89
Beam Code:840 CHS_88.9x4.0:	1.82	115.00	0.00	0.00	-0.10	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	2.36
Beam Code:841 CHS_88.9x4.0:	1.82	154.00	0.00	0.00	-0.08	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	1.78
Beam Code:842 CHS_88.9x4.0:	1.82	155.00	0.00	0.00	-0.08	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	1.77
Beam Code:843 CHS_88.9x4.0:	1.66	107.00	0.00	0.00	-0.06	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	2.56
Beam Code:844 CHS_88.9x4.0:	1.82	158.00	0.00	0.00	-0.08	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	1.74
Beam Code:845 CHS_88.9x4.0:	1.82	115.00	0.00	0.00	-0.10	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	2.36
Beam Code:846 CHS_88.9x4.0:	1.66	107.00	0.00	0.00	-0.06	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	2.56
Beam Code:847 CHS_88.9x4.0:	1.66	94.20	0.00	0.00	-0.06	0.00	class 1	279.00	103.00	103.00	7.56	7.56	2.89

1 Level:

- Name : Level ±0,00
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: PLINTO_S01 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : C25/30 f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 0,80 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 4,0 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	871	1,00	122,05	0,00	56,13	-0,11	3,32
LC2	design	871	1,00	73,79	-0,00	58,75	-0,14	4,24
LC3	design	871	1,00	156,58	0,00	94,52	-0,17	5,21
LC4	design	871	1,00	-53,42	-0,00	-8,63	-0,01	0,24
LC5	design	871	1,00	17,25	0,00	-17,55	-0,04	1,09
LC6	design	871	1,00	-78,12	0,00	-45,35	0,04	-1,19
LC7	design	871	1,00	74,02	0,20	44,72	0,17	2,06
LC8	design	871	1,00	117,99	-0,20	74,53	-0,53	8,95
LC9	design	871	1,00	145,94	0,00	90,11	-0,25	7,46

LC10	design	871	1,00	44,01	-0,47	28,30	-1,42	15,73
LC11	design	871	1,00	-75,48	0,47	-42,93	1,30	-12,01
LC12	design	871	1,00	-82,32	0,00	-47,32	0,05	-1,39
LC13	design	871	1,00	33,06	0,00	17,87	-0,06	1,71
LC14	design	871	1,00	31,76	-0,00	14,90	-0,06	1,67
LC15	design	871	1,00	156,75	0,00	95,30	-0,17	5,21
LC16	design	871	1,00	156,42	-0,00	93,75	-0,17	5,22
LC17	design	871	1,00	-81,79	-0,00	-46,16	0,04	-1,35
LC18	design	871	1,00	-82,83	0,00	-48,46	0,05	-1,43
LC19	design	871	1,00	150,69	0,00	93,22	-0,25	7,68
LC20	design	871	1,00	150,35	0,00	91,66	-0,25	7,70
LC21	design	871	1,00	-81,79	-0,00	-46,16	0,04	-1,35
LC22	design	871	1,00	-82,83	0,00	-48,46	0,05	-1,43
LC23	design	871	1,00	108,26	0,00	65,39	-0,12	3,63
LC24	design	871	1,00	107,66	-0,00	62,77	-0,12	3,64
LC25	design	871	1,00	-38,78	-0,00	-22,84	-0,02	0,52
LC26	design	871	1,00	-40,55	-0,00	-26,62	-0,01	0,40
LC27	design	871	1,00	105,18	0,00	64,56	-0,18	5,41
LC28	design	871	1,00	104,59	-0,00	61,97	-0,18	5,45
LC29	design	871	1,00	-38,78	-0,00	-22,84	-0,02	0,52
LC30	design	871	1,00	-40,55	-0,00	-26,62	-0,01	0,40
LC31	design	871	1,00	105,94	0,00	48,87	-0,09	2,80
LC32	design	871	1,00	63,60	-0,00	50,70	-0,12	3,67
LC33	design	871	1,00	135,96	0,00	82,17	-0,15	4,45
LC34	design	871	1,00	-47,07	-0,00	-8,02	-0,02	0,48
LC35	design	871	1,00	15,09	0,00	-15,30	-0,03	0,95
LC36	design	871	1,00	-67,87	0,00	-39,66	0,02	-0,73
LC37	design	871	1,00	68,23	0,18	40,88	0,15	1,94
LC38	design	871	1,00	106,68	-0,18	67,08	-0,48	8,14
LC39	design	871	1,00	130,95	0,00	80,55	-0,22	6,73
LC40	design	871	1,00	42,11	-0,41	26,46	-1,28	14,31
LC41	design	871	1,00	-62,25	0,41	-35,97	1,15	-10,36
LC42	design	871	1,00	-67,87	0,00	-39,66	0,02	-0,73
LC43	design	871	1,00	28,43	0,00	15,34	-0,05	1,49
LC44	design	871	1,00	27,27	-0,00	12,76	-0,05	1,45
LC45	design	871	1,00	136,13	0,00	82,95	-0,15	4,44
LC46	design	871	1,00	135,82	-0,00	81,50	-0,15	4,45
LC47	design	871	1,00	-67,41	-0,00	-38,66	0,02	-0,70
LC48	design	871	1,00	-68,31	0,00	-40,65	0,03	-0,76
LC49	design	871	1,00	131,10	0,00	81,23	-0,22	6,72
LC50	design	871	1,00	130,80	0,00	79,86	-0,22	6,74
LC51	design	871	1,00	-67,41	-0,00	-38,66	0,02	-0,70
LC52	design	871	1,00	-68,31	0,00	-40,65	0,03	-0,76
LC53	design	871	1,00	93,69	0,00	56,65	-0,10	3,10
LC54	design	871	1,00	93,16	-0,00	54,36	-0,10	3,11
LC55	design	871	1,00	-30,67	-0,00	-18,72	-0,03	0,81
LC56	design	871	1,00	-32,22	-0,00	-22,00	-0,02	0,71
LC57	design	871	1,00	91,15	0,00	56,03	-0,16	4,71
LC58	design	871	1,00	90,63	-0,00	53,77	-0,16	4,74
LC59	design	871	1,00	-30,67	-0,00	-18,72	-0,03	0,81
LC60	design	871	1,00	-32,22	-0,00	-22,00	-0,02	0,71
LC61	Design SLS(QPR)	871	1,00	88,35	0,00	41,25	-0,08	2,38
LC62	Design SLS(QPR)	871	1,00	55,01	-0,00	42,09	-0,10	3,13
LC63	Design SLS(QPR)	871	1,00	111,59	0,00	66,91	-0,12	3,67
LC64	Design SLS(QPR)	871	1,00	-31,14	-0,00	-3,88	-0,04	1,11
LC65	Design SLS(QPR)	871	1,00	17,84	0,00	-9,10	-0,03	1,03
LC66	Design SLS(QPR)	871	1,00	-46,63	-0,00	-28,40	-0,01	0,19
LC67	Design SLS(QPR)	871	1,00	59,24	0,14	34,90	0,12	1,74
LC68	Design SLS(QPR)	871	1,00	89,31	-0,14	55,62	-0,40	6,86
LC69	Design SLS(QPR)	871	1,00	108,05	0,00	65,91	-0,18	5,59
LC70	Design SLS(QPR)	871	1,00	38,84	-0,32	23,37	-1,04	11,99
LC71	Design SLS(QPR)	871	1,00	-42,70	0,32	-25,67	0,90	-7,81
LC72	Design SLS(QPR)	871	1,00	-46,63	-0,00	-28,40	-0,01	0,19
LC73	Design SLS(QPR)	871	1,00	28,25	0,00	15,04	-0,05	1,47
LC74	Design SLS(QPR)	871	1,00	27,36	-0,00	13,05	-0,05	1,44
LC75	Design SLS(QPR)	871	1,00	111,71	0,00	67,44	-0,12	3,66
LC76	Design SLS(QPR)	871	1,00	111,47	-0,00	66,39	-0,12	3,67
LC77	Design SLS(QPR)	871	1,00	-46,27	-0,00	-27,63	-0,01	0,21
LC78	Design SLS(QPR)	871	1,00	-46,97	-0,00	-29,16	-0,01	0,16
LC79	Design SLS(QPR)	871	1,00	108,17	0,00	66,44	-0,18	5,58

LC80	Design SLS(QPR)	871	1,00	107,93	0,00	65,39	-0,18	5,60
LC81	Design SLS(QPR)	871	1,00	-46,27	-0,00	-27,63	-0,01	0,21
LC82	Design SLS(QPR)	871	1,00	-46,97	-0,00	-29,16	-0,01	0,16
LC83	Design SLS(QPR)	871	1,00	78,56	0,00	46,93	-0,09	2,66
LC84	Design SLS(QPR)	871	1,00	78,14	-0,00	45,15	-0,09	2,67
LC85	Design SLS(QPR)	871	1,00	-18,78	-0,00	-12,65	-0,04	1,18
LC86	Design SLS(QPR)	871	1,00	-20,00	-0,00	-15,19	-0,04	1,10
LC87	Design SLS(QPR)	871	1,00	76,76	0,00	46,59	-0,13	3,98
LC88	Design SLS(QPR)	871	1,00	76,35	-0,00	44,84	-0,13	4,01
LC89	Design SLS(QPR)	871	1,00	-18,78	-0,00	-12,65	-0,04	1,18
LC90	Design SLS(QPR)	871	1,00	-20,00	-0,00	-15,19	-0,04	1,10

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 2,35 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC15 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = 156,75 (kN) Msdy = 95,30 (kN*m) Msdz = 5,21 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = 156,75 (kN) N*etotz = 95,93 (kN*m) N*etoty= 5,21 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	60,8 (cm)	3,3 (cm)
Imperfection	ei:	0,4 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	61,2 (cm)	3,3 (cm)
Minimal	eEdmin:	2,0 (cm)	2,0 (cm)
Total	eEd:	61,2 (cm)	3,3 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
0,80	1,60	11,09	54,77	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 95,30 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 95,30 (kN*m)
ea = $\theta 1$*lo/2 = 0,4 (cm)
$\theta 1 = \theta o * \alpha \eta * \alpha m = 0,01$
$\theta o = 0,01$
$\alpha h = 1,00$
$\alpha m = (0,5(1+1/m))^{0.5} = 1,00$
m = 1,00
Ma = N*ea = 0,63 (kN*m)
MEdmin = 3,13 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 95,93 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
0,80	1,60	11,09	54,77	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = -0,17 (kN*m) MB = 5,21 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 5,21 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 3,13 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 5,21 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC75 (B) (QPR)
  Internal forces:
  N = 111,71 (kN) My = 67,44 (kN*m) Mz = 3,66 (kN*m)

σ(N,My,Mz) > σ_{cr} (N,My,Mz, A_s = 0)
Wkmax = 0,3 (mm)
Wk = 0,2 (mm)
α_{axis} = 87,2 (Deg)
ξ_{axis} = -7,6 (cm)
$s_{r,max}$ = 363,0 (mm)
σ_s = 160,40 (MPa)
h_{eff} = 11,2 (cm)
$\rho c_{p,eff}$ = 1,475 (%)
Wkmax/Wk = 1,72

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 17,09 (cm2)
Ratio: ρ = 0,68 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):

- 4 ϕ12 l = 0,76 (m)
- 4 ϕ20 l = 0,76 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):

stirrups: 5 ϕ8 l = 1,78 (m)
5 ϕ8 l = 1,35 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,20 (m3)
- Formwork = 1,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 16,37 (kG)
  - Density = 81,84 (kG/m3)
  - Average diameter = 10,2 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,35	0,53	5	2,66
8	1,78	0,70	5	3,51
12	0,76	0,67	4	2,70
20	0,76	1,87	4	7,50

1 Level:

- Name : Level +1,19
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: PLINTO_S02 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : C25/30 f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 0,80 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 4,0 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	872	1,00	66,05	0,00	-71,45	-0,10	3,26
LC2	design	872	1,00	107,54	0,00	-67,65	0,01	-0,22
LC3	design	872	1,00	140,81	0,00	-115,92	-0,06	2,05
LC4	design	872	1,00	5,65	-0,00	27,82	-0,02	0,70
LC5	design	872	1,00	-60,31	-0,00	20,70	0,19	-6,05
LC6	design	872	1,00	-87,17	-0,00	66,83	0,22	-7,08
LC7	design	872	1,00	65,53	-0,27	-52,84	0,12	1,62
LC8	design	872	1,00	106,95	0,27	-95,09	-0,39	6,98
LC9	design	872	1,00	131,83	0,00	-112,70	-0,19	6,18

LC10	design	872	1,00	38,44	0,64	-36,60	-1,24	12,28
LC11	design	872	1,00	-85,06	-0,64	66,62	1,36	-15,92
LC12	design	872	1,00	-90,73	-0,00	69,03	0,23	-7,24
LC13	design	872	1,00	27,61	0,00	-20,64	0,01	-0,29
LC14	design	872	1,00	26,37	0,00	-16,36	-0,01	0,27
LC15	design	872	1,00	140,93	0,00	-116,83	-0,06	1,92
LC16	design	872	1,00	140,69	0,00	-114,97	-0,07	2,18
LC17	design	872	1,00	-90,18	-0,00	67,49	0,23	-7,27
LC18	design	872	1,00	-91,27	-0,00	70,58	0,23	-7,21
LC19	design	872	1,00	135,85	0,00	-116,15	-0,19	6,22
LC20	design	872	1,00	135,56	0,00	-114,23	-0,20	6,54
LC21	design	872	1,00	-90,18	-0,00	67,49	0,23	-7,27
LC22	design	872	1,00	-91,27	-0,00	70,58	0,23	-7,21
LC23	design	872	1,00	97,00	0,00	-80,44	-0,02	0,81
LC24	design	872	1,00	96,57	0,00	-77,36	-0,04	1,28
LC25	design	872	1,00	-47,41	-0,00	37,04	0,12	-3,87
LC26	design	872	1,00	-49,24	-0,00	42,11	0,12	-3,73
LC27	design	872	1,00	94,56	0,00	-80,87	-0,12	3,76
LC28	design	872	1,00	94,12	0,00	-77,81	-0,13	4,31
LC29	design	872	1,00	-47,41	-0,00	37,04	0,12	-3,87
LC30	design	872	1,00	-49,24	-0,00	42,11	0,12	-3,73
LC31	design	872	1,00	57,11	0,00	-62,05	-0,08	2,65
LC32	design	872	1,00	93,38	0,00	-59,38	0,02	-0,50
LC33	design	872	1,00	122,46	0,00	-101,33	-0,05	1,51
LC34	design	872	1,00	4,68	-0,00	24,58	-0,02	0,50
LC35	design	872	1,00	-53,61	-0,00	19,37	0,17	-5,33
LC36	design	872	1,00	-76,46	-0,00	59,12	0,19	-6,11
LC37	design	872	1,00	60,31	-0,24	-48,43	0,12	1,36
LC38	design	872	1,00	96,62	0,24	-85,76	-0,35	6,24
LC39	design	872	1,00	118,27	0,00	-101,04	-0,17	5,43
LC40	design	872	1,00	36,25	0,56	-33,49	-1,11	11,08
LC41	design	872	1,00	-71,50	-0,56	56,82	1,19	-13,87
LC42	design	872	1,00	-76,46	-0,00	59,12	0,19	-6,11
LC43	design	872	1,00	23,69	0,00	-17,91	0,01	-0,44
LC44	design	872	1,00	22,55	0,00	-14,10	-0,00	0,04
LC45	design	872	1,00	122,57	0,00	-102,24	-0,04	1,37
LC46	design	872	1,00	122,35	0,00	-100,51	-0,05	1,62
LC47	design	872	1,00	-75,98	-0,00	57,79	0,19	-6,14
LC48	design	872	1,00	-76,92	-0,00	60,45	0,19	-6,08
LC49	design	872	1,00	118,41	0,00	-101,88	-0,16	5,29
LC50	design	872	1,00	118,17	0,00	-100,24	-0,17	5,57
LC51	design	872	1,00	-75,98	-0,00	57,79	0,19	-6,14
LC52	design	872	1,00	-76,92	-0,00	60,45	0,19	-6,08
LC53	design	872	1,00	84,06	0,00	-70,08	-0,01	0,45
LC54	design	872	1,00	83,67	0,00	-67,40	-0,03	0,87
LC55	design	872	1,00	-39,21	-0,00	31,56	0,10	-3,16
LC56	design	872	1,00	-40,81	-0,00	35,96	0,09	-3,04
LC57	design	872	1,00	82,09	0,00	-70,66	-0,10	3,09
LC58	design	872	1,00	81,71	0,00	-68,00	-0,11	3,57
LC59	design	872	1,00	-39,21	-0,00	31,56	0,10	-3,16
LC60	design	872	1,00	-40,81	-0,00	35,96	0,09	-3,04
LC61	Design SLS(QPR)	872	1,00	49,38	0,00	-51,56	-0,06	2,01
LC62	Design SLS(QPR)	872	1,00	77,62	0,00	-50,24	0,02	-0,60
LC63	Design SLS(QPR)	872	1,00	100,36	0,00	-82,75	-0,03	1,01
LC64	Design SLS(QPR)	872	1,00	8,50	0,00	16,47	-0,01	0,43
LC65	Design SLS(QPR)	872	1,00	-38,21	-0,00	13,90	0,12	-3,93
LC66	Design SLS(QPR)	872	1,00	-55,32	-0,00	44,42	0,14	-4,38
LC67	Design SLS(QPR)	872	1,00	52,19	-0,19	-41,53	0,10	0,94
LC68	Design SLS(QPR)	872	1,00	80,73	0,19	-71,26	-0,29	5,04
LC69	Design SLS(QPR)	872	1,00	97,51	0,00	-83,04	-0,13	4,26
LC70	Design SLS(QPR)	872	1,00	32,64	0,44	-28,54	-0,89	9,13
LC71	Design SLS(QPR)	872	1,00	-51,39	-0,44	42,31	0,94	-10,69
LC72	Design SLS(QPR)	872	1,00	-55,32	-0,00	44,42	0,14	-4,38
LC73	Design SLS(QPR)	872	1,00	23,50	0,00	-17,38	0,01	-0,39
LC74	Design SLS(QPR)	872	1,00	22,62	0,00	-14,44	0,00	-0,02
LC75	Design SLS(QPR)	872	1,00	100,44	0,00	-83,35	-0,03	0,92
LC76	Design SLS(QPR)	872	1,00	100,28	0,00	-82,12	-0,03	1,10
LC77	Design SLS(QPR)	872	1,00	-54,95	-0,00	43,40	0,14	-4,40
LC78	Design SLS(QPR)	872	1,00	-55,68	-0,00	45,44	0,14	-4,36
LC79	Design SLS(QPR)	872	1,00	97,60	0,00	-83,66	-0,13	4,15

LC80	Design SLS(QPR)	872	1,00	97,43	0,00	-82,44	-0,14	4,36
LC81	Design SLS(QPR)	872	1,00	-54,95	-0,00	43,40	0,14	-4,40
LC82	Design SLS(QPR)	872	1,00	-55,68	-0,00	45,44	0,14	-4,36
LC83	Design SLS(QPR)	872	1,00	70,26	0,00	-58,05	-0,01	0,23
LC84	Design SLS(QPR)	872	1,00	69,95	0,00	-55,96	-0,02	0,56
LC85	Design SLS(QPR)	872	1,00	-26,99	-0,00	23,32	0,07	-2,10
LC86	Design SLS(QPR)	872	1,00	-28,24	-0,00	26,73	0,06	-1,99
LC87	Design SLS(QPR)	872	1,00	68,94	0,00	-58,77	-0,07	2,35
LC88	Design SLS(QPR)	872	1,00	68,63	0,00	-56,71	-0,09	2,73
LC89	Design SLS(QPR)	872	1,00	-26,99	-0,00	23,32	0,07	-2,10
LC90	Design SLS(QPR)	872	1,00	-28,24	-0,00	26,73	0,06	-1,99

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 1,72 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC19 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = 135,85 (kN) Msdy = -116,15 (kN*m) Msdz = 6,22 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = 135,85 (kN) N*etotz = -116,69 (kN*m) N*etoty= 6,22 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	-85,5 (cm)	4,6 (cm)
Imperfection	ei:	0,4 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	-85,1 (cm)	4,6 (cm)
Minimal	eEdmin:	2,0 (cm)	2,0 (cm)
Total	eEd:	-85,9 (cm)	4,6 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
0,80	1,60	11,09	58,83	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -116,15 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -116,15 (kN*m)
ea = $\theta 1$*lo/2 = 0,4 (cm)
$\theta 1 = \theta o * \alpha \eta * \alpha m = 0,01$
$\theta o = 0,01$
$\alpha h = 1,00$
$\alpha m = (0,5(1+1/m))^{0.5} = 1,00$
m = 1,00
Ma = N*ea = 0,54 (kN*m)
MEdmin = 2,72 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -116,69 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
0,80	1,60	11,09	58,83	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = -0,19 (kN*m) MB = 6,22 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 6,22 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 2,72 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 6,22 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC71 (B) (QPR)
  Internal forces:
  N = -51,39 (kN) My = 42,31 (kN*m) Mz = -10,69 (kN*m)

σ(N,My,Mz) > σ_{cr} (N,My,Mz, $A_s = 0$)
Wkmax = 0,3 (mm)
Wk = 0,3 (mm)
α_{axis} = 101,5 (Deg)
ξ_{axis} = -13,7 (cm)
$s_{r,max}$ = 493,7 (mm)
σ_s = 188,23 (MPa)
h_{eff} = 14,4 (cm)
$\rho c_{p,eff}$ = 0,892 (%)
Wkmax/Wk = 1,08

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 17,09 (cm2)
Ratio: ρ = 0,68 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):

- 4 ϕ12 l = 0,76 (m)
- 4 ϕ20 l = 0,76 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):

stirrups: 5 ϕ8 l = 1,78 (m)
5 ϕ8 l = 1,35 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,20 (m3)
- Formwork = 1,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 16,37 (kG)
  - Density = 81,84 (kG/m3)
  - Average diameter = 10,2 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,35	0,53	5	2,66
8	1,78	0,70	5	3,51
12	0,76	0,67	4	2,70
20	0,76	1,87	4	7,50

1 Level:

- Name : Level +0,10
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: PILAR_S03 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : C25/30 f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 6,0 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	862	1,00	122,04	0,00	0,03	0,00	0,10
LC2	design	862	1,00	69,29	0,00	0,02	0,00	0,06
LC3	design	862	1,00	126,62	0,00	0,03	0,00	0,11
LC4	design	862	1,00	116,93	0,00	0,03	0,00	0,10
LC5	design	862	1,00	143,55	0,00	0,04	0,00	0,12
LC6	design	862	1,00	163,15	0,00	0,04	0,00	0,14
LC7	design	862	1,00	137,30	0,00	0,03	0,00	0,11
LC8	design	862	1,00	65,39	0,00	0,02	0,00	0,05
LC9	design	862	1,00	147,07	0,00	0,04	0,00	0,12

LC10	design	862	1,00	140,54	0,00	0,04	0,00	0,12
LC11	design	862	1,00	95,19	0,00	0,02	0,00	0,08
LC12	design	862	1,00	163,15	0,00	0,04	0,00	0,14
LC13	design	862	1,00	46,78	0,00	0,01	0,00	0,04
LC14	design	862	1,00	44,75	0,00	0,01	0,00	0,04
LC15	design	862	1,00	126,80	0,00	0,03	0,00	0,11
LC16	design	862	1,00	126,45	0,00	0,03	0,00	0,11
LC17	design	862	1,00	163,01	0,00	0,04	0,00	0,14
LC18	design	862	1,00	163,29	0,00	0,04	0,00	0,14
LC19	design	862	1,00	147,40	0,00	0,04	0,00	0,12
LC20	design	862	1,00	147,16	0,00	0,04	0,00	0,12
LC21	design	862	1,00	163,01	0,00	0,04	0,00	0,14
LC22	design	862	1,00	163,29	0,00	0,04	0,00	0,14
LC23	design	862	1,00	94,23	0,00	0,02	0,00	0,08
LC24	design	862	1,00	93,25	0,00	0,02	0,00	0,08
LC25	design	862	1,00	124,73	0,00	0,03	0,00	0,10
LC26	design	862	1,00	125,08	0,00	0,03	0,00	0,10
LC27	design	862	1,00	107,13	0,00	0,03	0,00	0,09
LC28	design	862	1,00	106,28	0,00	0,03	0,00	0,09
LC29	design	862	1,00	124,73	0,00	0,03	0,00	0,10
LC30	design	862	1,00	125,08	0,00	0,03	0,00	0,10
LC31	design	862	1,00	111,60	0,00	0,03	0,00	0,09
LC32	design	862	1,00	65,33	0,00	0,02	0,00	0,05
LC33	design	862	1,00	115,65	0,00	0,03	0,00	0,10
LC34	design	862	1,00	108,72	0,00	0,03	0,00	0,09
LC35	design	862	1,00	133,31	0,00	0,03	0,00	0,11
LC36	design	862	1,00	151,48	0,00	0,04	0,00	0,13
LC37	design	862	1,00	124,67	0,00	0,03	0,00	0,10
LC38	design	862	1,00	63,17	0,00	0,02	0,00	0,05
LC39	design	862	1,00	133,86	0,00	0,03	0,00	0,11
LC40	design	862	1,00	130,87	0,00	0,03	0,00	0,11
LC41	design	862	1,00	89,43	0,00	0,02	0,00	0,07
LC42	design	862	1,00	151,48	0,00	0,04	0,00	0,13
LC43	design	862	1,00	46,61	0,00	0,01	0,00	0,04
LC44	design	862	1,00	44,87	0,00	0,01	0,00	0,04
LC45	design	862	1,00	115,88	0,00	0,03	0,00	0,10
LC46	design	862	1,00	115,47	0,00	0,03	0,00	0,10
LC47	design	862	1,00	151,37	0,00	0,04	0,00	0,13
LC48	design	862	1,00	151,60	0,00	0,04	0,00	0,13
LC49	design	862	1,00	134,00	0,00	0,03	0,00	0,11
LC50	design	862	1,00	133,72	0,00	0,03	0,00	0,11
LC51	design	862	1,00	151,37	0,00	0,04	0,00	0,13
LC52	design	862	1,00	151,60	0,00	0,04	0,00	0,13
LC53	design	862	1,00	87,15	0,00	0,02	0,00	0,07
LC54	design	862	1,00	86,23	0,00	0,02	0,00	0,07
LC55	design	862	1,00	115,67	0,00	0,03	0,00	0,10
LC56	design	862	1,00	115,95	0,00	0,03	0,00	0,10
LC57	design	862	1,00	98,43	0,00	0,02	0,00	0,08
LC58	design	862	1,00	97,59	0,00	0,02	0,00	0,08
LC59	design	862	1,00	115,67	0,00	0,03	0,00	0,10
LC60	design	862	1,00	115,95	0,00	0,03	0,00	0,10
LC61	Design SLS(QPR)	862	1,00	95,90	0,00	0,02	0,00	0,08
LC62	Design SLS(QPR)	862	1,00	59,41	0,00	0,01	0,00	0,05
LC63	Design SLS(QPR)	862	1,00	99,13	0,00	0,02	0,00	0,08
LC64	Design SLS(QPR)	862	1,00	95,13	0,00	0,02	0,00	0,08
LC65	Design SLS(QPR)	862	1,00	116,30	0,00	0,03	0,00	0,10
LC66	Design SLS(QPR)	862	1,00	132,03	0,00	0,03	0,00	0,11
LC67	Design SLS(QPR)	862	1,00	105,19	0,00	0,03	0,00	0,09
LC68	Design SLS(QPR)	862	1,00	59,55	0,00	0,01	0,00	0,05
LC69	Design SLS(QPR)	862	1,00	113,43	0,00	0,03	0,00	0,09
LC70	Design SLS(QPR)	862	1,00	114,77	0,00	0,03	0,00	0,10
LC71	Design SLS(QPR)	862	1,00	80,21	0,00	0,02	0,00	0,07
LC72	Design SLS(QPR)	862	1,00	132,03	0,00	0,03	0,00	0,11
LC73	Design SLS(QPR)	862	1,00	46,42	0,00	0,01	0,00	0,04
LC74	Design SLS(QPR)	862	1,00	45,08	0,00	0,01	0,00	0,04
LC75	Design SLS(QPR)	862	1,00	99,32	0,00	0,02	0,00	0,08
LC76	Design SLS(QPR)	862	1,00	98,96	0,00	0,02	0,00	0,08
LC77	Design SLS(QPR)	862	1,00	131,95	0,00	0,03	0,00	0,11
LC78	Design SLS(QPR)	862	1,00	132,11	0,00	0,03	0,00	0,11
LC79	Design SLS(QPR)	862	1,00	113,59	0,00	0,03	0,00	0,09

LC80	Design SLS(QPR)	862	1,00	113,28	0,00	0,03	0,00	0,09
LC81	Design SLS(QPR)	862	1,00	131,95	0,00	0,03	0,00	0,11
LC82	Design SLS(QPR)	862	1,00	132,11	0,00	0,03	0,00	0,11
LC83	Design SLS(QPR)	862	1,00	76,71	0,00	0,02	0,00	0,06
LC84	Design SLS(QPR)	862	1,00	75,91	0,00	0,02	0,00	0,06
LC85	Design SLS(QPR)	862	1,00	100,73	0,00	0,03	0,00	0,08
LC86	Design SLS(QPR)	862	1,00	100,90	0,00	0,03	0,00	0,08
LC87	Design SLS(QPR)	862	1,00	85,46	0,00	0,02	0,00	0,07
LC88	Design SLS(QPR)	862	1,00	84,71	0,00	0,02	0,00	0,07
LC89	Design SLS(QPR)	862	1,00	100,73	0,00	0,03	0,00	0,08
LC90	Design SLS(QPR)	862	1,00	100,90	0,00	0,03	0,00	0,08

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Safety factors Rd/Ed = 25,52 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC18 (A)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = 163,29 (kN) Msdy = 0,00 (kN*m) Msdz = 0,00 (kN*m)
Design forces:
Upper node
N = 163,29 (kN) N*etotz = 3,27 (kN*m) N*etoty= 3,27 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Imperfection	ei:	0,7 (cm)	0,7 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	0,7 (cm)	0,7 (cm)
Minimal	eEdmin:	2,0 (cm)	2,0 (cm)
Total	eEd:	2,0 (cm)	2,0 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	51,76	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 0,04 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Upper node), Slenderness not taken into account
M0 = 0,00 (kN*m)
ea = $\theta 1$*lo/2 = 0,7 (cm)
$\theta 1 = \theta o * \alpha \eta * \alpha m = 0,01$
$\theta o = 0,01$
$\alpha h = 1,00$
$\alpha m = (0,5(1+1/m))^{0.5} = 1,00$
m = 1,00
Ma = N*ea = 1,06 (kN*m)
MEdmin = 3,27 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 3,27 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	51,76	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 0,14 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Upper node), Slenderness not taken into account
M0 = 0,00 (kN*m)
ea = $\theta 1$*lo/2 = 0,7 (cm)
$\theta 1 = \theta o * \alpha h * \alpha m = 0,01$
$\theta o = 0,01$
$\alpha h = 1,00$
$\alpha m = (0,5(1+1/m))^{0.5} = 1,00$
m = 1,00
Ma = N*ea = 1,06 (kN*m)
MEdmin = 3,27 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 3,27 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC61 (A) (QPR)
  Internal forces:
  N = 95,90 (kN) My = 0,00 (kN*m) Mz = 0,00 (kN*m)

  σ(N,My,Mz) < σ_{cr} (N,My,Mz, $A_s = 0$)
  Wkmax = 0,3 (mm)
  Wk = 0,0 (mm)

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 12,57 (cm2)
Ratio: ρ = 0,50 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ20 l = 1,24 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):
stirrups: 8 ϕ8 l = 1,62 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 17,34 (kG)
  - Density = 53,36 (kG/m3)

- Average diameter = 11,3 (mm)
- Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,62	0,64	8	5,10
20	1,24	3,06	4	12,24

1 Level:

- Name : Level +0,10
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: TIR1_S03 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 5,5 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	875	1,00	-71,06	0,00	-63,75	0,00	-0,39
LC2	design	875	1,00	-40,71	0,00	-36,60	0,00	-0,23
LC3	design	875	1,00	-72,82	0,00	-65,33	0,00	-0,40
LC4	design	875	1,00	-82,79	0,00	-74,24	0,00	-0,46
LC5	design	875	1,00	-96,58	0,00	-86,58	0,00	-0,53
LC6	design	875	1,00	-122,17	0,00	-109,48	0,00	-0,68
LC7	design	875	1,00	-81,36	0,00	-72,92	0,00	-0,45
LC8	design	875	1,00	-37,55	0,00	-33,72	0,00	-0,21
LC9	design	875	1,00	-84,61	0,00	-75,83	0,00	-0,47

LC10	design	875	1,00	-120,32	0,00	-107,77	0,00	-0,66
LC11	design	875	1,00	-48,79	0,00	-43,78	0,00	-0,27
LC12	design	875	1,00	-122,50	0,00	-109,72	0,00	-0,68
LC13	design	875	1,00	-27,47	0,00	-24,75	0,00	-0,15
LC14	design	875	1,00	-26,42	0,00	-23,81	0,00	-0,15
LC15	design	875	1,00	-72,80	0,00	-65,30	0,00	-0,40
LC16	design	875	1,00	-72,85	0,00	-65,35	0,00	-0,40
LC17	design	875	1,00	-122,20	0,00	-109,45	0,00	-0,68
LC18	design	875	1,00	-122,81	0,00	-110,00	0,00	-0,68
LC19	design	875	1,00	-84,38	0,00	-75,67	0,00	-0,47
LC20	design	875	1,00	-84,54	0,00	-75,81	0,00	-0,47
LC21	design	875	1,00	-122,20	0,00	-109,45	0,00	-0,68
LC22	design	875	1,00	-122,81	0,00	-110,00	0,00	-0,68
LC23	design	875	1,00	-54,63	0,00	-49,05	0,00	-0,30
LC24	design	875	1,00	-54,40	0,00	-48,85	0,00	-0,30
LC25	design	875	1,00	-87,49	0,00	-78,40	0,00	-0,48
LC26	design	875	1,00	-88,30	0,00	-79,12	0,00	-0,49
LC27	design	875	1,00	-61,97	0,00	-55,62	0,00	-0,34
LC28	design	875	1,00	-61,87	0,00	-55,52	0,00	-0,34
LC29	design	875	1,00	-87,49	0,00	-78,40	0,00	-0,48
LC30	design	875	1,00	-88,30	0,00	-79,12	0,00	-0,49
LC31	design	875	1,00	-65,47	0,00	-58,70	0,00	-0,36
LC32	design	875	1,00	-38,62	0,00	-34,68	0,00	-0,21
LC33	design	875	1,00	-67,04	0,00	-60,11	0,00	-0,37
LC34	design	875	1,00	-76,01	0,00	-68,13	0,00	-0,42
LC35	design	875	1,00	-88,94	0,00	-79,70	0,00	-0,49
LC36	design	875	1,00	-111,55	0,00	-99,93	0,00	-0,62
LC37	design	875	1,00	-73,95	0,00	-66,29	0,00	-0,41
LC38	design	875	1,00	-36,45	0,00	-32,74	0,00	-0,20
LC39	design	875	1,00	-77,36	0,00	-69,34	0,00	-0,43
LC40	design	875	1,00	-108,75	0,00	-97,42	0,00	-0,60
LC41	design	875	1,00	-46,52	0,00	-41,75	0,00	-0,26
LC42	design	875	1,00	-111,55	0,00	-99,93	0,00	-0,62
LC43	design	875	1,00	-27,62	0,00	-24,84	0,00	-0,15
LC44	design	875	1,00	-26,72	0,00	-24,03	0,00	-0,15
LC45	design	875	1,00	-67,05	0,00	-60,11	0,00	-0,37
LC46	design	875	1,00	-67,04	0,00	-60,11	0,00	-0,37
LC47	design	875	1,00	-111,31	0,00	-99,71	0,00	-0,61
LC48	design	875	1,00	-111,81	0,00	-100,15	0,00	-0,62
LC49	design	875	1,00	-77,31	0,00	-69,30	0,00	-0,43
LC50	design	875	1,00	-77,40	0,00	-69,37	0,00	-0,43
LC51	design	875	1,00	-111,31	0,00	-99,71	0,00	-0,61
LC52	design	875	1,00	-111,81	0,00	-100,15	0,00	-0,62
LC53	design	875	1,00	-50,89	0,00	-45,66	0,00	-0,28
LC54	design	875	1,00	-50,63	0,00	-45,43	0,00	-0,28
LC55	design	875	1,00	-79,87	0,00	-71,58	0,00	-0,44
LC56	design	875	1,00	-80,52	0,00	-72,16	0,00	-0,45
LC57	design	875	1,00	-57,34	0,00	-51,43	0,00	-0,32
LC58	design	875	1,00	-57,16	0,00	-51,27	0,00	-0,32
LC59	design	875	1,00	-79,87	0,00	-71,58	0,00	-0,44
LC60	design	875	1,00	-80,52	0,00	-72,16	0,00	-0,45
LC61	Design SLS(QPR)	875	1,00	-56,51	0,00	-50,68	0,00	-0,31
LC62	Design SLS(QPR)	875	1,00	-35,11	0,00	-31,54	0,00	-0,19
LC63	Design SLS(QPR)	875	1,00	-57,81	0,00	-51,85	0,00	-0,32
LC64	Design SLS(QPR)	875	1,00	-64,65	0,00	-57,97	0,00	-0,36
LC65	Design SLS(QPR)	875	1,00	-76,08	0,00	-68,20	0,00	-0,42
LC66	Design SLS(QPR)	875	1,00	-94,07	0,00	-84,28	0,00	-0,52
LC67	Design SLS(QPR)	875	1,00	-62,40	0,00	-55,96	0,00	-0,35
LC68	Design SLS(QPR)	875	1,00	-34,63	0,00	-31,11	0,00	-0,19
LC69	Design SLS(QPR)	875	1,00	-65,97	0,00	-59,15	0,00	-0,36
LC70	Design SLS(QPR)	875	1,00	-90,58	0,00	-81,16	0,00	-0,50
LC71	Design SLS(QPR)	875	1,00	-42,76	0,00	-38,38	0,00	-0,24
LC72	Design SLS(QPR)	875	1,00	-94,07	0,00	-84,28	0,00	-0,52
LC73	Design SLS(QPR)	875	1,00	-27,52	0,00	-24,75	0,00	-0,15
LC74	Design SLS(QPR)	875	1,00	-26,83	0,00	-24,13	0,00	-0,15
LC75	Design SLS(QPR)	875	1,00	-57,85	0,00	-51,88	0,00	-0,32
LC76	Design SLS(QPR)	875	1,00	-57,78	0,00	-51,82	0,00	-0,32
LC77	Design SLS(QPR)	875	1,00	-93,90	0,00	-84,13	0,00	-0,52
LC78	Design SLS(QPR)	875	1,00	-94,24	0,00	-84,44	0,00	-0,52
LC79	Design SLS(QPR)	875	1,00	-65,98	0,00	-59,15	0,00	-0,36

LC80	Design SLS(QPR)	875	1,00	-65,96	0,00	-59,14	0,00	-0,36
LC81	Design SLS(QPR)	875	1,00	-93,90	0,00	-84,13	0,00	-0,52
LC82	Design SLS(QPR)	875	1,00	-94,24	0,00	-84,44	0,00	-0,52
LC83	Design SLS(QPR)	875	1,00	-44,97	0,00	-40,36	0,00	-0,25
LC84	Design SLS(QPR)	875	1,00	-44,68	0,00	-40,11	0,00	-0,25
LC85	Design SLS(QPR)	875	1,00	-67,74	0,00	-60,73	0,00	-0,37
LC86	Design SLS(QPR)	875	1,00	-68,16	0,00	-61,11	0,00	-0,38
LC87	Design SLS(QPR)	875	1,00	-49,98	0,00	-44,85	0,00	-0,28
LC88	Design SLS(QPR)	875	1,00	-49,75	0,00	-44,64	0,00	-0,28
LC89	Design SLS(QPR)	875	1,00	-67,74	0,00	-60,73	0,00	-0,37
LC90	Design SLS(QPR)	875	1,00	-68,16	0,00	-61,11	0,00	-0,38

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 2,04 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC18 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = -122,81 (kN) Msdy = -110,00 (kN*m) Msdz = -0,68 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = -122,81 (kN) N*etotz = -110,00 (kN*m) N*etoty= -0,68 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	89,6 (cm)	0,6 (cm)
Imperfection	ei:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	89,6 (cm)	0,6 (cm)
II order	e2:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Minimal	eEdmin:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Total	eEd:	89,6 (cm)	0,6 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -110,00 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -110,00 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -110,00 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -0,68 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -0,68 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -0,68 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC78 (B) (QPR)
  Internal forces:
  N = -94,24 (kN) My = -84,44 (kN*m) Mz = -0,52 (kN*m)

σ(N,My,Mz) > σ_{cr} (N,My,Mz, A_s = 0)
Wkmax = 0,3 (mm)
Wk = 0,3 (mm)
α_{axis} = -90,3 (Deg)
ξ_{axis} = -10,8 (cm)
$s_{r,max}$ = 395,5 (mm)
σ_s = 197,65 (MPa)
h_{eff} = 12,0 (cm)
$\rho c_{p,eff}$ = 2,187 (%)
Wkmax/Wk = 1,06

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 32,20 (cm2)
Ratio: ρ = 1,29 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):

- 4 ϕ20 l = 1,25 (m)
- 4 ϕ25 l = 1,25 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):

stirrups: 8 ϕ8 l = 1,66 (m)
8 ϕ8 l = 1,26 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 40,70 (kG)
  - Density = 125,24 (kG/m3)
  - Average diameter = 12,3 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,26	0,50	8	3,99
8	1,66	0,65	8	5,23
20	1,25	3,07	4	12,29
25	1,25	4,80	4	19,20

1 Level:

- Name : Level +0,10
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: TIR2_S03 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 5,5 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	874	1,00	-67,15	0,00	0,33	0,00	-60,24
LC2	design	874	1,00	-40,49	0,00	0,20	0,00	-36,39
LC3	design	874	1,00	-70,79	0,00	0,35	0,00	-63,48
LC4	design	874	1,00	-77,27	0,00	0,39	0,00	-69,28
LC5	design	874	1,00	-74,94	0,00	0,37	0,00	-67,20
LC6	design	874	1,00	-95,18	0,00	0,47	0,00	-85,30
LC7	design	874	1,00	-72,32	0,00	0,36	0,00	-64,81
LC8	design	874	1,00	-40,47	0,00	0,20	0,00	-36,33
LC9	design	874	1,00	-81,30	0,00	0,40	0,00	-72,85

LC10	design	874	1,00	-67,91	0,00	0,34	0,00	-60,86
LC11	design	874	1,00	-65,63	0,00	0,33	0,00	-58,83
LC12	design	874	1,00	-95,31	0,00	0,47	0,00	-85,37
LC13	design	874	1,00	-27,38	0,00	0,14	0,00	-24,67
LC14	design	874	1,00	-25,99	0,00	0,13	0,00	-23,42
LC15	design	874	1,00	-71,06	0,00	0,35	0,00	-63,73
LC16	design	874	1,00	-70,53	0,00	0,35	0,00	-63,25
LC17	design	874	1,00	-95,42	0,00	0,48	0,00	-85,47
LC18	design	874	1,00	-95,19	0,00	0,47	0,00	-85,27
LC19	design	874	1,00	-81,55	0,00	0,41	0,00	-73,11
LC20	design	874	1,00	-81,02	0,00	0,40	0,00	-72,64
LC21	design	874	1,00	-95,42	0,00	0,48	0,00	-85,47
LC22	design	874	1,00	-95,19	0,00	0,47	0,00	-85,27
LC23	design	874	1,00	-53,45	0,00	0,27	0,00	-47,98
LC24	design	874	1,00	-52,47	0,00	0,26	0,00	-47,10
LC25	design	874	1,00	-73,55	0,00	0,37	0,00	-65,91
LC26	design	874	1,00	-73,24	0,00	0,36	0,00	-65,64
LC27	design	874	1,00	-60,20	0,00	0,30	0,00	-54,02
LC28	design	874	1,00	-59,23	0,00	0,30	0,00	-53,15
LC29	design	874	1,00	-73,55	0,00	0,37	0,00	-65,91
LC30	design	874	1,00	-73,24	0,00	0,36	0,00	-65,64
LC31	design	874	1,00	-61,85	0,00	0,31	0,00	-55,45
LC32	design	874	1,00	-38,36	0,00	0,19	0,00	-34,44
LC33	design	874	1,00	-64,99	0,00	0,32	0,00	-58,26
LC34	design	874	1,00	-71,19	0,00	0,35	0,00	-63,80
LC35	design	874	1,00	-70,65	0,00	0,35	0,00	-63,32
LC36	design	874	1,00	-88,62	0,00	0,44	0,00	-79,38
LC37	design	874	1,00	-66,27	0,00	0,33	0,00	-59,40
LC38	design	874	1,00	-38,85	0,00	0,19	0,00	-34,88
LC39	design	874	1,00	-74,30	0,00	0,37	0,00	-66,58
LC40	design	874	1,00	-64,59	0,00	0,32	0,00	-57,89
LC41	design	874	1,00	-60,80	0,00	0,30	0,00	-54,51
LC42	design	874	1,00	-88,62	0,00	0,44	0,00	-79,38
LC43	design	874	1,00	-27,45	0,00	0,14	0,00	-24,68
LC44	design	874	1,00	-26,25	0,00	0,13	0,00	-23,61
LC45	design	874	1,00	-65,28	0,00	0,33	0,00	-58,51
LC46	design	874	1,00	-64,76	0,00	0,32	0,00	-58,05
LC47	design	874	1,00	-88,71	0,00	0,44	0,00	-79,47
LC48	design	874	1,00	-88,52	0,00	0,44	0,00	-79,30
LC49	design	874	1,00	-74,53	0,00	0,37	0,00	-66,79
LC50	design	874	1,00	-74,07	0,00	0,37	0,00	-66,37
LC51	design	874	1,00	-88,71	0,00	0,44	0,00	-79,47
LC52	design	874	1,00	-88,52	0,00	0,44	0,00	-79,30
LC53	design	874	1,00	-49,71	0,00	0,25	0,00	-44,59
LC54	design	874	1,00	-48,84	0,00	0,24	0,00	-43,82
LC55	design	874	1,00	-68,30	0,00	0,34	0,00	-61,22
LC56	design	874	1,00	-68,05	0,00	0,34	0,00	-60,99
LC57	design	874	1,00	-55,64	0,00	0,28	0,00	-49,90
LC58	design	874	1,00	-54,78	0,00	0,27	0,00	-49,12
LC59	design	874	1,00	-68,30	0,00	0,34	0,00	-61,22
LC60	design	874	1,00	-68,05	0,00	0,34	0,00	-60,99
LC61	Design SLS(QPR)	874	1,00	-53,64	0,00	0,27	0,00	-48,10
LC62	Design SLS(QPR)	874	1,00	-34,92	0,00	0,17	0,00	-31,36
LC63	Design SLS(QPR)	874	1,00	-56,04	0,00	0,28	0,00	-50,25
LC64	Design SLS(QPR)	874	1,00	-61,22	0,00	0,31	0,00	-54,89
LC65	Design SLS(QPR)	874	1,00	-62,98	0,00	0,31	0,00	-56,46
LC66	Design SLS(QPR)	874	1,00	-77,47	0,00	0,39	0,00	-69,42
LC67	Design SLS(QPR)	874	1,00	-56,88	0,00	0,28	0,00	-51,00
LC68	Design SLS(QPR)	874	1,00	-36,25	0,00	0,18	0,00	-32,55
LC69	Design SLS(QPR)	874	1,00	-63,45	0,00	0,32	0,00	-56,87
LC70	Design SLS(QPR)	874	1,00	-58,71	0,00	0,29	0,00	-52,64
LC71	Design SLS(QPR)	874	1,00	-53,25	0,00	0,27	0,00	-47,76
LC72	Design SLS(QPR)	874	1,00	-77,47	0,00	0,39	0,00	-69,42
LC73	Design SLS(QPR)	874	1,00	-27,32	0,00	0,14	0,00	-24,56
LC74	Design SLS(QPR)	874	1,00	-26,40	0,00	0,13	0,00	-23,74
LC75	Design SLS(QPR)	874	1,00	-56,24	0,00	0,28	0,00	-50,43
LC76	Design SLS(QPR)	874	1,00	-55,85	0,00	0,28	0,00	-50,08
LC77	Design SLS(QPR)	874	1,00	-77,54	0,00	0,39	0,00	-69,48
LC78	Design SLS(QPR)	874	1,00	-77,42	0,00	0,39	0,00	-69,37
LC79	Design SLS(QPR)	874	1,00	-63,64	0,00	0,32	0,00	-57,05

LC80	Design SLS(QPR)	874	1,00	-63,25	0,00	0,32	0,00	-56,70
LC81	Design SLS(QPR)	874	1,00	-77,54	0,00	0,39	0,00	-69,48
LC82	Design SLS(QPR)	874	1,00	-77,42	0,00	0,39	0,00	-69,37
LC83	Design SLS(QPR)	874	1,00	-43,96	0,00	0,22	0,00	-39,45
LC84	Design SLS(QPR)	874	1,00	-43,27	0,00	0,22	0,00	-38,83
LC85	Design SLS(QPR)	874	1,00	-59,63	0,00	0,30	0,00	-53,46
LC86	Design SLS(QPR)	874	1,00	-59,45	0,00	0,30	0,00	-53,30
LC87	Design SLS(QPR)	874	1,00	-48,61	0,00	0,24	0,00	-43,61
LC88	Design SLS(QPR)	874	1,00	-47,92	0,00	0,24	0,00	-42,99
LC89	Design SLS(QPR)	874	1,00	-59,63	0,00	0,30	0,00	-53,46
LC90	Design SLS(QPR)	874	1,00	-59,45	0,00	0,30	0,00	-53,30

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 2,62 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC17 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = -95,42 (kN) Msdy = 0,48 (kN*m) Msdz = -85,47 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = -95,42 (kN) N*etotz = 0,48 (kN*m) N*etoty= -85,47 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	-0,5 (cm)	89,6 (cm)
Imperfection	ei:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	-0,5 (cm)	89,6 (cm)
II order	e2:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Minimal	eEdmin:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Total	eEd:	-0,5 (cm)	89,6 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 0,48 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 0,48 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 0,48 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -85,47 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -85,47 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -85,47 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC77 (B) (QPR)
  Internal forces:
  N = -77,54 (kN) My = 0,39 (kN*m) Mz = -69,48 (kN*m)

σ(N,My,Mz) > σ_{cr} (N,My,Mz, A_s = 0)
Wkmax = 0,3 (mm)
Wk = 0,2 (mm)
α_{axis} = -180,3 (Deg)
ξ_{axis} = -10,8 (cm)
$s_{r,max}$ = 395,7 (mm)
σ_s = 162,63 (MPa)
h_{eff} = 12,0 (cm)
$\rho c_{p,eff}$ = 2,186 (%)
Wkmax/Wk = 1,40

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 32,20 (cm2)
Ratio: ρ = 1,29 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ20 l = 1,25 (m)
- 4 ϕ25 l = 1,25 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):
stirrups: 8 ϕ8 l = 1,66 (m)
8 ϕ8 l = 1,26 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 40,70 (kG)
  - Density = 125,24 (kG/m3)
  - Average diameter = 12,3 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,26	0,50	8	3,99
8	1,66	0,65	8	5,23
20	1,25	3,07	4	12,29
25	1,25	4,80	4	19,20

1 Level:

- Name : Level +0,40
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: PILAR_S04 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 6,0 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	864	1,00	124,07	0,00	0,01	0,00	0,06
LC2	design	864	1,00	106,12	0,00	0,01	0,00	0,05
LC3	design	864	1,00	169,58	0,00	0,01	0,00	0,08
LC4	design	864	1,00	120,10	0,00	0,01	0,00	0,05
LC5	design	864	1,00	115,32	0,00	0,01	0,00	0,05
LC6	design	864	1,00	154,29	0,00	0,01	0,00	0,07
LC7	design	864	1,00	186,88	0,00	0,01	0,00	0,09
LC8	design	864	1,00	127,74	0,00	0,01	0,00	0,06
LC9	design	864	1,00	198,64	0,00	0,01	0,00	0,09

LC10	design	864	1,00	106,85	0,00	0,01	0,00	0,05
LC11	design	864	1,00	195,94	0,00	0,01	0,00	0,09
LC12	design	864	1,00	155,00	0,00	0,01	0,00	0,07
LC13	design	864	1,00	46,55	0,00	0,00	0,00	0,02
LC14	design	864	1,00	41,72	0,00	0,00	0,00	0,02
LC15	design	864	1,00	169,93	0,00	0,01	0,00	0,08
LC16	design	864	1,00	169,25	0,00	0,01	0,00	0,08
LC17	design	864	1,00	157,19	0,00	0,01	0,00	0,07
LC18	design	864	1,00	152,85	0,00	0,01	0,00	0,07
LC19	design	864	1,00	199,42	0,00	0,01	0,00	0,09
LC20	design	864	1,00	198,82	0,00	0,01	0,00	0,09
LC21	design	864	1,00	157,19	0,00	0,01	0,00	0,07
LC22	design	864	1,00	152,85	0,00	0,01	0,00	0,07
LC23	design	864	1,00	121,53	0,00	0,01	0,00	0,06
LC24	design	864	1,00	120,11	0,00	0,01	0,00	0,05
LC25	design	864	1,00	115,25	0,00	0,01	0,00	0,05
LC26	design	864	1,00	107,71	0,00	0,01	0,00	0,05
LC27	design	864	1,00	140,39	0,00	0,01	0,00	0,06
LC28	design	864	1,00	139,05	0,00	0,01	0,00	0,06
LC29	design	864	1,00	115,25	0,00	0,01	0,00	0,05
LC30	design	864	1,00	107,71	0,00	0,01	0,00	0,05
LC31	design	864	1,00	113,27	0,00	0,01	0,00	0,05
LC32	design	864	1,00	97,09	0,00	0,01	0,00	0,04
LC33	design	864	1,00	153,21	0,00	0,01	0,00	0,07
LC34	design	864	1,00	109,78	0,00	0,01	0,00	0,05
LC35	design	864	1,00	106,63	0,00	0,01	0,00	0,05
LC36	design	864	1,00	141,64	0,00	0,01	0,00	0,06
LC37	design	864	1,00	168,50	0,00	0,01	0,00	0,08
LC38	design	864	1,00	118,44	0,00	0,01	0,00	0,05
LC39	design	864	1,00	179,31	0,00	0,01	0,00	0,08
LC40	design	864	1,00	100,14	0,00	0,01	0,00	0,05
LC41	design	864	1,00	175,30	0,00	0,01	0,00	0,08
LC42	design	864	1,00	141,64	0,00	0,01	0,00	0,06
LC43	design	864	1,00	45,99	0,00	0,00	0,00	0,02
LC44	design	864	1,00	41,59	0,00	0,00	0,00	0,02
LC45	design	864	1,00	153,58	0,00	0,01	0,00	0,07
LC46	design	864	1,00	152,89	0,00	0,01	0,00	0,07
LC47	design	864	1,00	143,56	0,00	0,01	0,00	0,07
LC48	design	864	1,00	139,76	0,00	0,01	0,00	0,06
LC49	design	864	1,00	179,59	0,00	0,01	0,00	0,08
LC50	design	864	1,00	179,02	0,00	0,01	0,00	0,08
LC51	design	864	1,00	143,56	0,00	0,01	0,00	0,07
LC52	design	864	1,00	139,76	0,00	0,01	0,00	0,06
LC53	design	864	1,00	110,78	0,00	0,01	0,00	0,05
LC54	design	864	1,00	109,48	0,00	0,01	0,00	0,05
LC55	design	864	1,00	104,52	0,00	0,01	0,00	0,05
LC56	design	864	1,00	97,92	0,00	0,01	0,00	0,04
LC57	design	864	1,00	127,39	0,00	0,01	0,00	0,06
LC58	design	864	1,00	126,16	0,00	0,01	0,00	0,06
LC59	design	864	1,00	104,52	0,00	0,01	0,00	0,05
LC60	design	864	1,00	97,92	0,00	0,01	0,00	0,04
LC61	Design SLS(QPR)	864	1,00	97,35	0,00	0,01	0,00	0,04
LC62	Design SLS(QPR)	864	1,00	83,53	0,00	0,01	0,00	0,04
LC63	Design SLS(QPR)	864	1,00	128,71	0,00	0,01	0,00	0,06
LC64	Design SLS(QPR)	864	1,00	92,85	0,00	0,01	0,00	0,04
LC65	Design SLS(QPR)	864	1,00	91,51	0,00	0,01	0,00	0,04
LC66	Design SLS(QPR)	864	1,00	119,48	0,00	0,01	0,00	0,05
LC67	Design SLS(QPR)	864	1,00	140,23	0,00	0,01	0,00	0,06
LC68	Design SLS(QPR)	864	1,00	103,26	0,00	0,01	0,00	0,05
LC69	Design SLS(QPR)	864	1,00	149,44	0,00	0,01	0,00	0,07
LC70	Design SLS(QPR)	864	1,00	88,22	0,00	0,01	0,00	0,04
LC71	Design SLS(QPR)	864	1,00	142,84	0,00	0,01	0,00	0,07
LC72	Design SLS(QPR)	864	1,00	119,48	0,00	0,01	0,00	0,05
LC73	Design SLS(QPR)	864	1,00	45,24	0,00	0,00	0,00	0,02
LC74	Design SLS(QPR)	864	1,00	41,86	0,00	0,00	0,00	0,02
LC75	Design SLS(QPR)	864	1,00	128,99	0,00	0,01	0,00	0,06
LC76	Design SLS(QPR)	864	1,00	128,43	0,00	0,01	0,00	0,06
LC77	Design SLS(QPR)	864	1,00	120,98	0,00	0,01	0,00	0,06
LC78	Design SLS(QPR)	864	1,00	118,02	0,00	0,01	0,00	0,05
LC79	Design SLS(QPR)	864	1,00	149,70	0,00	0,01	0,00	0,07

LC80	Design SLS(QPR)	864	1,00	149,19	0,00	0,01	0,00	0,07
LC81	Design SLS(QPR)	864	1,00	120,98	0,00	0,01	0,00	0,06
LC82	Design SLS(QPR)	864	1,00	118,02	0,00	0,01	0,00	0,05
LC83	Design SLS(QPR)	864	1,00	95,02	0,00	0,01	0,00	0,04
LC84	Design SLS(QPR)	864	1,00	93,93	0,00	0,01	0,00	0,04
LC85	Design SLS(QPR)	864	1,00	87,11	0,00	0,01	0,00	0,04
LC86	Design SLS(QPR)	864	1,00	81,90	0,00	0,00	0,00	0,04
LC87	Design SLS(QPR)	864	1,00	108,13	0,00	0,01	0,00	0,05
LC88	Design SLS(QPR)	864	1,00	107,10	0,00	0,01	0,00	0,05
LC89	Design SLS(QPR)	864	1,00	87,11	0,00	0,01	0,00	0,04
LC90	Design SLS(QPR)	864	1,00	81,90	0,00	0,00	0,00	0,04

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Safety factors Rd/Ed = 20,89 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC19 (A)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = 199,42 (kN) Msdy = 0,00 (kN*m) Msdz = 0,00 (kN*m)
Design forces:
Upper node
N = 199,42 (kN) N*etotz = 3,99 (kN*m) N*etoty= 3,99 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Imperfection	ei:	0,7 (cm)	0,7 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	0,7 (cm)	0,7 (cm)
Minimal	eEdmin:	2,0 (cm)	2,0 (cm)
Total	eEd:	2,0 (cm)	2,0 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	46,83	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 0,01 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Upper node), Slenderness not taken into account
M0 = 0,00 (kN*m)
ea = $\theta 1$*lo/2 = 0,7 (cm)
$\theta 1 = \theta o * \alpha \eta * \alpha m = 0,01$
$\theta o = 0,01$
$\alpha h = 1,00$
$\alpha m = (0,5(1+1/m))^{0.5} = 1,00$
m = 1,00
Ma = N*ea = 1,30 (kN*m)
MEdmin = 3,99 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 3,99 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	46,83	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 0,09 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Upper node), Slenderness not taken into account
M0 = 0,00 (kN*m)
ea = $\theta 1$*lo/2 = 0,7 (cm)
$\theta 1 = \theta o * \alpha h * \alpha m = 0{,}01$
$\theta o = 0{,}01$
$\alpha h = 1{,}00$
$\alpha m = (0{,}5(1+1/m))^{0.5} = 1{,}00$
m = 1,00
Ma = N*ea = 1,30 (kN*m)
MEdmin = 3,99 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 3,99 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC61 (A) (QPR)
  Internal forces:
  N = 97,35 (kN) My = 0,00 (kN*m) Mz = 0,00 (kN*m)
  σ(N,My,Mz) < σ_{cr} (N,My,Mz, $A_s = 0$)
  Wkmax = 0,3 (mm)
  Wk = 0,0 (mm)

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 12,57 (cm2)
Ratio: ρ = 0,50 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ20 l = 1,24 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):
stirrups: 8 ϕ8 l = 1,62 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 17,34 (kG)
  - Density = 53,36 (kG/m3)

- Average diameter = 11,3 (mm)
- Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,62	0,64	8	5,10
20	1,24	3,06	4	12,24

1 Level:

- Name : Level +0,40
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: TIR2_S04 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 5,0 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	866	1,00	-79,59	0,00	0,38	0,00	71,23
LC2	design	866	1,00	-54,39	0,00	0,26	0,00	48,73
LC3	design	866	1,00	-94,52	0,00	0,45	0,00	84,55
LC4	design	866	1,00	-124,47	0,00	0,60	0,00	111,28
LC5	design	866	1,00	-47,51	0,00	0,23	0,00	42,58
LC6	design	866	1,00	-121,12	0,00	0,58	0,00	108,29
LC7	design	866	1,00	-101,84	0,00	0,49	0,00	91,04
LC8	design	866	1,00	-81,24	0,00	0,39	0,00	72,65
LC9	design	866	1,00	-108,74	0,00	0,52	0,00	97,20

LC10	design	866	1,00	-95,67	0,00	0,46	0,00	85,53
LC11	design	866	1,00	-123,61	0,00	0,59	0,00	110,48
LC12	design	866	1,00	-121,49	0,00	0,58	0,00	108,58
LC13	design	866	1,00	-30,32	0,00	0,15	0,00	27,24
LC14	design	866	1,00	-25,77	0,00	0,12	0,00	23,18
LC15	design	866	1,00	-94,77	0,00	0,46	0,00	84,77
LC16	design	866	1,00	-94,29	0,00	0,45	0,00	84,35
LC17	design	866	1,00	-123,17	0,00	0,59	0,00	110,08
LC18	design	866	1,00	-119,86	0,00	0,58	0,00	107,13
LC19	design	866	1,00	-109,01	0,00	0,52	0,00	97,49
LC20	design	866	1,00	-108,57	0,00	0,52	0,00	97,09
LC21	design	866	1,00	-123,17	0,00	0,59	0,00	110,08
LC22	design	866	1,00	-119,86	0,00	0,58	0,00	107,13
LC23	design	866	1,00	-69,84	0,00	0,34	0,00	62,52
LC24	design	866	1,00	-68,90	0,00	0,33	0,00	61,68
LC25	design	866	1,00	-88,61	0,00	0,43	0,00	79,23
LC26	design	866	1,00	-82,99	0,00	0,40	0,00	74,21
LC27	design	866	1,00	-79,47	0,00	0,38	0,00	71,12
LC28	design	866	1,00	-78,58	0,00	0,38	0,00	70,32
LC29	design	866	1,00	-88,61	0,00	0,43	0,00	79,23
LC30	design	866	1,00	-82,99	0,00	0,40	0,00	74,21
LC31	design	866	1,00	-72,54	0,00	0,35	0,00	64,89
LC32	design	866	1,00	-51,19	0,00	0,25	0,00	45,83
LC33	design	866	1,00	-86,39	0,00	0,42	0,00	77,25
LC34	design	866	1,00	-110,32	0,00	0,53	0,00	98,61
LC35	design	866	1,00	-46,36	0,00	0,22	0,00	41,52
LC36	design	866	1,00	-110,39	0,00	0,53	0,00	98,67
LC37	design	866	1,00	-92,90	0,00	0,45	0,00	83,06
LC38	design	866	1,00	-75,45	0,00	0,36	0,00	67,49
LC39	design	866	1,00	-99,23	0,00	0,48	0,00	88,71
LC40	design	866	1,00	-87,62	0,00	0,42	0,00	78,35
LC41	design	866	1,00	-111,18	0,00	0,53	0,00	99,37
LC42	design	866	1,00	-110,39	0,00	0,53	0,00	98,67
LC43	design	866	1,00	-30,17	0,00	0,15	0,00	27,07
LC44	design	866	1,00	-25,94	0,00	0,13	0,00	23,29
LC45	design	866	1,00	-86,65	0,00	0,42	0,00	77,48
LC46	design	866	1,00	-86,18	0,00	0,41	0,00	77,06
LC47	design	866	1,00	-111,84	0,00	0,54	0,00	99,97
LC48	design	866	1,00	-108,97	0,00	0,52	0,00	97,41
LC49	design	866	1,00	-99,43	0,00	0,48	0,00	88,89
LC50	design	866	1,00	-99,02	0,00	0,48	0,00	88,52
LC51	design	866	1,00	-111,84	0,00	0,54	0,00	99,97
LC52	design	866	1,00	-108,97	0,00	0,52	0,00	97,41
LC53	design	866	1,00	-64,32	0,00	0,31	0,00	57,55
LC54	design	866	1,00	-63,47	0,00	0,31	0,00	56,79
LC55	design	866	1,00	-80,02	0,00	0,38	0,00	71,56
LC56	design	866	1,00	-75,11	0,00	0,36	0,00	67,18
LC57	design	866	1,00	-72,91	0,00	0,35	0,00	65,22
LC58	design	866	1,00	-72,10	0,00	0,35	0,00	64,49
LC59	design	866	1,00	-80,02	0,00	0,38	0,00	71,56
LC60	design	866	1,00	-75,11	0,00	0,36	0,00	67,18
LC61	Design SLS(QPR)	866	1,00	-61,90	0,00	0,30	0,00	55,39
LC62	Design SLS(QPR)	866	1,00	-45,60	0,00	0,22	0,00	40,84
LC63	Design SLS(QPR)	866	1,00	-73,71	0,00	0,35	0,00	65,93
LC64	Design SLS(QPR)	866	1,00	-87,78	0,00	0,42	0,00	78,49
LC65	Design SLS(QPR)	866	1,00	-43,49	0,00	0,21	0,00	38,95
LC66	Design SLS(QPR)	866	1,00	-92,27	0,00	0,44	0,00	82,50
LC67	Design SLS(QPR)	866	1,00	-78,83	0,00	0,38	0,00	70,50
LC68	Design SLS(QPR)	866	1,00	-65,96	0,00	0,32	0,00	59,01
LC69	Design SLS(QPR)	866	1,00	-84,20	0,00	0,40	0,00	75,30
LC70	Design SLS(QPR)	866	1,00	-74,32	0,00	0,36	0,00	66,47
LC71	Design SLS(QPR)	866	1,00	-91,51	0,00	0,44	0,00	81,82
LC72	Design SLS(QPR)	866	1,00	-92,27	0,00	0,44	0,00	82,50
LC73	Design SLS(QPR)	866	1,00	-29,36	0,00	0,14	0,00	26,34
LC74	Design SLS(QPR)	866	1,00	-26,11	0,00	0,13	0,00	23,44
LC75	Design SLS(QPR)	866	1,00	-73,90	0,00	0,36	0,00	66,10
LC76	Design SLS(QPR)	866	1,00	-73,53	0,00	0,35	0,00	65,77
LC77	Design SLS(QPR)	866	1,00	-93,40	0,00	0,45	0,00	83,50
LC78	Design SLS(QPR)	866	1,00	-91,17	0,00	0,44	0,00	81,52
LC79	Design SLS(QPR)	866	1,00	-84,38	0,00	0,41	0,00	75,45

LC80	Design SLS(QPR)	866	1,00	-84,03	0,00	0,40	0,00	75,14
LC81	Design SLS(QPR)	866	1,00	-93,40	0,00	0,45	0,00	83,50
LC82	Design SLS(QPR)	866	1,00	-91,17	0,00	0,44	0,00	81,52
LC83	Design SLS(QPR)	866	1,00	-55,83	0,00	0,27	0,00	49,97
LC84	Design SLS(QPR)	866	1,00	-55,13	0,00	0,27	0,00	49,34
LC85	Design SLS(QPR)	866	1,00	-66,20	0,00	0,32	0,00	59,23
LC86	Design SLS(QPR)	866	1,00	-62,36	0,00	0,30	0,00	55,80
LC87	Design SLS(QPR)	866	1,00	-62,74	0,00	0,30	0,00	56,14
LC88	Design SLS(QPR)	866	1,00	-62,07	0,00	0,30	0,00	55,54
LC89	Design SLS(QPR)	866	1,00	-66,20	0,00	0,32	0,00	59,23
LC90	Design SLS(QPR)	866	1,00	-62,36	0,00	0,30	0,00	55,80

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 2,03 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC4 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = -124,47 (kN) Msdy = 0,60 (kN*m) Msdz = 111,28 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = -124,47 (kN) N*etotz = 0,60 (kN*m) N*etoty= 111,28 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	-0,5 (cm)	-89,4 (cm)
Imperfection	ei:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	-0,5 (cm)	-89,4 (cm)
II order	e2:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Minimal	eEdmin:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Total	eEd:	-0,5 (cm)	-89,4 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 0,60 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 0,60 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 0,60 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 111,28 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 111,28 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 111,28 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC77 (B) (QPR)
  Internal forces:
  N = -93,40 (kN) My = 0,45 (kN*m) Mz = 83,50 (kN*m)

σ(N,My,Mz) > σ_{cr} (N,My,Mz, A_s = 0)
Wkmax = 0,3 (mm)
Wk = 0,3 (mm)
α_{axis} = 0,3 (Deg)
ξ_{axis} = -10,9 (cm)
$s_{r,max}$ = 379,1 (mm)
σ_s = 192,85 (MPa)
h_{eff} = 12,0 (cm)
$\rho c_{p,eff}$ = 2,180 (%)
Wkmax/Wk = 1,14

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 32,20 (cm2)
Ratio: ρ = 1,29 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ20 l = 1,25 (m)
- 4 ϕ25 l = 1,25 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):
stirrups: 8 ϕ8 l = 1,70 (m)
8 ϕ8 l = 1,29 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 41,05 (kG)
  - Density = 126,30 (kG/m3)
  - Average diameter = 12,3 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,29	0,51	8	4,08
8	1,70	0,67	8	5,36
20	1,25	3,08	4	12,33
25	1,25	4,82	4	19,27

1 Level:

- Name : Level +0,40
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: TIR1_S04 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 5,0 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	865	1,00	-63,47	0,00	0,38	0,00	56,84
LC2	design	865	1,00	-68,67	0,00	0,41	0,00	61,48
LC3	design	865	1,00	-95,44	0,00	0,57	0,00	85,38
LC4	design	865	1,00	-56,11	0,00	0,34	0,00	50,28
LC5	design	865	1,00	-132,53	0,00	0,79	0,00	118,50
LC6	design	865	1,00	-139,23	0,00	0,84	0,00	124,48
LC7	design	865	1,00	-103,32	0,00	0,62	0,00	92,37
LC8	design	865	1,00	-92,82	0,00	0,56	0,00	83,00
LC9	design	865	1,00	-111,37	0,00	0,67	0,00	99,56

LC10	design	865	1,00	-98,75	0,00	0,59	0,00	88,29
LC11	design	865	1,00	-145,71	0,00	0,87	0,00	130,22
LC12	design	865	1,00	-140,57	0,00	0,84	0,00	125,63
LC13	design	865	1,00	-27,04	0,00	0,16	0,00	24,32
LC14	design	865	1,00	-25,00	0,00	0,15	0,00	22,50
LC15	design	865	1,00	-95,69	0,00	0,57	0,00	85,61
LC16	design	865	1,00	-95,18	0,00	0,57	0,00	85,15
LC17	design	865	1,00	-142,21	0,00	0,85	0,00	127,09
LC18	design	865	1,00	-138,96	0,00	0,83	0,00	124,19
LC19	design	865	1,00	-111,58	0,00	0,67	0,00	99,80
LC20	design	865	1,00	-111,12	0,00	0,67	0,00	99,38
LC21	design	865	1,00	-142,21	0,00	0,85	0,00	127,09
LC22	design	865	1,00	-138,96	0,00	0,83	0,00	124,19
LC23	design	865	1,00	-69,46	0,00	0,42	0,00	62,19
LC24	design	865	1,00	-68,45	0,00	0,41	0,00	61,28
LC25	design	865	1,00	-93,76	0,00	0,56	0,00	83,84
LC26	design	865	1,00	-88,15	0,00	0,53	0,00	78,83
LC27	design	865	1,00	-79,61	0,00	0,48	0,00	71,25
LC28	design	865	1,00	-78,64	0,00	0,47	0,00	70,38
LC29	design	865	1,00	-93,76	0,00	0,56	0,00	83,84
LC30	design	865	1,00	-88,15	0,00	0,53	0,00	78,83
LC31	design	865	1,00	-59,24	0,00	0,36	0,00	53,02
LC32	design	865	1,00	-62,39	0,00	0,37	0,00	55,83
LC33	design	865	1,00	-86,83	0,00	0,52	0,00	77,65
LC34	design	865	1,00	-53,18	0,00	0,32	0,00	47,61
LC35	design	865	1,00	-117,82	0,00	0,71	0,00	105,32
LC36	design	865	1,00	-124,64	0,00	0,75	0,00	111,41
LC37	design	865	1,00	-93,47	0,00	0,56	0,00	83,58
LC38	design	865	1,00	-85,36	0,00	0,51	0,00	76,34
LC39	design	865	1,00	-100,88	0,00	0,61	0,00	90,20
LC40	design	865	1,00	-89,34	0,00	0,54	0,00	79,90
LC41	design	865	1,00	-128,74	0,00	0,77	0,00	115,06
LC42	design	865	1,00	-124,64	0,00	0,75	0,00	111,41
LC43	design	865	1,00	-26,99	0,00	0,16	0,00	24,23
LC44	design	865	1,00	-25,19	0,00	0,15	0,00	22,62
LC45	design	865	1,00	-87,10	0,00	0,52	0,00	77,90
LC46	design	865	1,00	-86,59	0,00	0,52	0,00	77,44
LC47	design	865	1,00	-126,07	0,00	0,76	0,00	112,69
LC48	design	865	1,00	-123,24	0,00	0,74	0,00	110,16
LC49	design	865	1,00	-101,09	0,00	0,61	0,00	90,39
LC50	design	865	1,00	-100,67	0,00	0,60	0,00	90,00
LC51	design	865	1,00	-126,07	0,00	0,76	0,00	112,69
LC52	design	865	1,00	-123,24	0,00	0,74	0,00	110,16
LC53	design	865	1,00	-63,82	0,00	0,38	0,00	57,11
LC54	design	865	1,00	-62,91	0,00	0,38	0,00	56,29
LC55	design	865	1,00	-82,67	0,00	0,50	0,00	73,94
LC56	design	865	1,00	-77,75	0,00	0,47	0,00	69,55
LC57	design	865	1,00	-72,79	0,00	0,44	0,00	65,12
LC58	design	865	1,00	-71,90	0,00	0,43	0,00	64,32
LC59	design	865	1,00	-82,67	0,00	0,50	0,00	73,94
LC60	design	865	1,00	-77,75	0,00	0,47	0,00	69,55
LC61	Design SLS(QPR)	865	1,00	-52,40	0,00	0,31	0,00	46,91
LC62	Design SLS(QPR)	865	1,00	-52,85	0,00	0,32	0,00	47,31
LC63	Design SLS(QPR)	865	1,00	-73,51	0,00	0,44	0,00	65,76
LC64	Design SLS(QPR)	865	1,00	-47,38	0,00	0,28	0,00	42,43
LC65	Design SLS(QPR)	865	1,00	-93,23	0,00	0,56	0,00	83,36
LC66	Design SLS(QPR)	865	1,00	-99,59	0,00	0,60	0,00	89,05
LC67	Design SLS(QPR)	865	1,00	-78,34	0,00	0,47	0,00	70,07
LC68	Design SLS(QPR)	865	1,00	-73,23	0,00	0,44	0,00	65,51
LC69	Design SLS(QPR)	865	1,00	-84,67	0,00	0,51	0,00	75,72
LC70	Design SLS(QPR)	865	1,00	-74,16	0,00	0,45	0,00	66,34
LC71	Design SLS(QPR)	865	1,00	-102,19	0,00	0,61	0,00	91,36
LC72	Design SLS(QPR)	865	1,00	-99,59	0,00	0,60	0,00	89,05
LC73	Design SLS(QPR)	865	1,00	-26,75	0,00	0,16	0,00	24,01
LC74	Design SLS(QPR)	865	1,00	-25,37	0,00	0,15	0,00	22,78
LC75	Design SLS(QPR)	865	1,00	-73,71	0,00	0,44	0,00	65,94
LC76	Design SLS(QPR)	865	1,00	-73,32	0,00	0,44	0,00	65,59
LC77	Design SLS(QPR)	865	1,00	-100,71	0,00	0,60	0,00	90,04
LC78	Design SLS(QPR)	865	1,00	-98,50	0,00	0,59	0,00	88,07
LC79	Design SLS(QPR)	865	1,00	-84,85	0,00	0,51	0,00	75,89

LC80	Design SLS(QPR)	865	1,00	-84,48	0,00	0,51	0,00	75,55
LC81	Design SLS(QPR)	865	1,00	-100,71	0,00	0,60	0,00	90,04
LC82	Design SLS(QPR)	865	1,00	-98,50	0,00	0,59	0,00	88,07
LC83	Design SLS(QPR)	865	1,00	-55,13	0,00	0,33	0,00	49,35
LC84	Design SLS(QPR)	865	1,00	-54,38	0,00	0,33	0,00	48,69
LC85	Design SLS(QPR)	865	1,00	-65,41	0,00	0,39	0,00	58,53
LC86	Design SLS(QPR)	865	1,00	-61,54	0,00	0,37	0,00	55,08
LC87	Design SLS(QPR)	865	1,00	-62,24	0,00	0,37	0,00	55,70
LC88	Design SLS(QPR)	865	1,00	-61,52	0,00	0,37	0,00	55,05
LC89	Design SLS(QPR)	865	1,00	-65,41	0,00	0,39	0,00	58,53
LC90	Design SLS(QPR)	865	1,00	-61,54	0,00	0,37	0,00	55,08

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 1,74 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC11 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = -145,71 (kN) Msdy = 0,87 (kN*m) Msdz = 130,22 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = -145,71 (kN) N*etotz = 0,87 (kN*m) N*etoty= 130,22 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	-0,6 (cm)	-89,4 (cm)
Imperfection	ei:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	-0,6 (cm)	-89,4 (cm)
II order	e2:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Minimal	eEdmin:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Total	eEd:	-0,6 (cm)	-89,4 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 0,87 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 0,87 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 0,87 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 130,22 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 130,22 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 130,22 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC71 (B) (QPR)
  Internal forces:
  N = -102,19 (kN) My = 0,61 (kN*m) Mz = 91,36 (kN*m)

σ(N,My,Mz) > σ_{cr} (N,My,Mz, A_s = 0)
Wkmax = 0,3 (mm)
Wk = 0,3 (mm)
α_{axis} = 0,3 (Deg)
ξ_{axis} = -10,9 (cm)
$s_{r,max}$ = 378,8 (mm)
σ_s = 211,00 (MPa)
h_{eff} = 12,0 (cm)
$\rho c_{p,eff}$ = 2,184 (%)
Wkmax/Wk = 1,01

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 32,20 (cm2)
Ratio: ρ = 1,29 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ20 l = 1,25 (m)
- 4 ϕ25 l = 1,25 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):

stirrups:	8 ϕ8	l = 1,70 (m)
	8 ϕ8	l = 1,29 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 41,05 (kG)
  - Density = 126,30 (kG/m3)
  - Average diameter = 12,3 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
8	1,29	0,51	8	4,08
8	1,70	0,67	8	5,36
20	1,25	3,08	4	12,33
25	1,25	4,82	4	19,27

1 Level:

- Name : Level +0,80
- Reference level : -0,50 (m)
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : X0
- Structure class : S1

2 Column: PILAR_S05 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 5,5 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	867	1,00	81,39	0,00	-0,08	0,00	-35,12
LC2	design	867	1,00	138,33	0,00	-0,14	0,00	-59,77
LC3	design	867	1,00	150,45	0,00	-0,15	0,00	-65,02
LC4	design	867	1,00	134,91	0,00	-0,14	0,00	-58,29
LC5	design	867	1,00	110,13	0,00	-0,11	0,00	-47,56
LC6	design	867	1,00	151,33	0,00	-0,15	0,00	-65,40
LC7	design	867	1,00	159,53	0,00	-0,16	0,00	-68,97
LC8	design	867	1,00	72,05	0,00	-0,07	0,00	-31,11
LC9	design	867	1,00	172,31	0,00	-0,17	0,00	-74,51

LC10	design	867	1,00	121,91	0,00	-0,12	0,00	-52,69
LC11	design	867	1,00	101,83	0,00	-0,10	0,00	-44,00
LC12	design	867	1,00	151,34	0,00	-0,15	0,00	-65,43
LC13	design	867	1,00	49,88	0,00	-0,05	0,00	-21,48
LC14	design	867	1,00	47,18	0,00	-0,05	0,00	-20,30
LC15	design	867	1,00	150,87	0,00	-0,15	0,00	-65,20
LC16	design	867	1,00	150,03	0,00	-0,15	0,00	-64,83
LC17	design	867	1,00	151,42	0,00	-0,15	0,00	-65,47
LC18	design	867	1,00	151,25	0,00	-0,15	0,00	-65,39
LC19	design	867	1,00	173,02	0,00	-0,17	0,00	-74,79
LC20	design	867	1,00	172,26	0,00	-0,17	0,00	-74,45
LC21	design	867	1,00	151,42	0,00	-0,15	0,00	-65,47
LC22	design	867	1,00	151,25	0,00	-0,15	0,00	-65,39
LC23	design	867	1,00	112,51	0,00	-0,11	0,00	-48,60
LC24	design	867	1,00	110,82	0,00	-0,11	0,00	-47,85
LC25	design	867	1,00	109,50	0,00	-0,11	0,00	-47,32
LC26	design	867	1,00	109,07	0,00	-0,11	0,00	-47,13
LC27	design	867	1,00	127,00	0,00	-0,13	0,00	-54,87
LC28	design	867	1,00	125,39	0,00	-0,13	0,00	-54,16
LC29	design	867	1,00	109,50	0,00	-0,11	0,00	-47,32
LC30	design	867	1,00	109,07	0,00	-0,11	0,00	-47,13
LC31	design	867	1,00	76,80	0,00	-0,08	0,00	-33,16
LC32	design	867	1,00	126,45	0,00	-0,13	0,00	-54,65
LC33	design	867	1,00	137,56	0,00	-0,14	0,00	-59,47
LC34	design	867	1,00	125,84	0,00	-0,13	0,00	-54,39
LC35	design	867	1,00	99,66	0,00	-0,10	0,00	-43,06
LC36	design	867	1,00	138,05	0,00	-0,14	0,00	-59,68
LC37	design	867	1,00	145,60	0,00	-0,15	0,00	-62,95
LC38	design	867	1,00	69,24	0,00	-0,07	0,00	-29,89
LC39	design	867	1,00	157,32	0,00	-0,16	0,00	-68,02
LC40	design	867	1,00	111,24	0,00	-0,11	0,00	-48,07
LC41	design	867	1,00	95,45	0,00	-0,10	0,00	-41,23
LC42	design	867	1,00	138,05	0,00	-0,14	0,00	-59,68
LC43	design	867	1,00	49,49	0,00	-0,05	0,00	-21,34
LC44	design	867	1,00	47,16	0,00	-0,05	0,00	-20,33
LC45	design	867	1,00	138,01	0,00	-0,14	0,00	-59,66
LC46	design	867	1,00	137,18	0,00	-0,14	0,00	-59,30
LC47	design	867	1,00	138,13	0,00	-0,14	0,00	-59,72
LC48	design	867	1,00	137,97	0,00	-0,14	0,00	-59,64
LC49	design	867	1,00	157,67	0,00	-0,16	0,00	-68,17
LC50	design	867	1,00	156,97	0,00	-0,16	0,00	-67,87
LC51	design	867	1,00	138,13	0,00	-0,14	0,00	-59,72
LC52	design	867	1,00	137,97	0,00	-0,14	0,00	-59,64
LC53	design	867	1,00	103,86	0,00	-0,10	0,00	-44,88
LC54	design	867	1,00	102,33	0,00	-0,10	0,00	-44,21
LC55	design	867	1,00	100,19	0,00	-0,10	0,00	-43,29
LC56	design	867	1,00	99,78	0,00	-0,10	0,00	-43,10
LC57	design	867	1,00	116,69	0,00	-0,12	0,00	-50,44
LC58	design	867	1,00	115,22	0,00	-0,12	0,00	-49,79
LC59	design	867	1,00	100,19	0,00	-0,10	0,00	-43,29
LC60	design	867	1,00	99,78	0,00	-0,10	0,00	-43,10
LC61	Design SLS(QPR)	867	1,00	70,05	0,00	-0,07	0,00	-30,24
LC62	Design SLS(QPR)	867	1,00	108,57	0,00	-0,11	0,00	-46,92
LC63	Design SLS(QPR)	867	1,00	118,03	0,00	-0,12	0,00	-51,01
LC64	Design SLS(QPR)	867	1,00	110,91	0,00	-0,11	0,00	-47,93
LC65	Design SLS(QPR)	867	1,00	83,08	0,00	-0,08	0,00	-35,88
LC66	Design SLS(QPR)	867	1,00	116,77	0,00	-0,12	0,00	-50,47
LC67	Design SLS(QPR)	867	1,00	123,91	0,00	-0,12	0,00	-53,56
LC68	Design SLS(QPR)	867	1,00	64,75	0,00	-0,07	0,00	-27,95
LC69	Design SLS(QPR)	867	1,00	133,92	0,00	-0,14	0,00	-57,89
LC70	Design SLS(QPR)	867	1,00	94,29	0,00	-0,10	0,00	-40,74
LC71	Design SLS(QPR)	867	1,00	85,30	0,00	-0,09	0,00	-36,84
LC72	Design SLS(QPR)	867	1,00	116,77	0,00	-0,12	0,00	-50,47
LC73	Design SLS(QPR)	867	1,00	49,23	0,00	-0,05	0,00	-21,23
LC74	Design SLS(QPR)	867	1,00	47,45	0,00	-0,05	0,00	-20,45
LC75	Design SLS(QPR)	867	1,00	118,36	0,00	-0,12	0,00	-51,16
LC76	Design SLS(QPR)	867	1,00	117,70	0,00	-0,12	0,00	-50,87
LC77	Design SLS(QPR)	867	1,00	116,85	0,00	-0,12	0,00	-50,50
LC78	Design SLS(QPR)	867	1,00	116,70	0,00	-0,12	0,00	-50,43
LC79	Design SLS(QPR)	867	1,00	134,22	0,00	-0,14	0,00	-58,02

LC80	Design SLS(QPR)	867	1,00	133,61	0,00	-0,13	0,00	-57,75
LC81	Design SLS(QPR)	867	1,00	116,85	0,00	-0,12	0,00	-50,50
LC82	Design SLS(QPR)	867	1,00	116,70	0,00	-0,12	0,00	-50,43
LC83	Design SLS(QPR)	867	1,00	91,05	0,00	-0,09	0,00	-39,33
LC84	Design SLS(QPR)	867	1,00	89,78	0,00	-0,09	0,00	-38,78
LC85	Design SLS(QPR)	867	1,00	85,55	0,00	-0,09	0,00	-36,95
LC86	Design SLS(QPR)	867	1,00	85,17	0,00	-0,09	0,00	-36,78
LC87	Design SLS(QPR)	867	1,00	101,26	0,00	-0,10	0,00	-43,75
LC88	Design SLS(QPR)	867	1,00	100,03	0,00	-0,10	0,00	-43,22
LC89	Design SLS(QPR)	867	1,00	85,55	0,00	-0,09	0,00	-36,95
LC90	Design SLS(QPR)	867	1,00	85,17	0,00	-0,09	0,00	-36,78

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Safety factors Rd/Ed = 2,61 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC19 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = 173,02 (kN) Msdy = -0,17 (kN*m) Msdz = -74,79 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = 173,02 (kN) N*etotz = -3,46 (kN*m) N*etoty= -75,91 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	-0,1 (cm)	-43,2 (cm)
Imperfection	ei:	0,0 (cm)	0,7 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	-0,1 (cm)	-42,6 (cm)
Minimal	eEdmin:	2,0 (cm)	2,0 (cm)
Total	eEd:	-2,0 (cm)	-43,9 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	50,28	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -0,17 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -0,17 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 3,46 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -3,46 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	50,28	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -74,79 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -74,79 (kN*m)
ea = $\theta 1$*lo/2 = 0,7 (cm)
$\theta 1 = \theta o * \alpha h * \alpha m = 0,01$
$\theta o = 0,01$
$\alpha h = 1,00$
$\alpha m = (0,5(1+1/m))^{0.5} = 1,00$
m = 1,00
Ma = N*ea = 1,12 (kN*m)
MEdmin = 3,46 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -75,91 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC61 (A) (QPR)
  Internal forces:
  N = 70,05 (kN) My = 0,00 (kN*m) Mz = 0,00 (kN*m)
  σ(N,My,Mz) < σ_{cr} (N,My,Mz, $A_s = 0$)
  Wkmax = 0,4 (mm)
  Wk = 0,0 (mm)

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 12,57 (cm2)
Ratio: ρ = 0,50 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ20 l = 1,25 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):
stirrups: 8 ϕ8 l = 1,66 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 17,52 (kG)
  - Density = 53,90 (kG/m3)
  - Average diameter = 11,3 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length	Weight	Number	Total weight

	(m)	(kG)	(No.)	(kG)
8	1,66	0,65	8	5,23
20	1,25	3,07	4	12,29

1 Level:

- Name : Level +0,80
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: TIR1_S05 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 5,5 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	868	1,00	-43,67	0,00	-0,07	0,00	-26,89
LC2	design	868	1,00	-71,77	0,00	-0,11	0,00	-44,12
LC3	design	868	1,00	-76,74	0,00	-0,11	0,00	-47,17
LC4	design	868	1,00	-66,64	0,00	-0,10	0,00	-40,97
LC5	design	868	1,00	-74,60	0,00	-0,11	0,00	-45,85
LC6	design	868	1,00	-89,50	0,00	-0,13	0,00	-54,99
LC7	design	868	1,00	-75,77	0,00	-0,11	0,00	-46,54
LC8	design	868	1,00	-42,67	0,00	-0,06	0,00	-26,25
LC9	design	868	1,00	-86,66	0,00	-0,13	0,00	-53,21

LC10	design	868	1,00	-65,27	0,00	-0,10	0,00	-40,10
LC11	design	868	1,00	-63,86	0,00	-0,10	0,00	-39,24
LC12	design	868	1,00	-89,71	0,00	-0,13	0,00	-55,09
LC13	design	868	1,00	-27,80	0,00	-0,05	0,00	-17,15
LC14	design	868	1,00	-26,15	0,00	-0,04	0,00	-16,15
LC15	design	868	1,00	-77,06	0,00	-0,12	0,00	-47,36
LC16	design	868	1,00	-76,42	0,00	-0,11	0,00	-46,96
LC17	design	868	1,00	-89,80	0,00	-0,14	0,00	-55,14
LC18	design	868	1,00	-89,61	0,00	-0,13	0,00	-55,03
LC19	design	868	1,00	-86,93	0,00	-0,13	0,00	-53,41
LC20	design	868	1,00	-86,30	0,00	-0,13	0,00	-53,03
LC21	design	868	1,00	-89,80	0,00	-0,14	0,00	-55,14
LC22	design	868	1,00	-89,61	0,00	-0,13	0,00	-55,03
LC23	design	868	1,00	-58,88	0,00	-0,09	0,00	-36,21
LC24	design	868	1,00	-57,70	0,00	-0,08	0,00	-35,49
LC25	design	868	1,00	-63,77	0,00	-0,10	0,00	-39,18
LC26	design	868	1,00	-63,39	0,00	-0,09	0,00	-38,95
LC27	design	868	1,00	-65,52	0,00	-0,10	0,00	-40,28
LC28	design	868	1,00	-64,34	0,00	-0,09	0,00	-39,56
LC29	design	868	1,00	-63,77	0,00	-0,10	0,00	-39,18
LC30	design	868	1,00	-63,39	0,00	-0,09	0,00	-38,95
LC31	design	868	1,00	-41,58	0,00	-0,06	0,00	-25,58
LC32	design	868	1,00	-66,07	0,00	-0,10	0,00	-40,59
LC33	design	868	1,00	-70,84	0,00	-0,11	0,00	-43,52
LC34	design	868	1,00	-63,20	0,00	-0,09	0,00	-38,83
LC35	design	868	1,00	-66,52	0,00	-0,10	0,00	-40,87
LC36	design	868	1,00	-81,33	0,00	-0,12	0,00	-49,95
LC37	design	868	1,00	-69,99	0,00	-0,10	0,00	-42,99
LC38	design	868	1,00	-40,75	0,00	-0,06	0,00	-25,07
LC39	design	868	1,00	-79,68	0,00	-0,12	0,00	-48,94
LC40	design	868	1,00	-59,69	0,00	-0,09	0,00	-36,68
LC41	design	868	1,00	-59,17	0,00	-0,09	0,00	-36,36
LC42	design	868	1,00	-81,33	0,00	-0,12	0,00	-49,95
LC43	design	868	1,00	-27,77	0,00	-0,05	0,00	-17,11
LC44	design	868	1,00	-26,35	0,00	-0,04	0,00	-16,24
LC45	design	868	1,00	-71,17	0,00	-0,11	0,00	-43,72
LC46	design	868	1,00	-70,55	0,00	-0,10	0,00	-43,34
LC47	design	868	1,00	-81,41	0,00	-0,12	0,00	-50,00
LC48	design	868	1,00	-81,25	0,00	-0,12	0,00	-49,90
LC49	design	868	1,00	-79,96	0,00	-0,12	0,00	-49,11
LC50	design	868	1,00	-79,40	0,00	-0,12	0,00	-48,77
LC51	design	868	1,00	-81,41	0,00	-0,12	0,00	-50,00
LC52	design	868	1,00	-81,25	0,00	-0,12	0,00	-49,90
LC53	design	868	1,00	-54,87	0,00	-0,08	0,00	-33,72
LC54	design	868	1,00	-53,82	0,00	-0,08	0,00	-33,08
LC55	design	868	1,00	-58,12	0,00	-0,09	0,00	-35,72
LC56	design	868	1,00	-57,78	0,00	-0,08	0,00	-35,51
LC57	design	868	1,00	-60,81	0,00	-0,09	0,00	-37,37
LC58	design	868	1,00	-59,76	0,00	-0,09	0,00	-36,72
LC59	design	868	1,00	-58,12	0,00	-0,09	0,00	-35,72
LC60	design	868	1,00	-57,78	0,00	-0,08	0,00	-35,51
LC61	Design SLS(QPR)	868	1,00	-38,19	0,00	-0,06	0,00	-23,50
LC62	Design SLS(QPR)	868	1,00	-57,23	0,00	-0,09	0,00	-35,17
LC63	Design SLS(QPR)	868	1,00	-61,54	0,00	-0,09	0,00	-37,81
LC64	Design SLS(QPR)	868	1,00	-56,97	0,00	-0,08	0,00	-35,01
LC65	Design SLS(QPR)	868	1,00	-53,80	0,00	-0,08	0,00	-33,07
LC66	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,15	0,00	-0,10	0,00	-41,87
LC67	Design SLS(QPR)	868	1,00	-60,91	0,00	-0,09	0,00	-37,43
LC68	Design SLS(QPR)	868	1,00	-37,71	0,00	-0,06	0,00	-23,21
LC69	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,75	0,00	-0,10	0,00	-42,23
LC70	Design SLS(QPR)	868	1,00	-50,85	0,00	-0,08	0,00	-31,26
LC71	Design SLS(QPR)	868	1,00	-51,87	0,00	-0,08	0,00	-31,89
LC72	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,15	0,00	-0,10	0,00	-41,87
LC73	Design SLS(QPR)	868	1,00	-27,61	0,00	-0,04	0,00	-17,01
LC74	Design SLS(QPR)	868	1,00	-26,52	0,00	-0,04	0,00	-16,34
LC75	Design SLS(QPR)	868	1,00	-61,77	0,00	-0,09	0,00	-37,95
LC76	Design SLS(QPR)	868	1,00	-61,30	0,00	-0,09	0,00	-37,67
LC77	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,22	0,00	-0,10	0,00	-41,91
LC78	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,08	0,00	-0,10	0,00	-41,83
LC79	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,97	0,00	-0,10	0,00	-42,37

LC80	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,52	0,00	-0,10	0,00	-42,09
LC81	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,22	0,00	-0,10	0,00	-41,91
LC82	Design SLS(QPR)	868	1,00	-68,08	0,00	-0,10	0,00	-41,83
LC83	Design SLS(QPR)	868	1,00	-48,59	0,00	-0,08	0,00	-29,88
LC84	Design SLS(QPR)	868	1,00	-47,75	0,00	-0,07	0,00	-29,36
LC85	Design SLS(QPR)	868	1,00	-49,35	0,00	-0,08	0,00	-30,34
LC86	Design SLS(QPR)	868	1,00	-49,06	0,00	-0,07	0,00	-30,16
LC87	Design SLS(QPR)	868	1,00	-53,40	0,00	-0,08	0,00	-32,82
LC88	Design SLS(QPR)	868	1,00	-52,56	0,00	-0,08	0,00	-32,31
LC89	Design SLS(QPR)	868	1,00	-49,35	0,00	-0,08	0,00	-30,34
LC90	Design SLS(QPR)	868	1,00	-49,06	0,00	-0,07	0,00	-30,16

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 2,12 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC17 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = -89,80 (kN) Msdy = -0,14 (kN*m) Msdz = -55,14 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = -89,80 (kN) N*etotz = -0,14 (kN*m) N*etoty= -55,14 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	0,2 (cm)	61,4 (cm)
Imperfection	ei:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	0,2 (cm)	61,4 (cm)
II order	e2:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Minimal	eEdmin:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Total	eEd:	0,2 (cm)	61,4 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -0,14 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -0,14 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -0,14 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -55,14 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -55,14 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -55,14 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC61 (A) (QPR)
  Internal forces:
  N = -38,19 (kN) My = 0,00 (kN*m) Mz = 0,00 (kN*m)
  σ(N,My,Mz) < σ_{cr} (N,My,Mz, A_s = 0)
  Wkmax = 0,3 (mm)
  Wk = 0,0 (mm)

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 17,09 (cm2)
Ratio: ρ = 0,68 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ12 l = 1,25 (m)
- 4 ϕ20 l = 1,25 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):
stirrups: 8 ϕ8 l = 1,66 (m)
8 ϕ8 l = 1,26 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 25,93 (kG)
  - Density = 79,78 (kG/m3)
  - Average diameter = 10,4 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)

8	1,26	0,50	8	3,99
8	1,66	0,65	8	5,23
12	1,25	1,11	4	4,42
20	1,25	3,07	4	12,29

1 Level:

- Name : Level +0,80
- Reference level : ---
- Concrete creep coefficient : φ_p = 2,68
- Cement class : N
- Environment class : XC2
- Structure class : S3

2 Column: TIR2_S05 Number of identical elements: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : BETÃO f_{ck} = 25,00 (MPa)
  Unit weight : 2501,36 (kG/m3)
  Aggregate size : 20,0 (mm)
- Longitudinal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)
  Ductility class : C
- Transversal reinforcement: : B500C f_{yk} = 500,00 (MPa)

2.2 Geometry:

2.2.1	Rectangular	50,0 x 50,0 (cm)
2.2.2	Height: L	= 1,30 (m)
2.2.3	Slab thickness	= 0,00 (m)
2.2.4	Beam height	= 0,00 (m)
2.2.5	Cover	= 5,5 (cm)

2.3 Calculation options:

- Calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast column : no
- Pre-design : no
- Slenderness taken into account : yes
- Compression : with bending
- Ties : to slab
- Fire resistance class : No requirements

2.4 Loads:

Case	Nature	Group	γ_f	N (kN)	My(s) (kN*m)	My(i) (kN*m)	Mz(s) (kN*m)	Mz(i) (kN*m)
LC1	design	869	1,00	-45,20	0,00	27,80	0,00	-0,08
LC2	design	869	1,00	-73,38	0,00	45,07	0,00	-0,13
LC3	design	869	1,00	-81,67	0,00	50,14	0,00	-0,15
LC4	design	869	1,00	-83,42	0,00	51,21	0,00	-0,15
LC5	design	869	1,00	-64,63	0,00	39,70	0,00	-0,12
LC6	design	869	1,00	-97,40	0,00	59,78	0,00	-0,18
LC7	design	869	1,00	-89,57	0,00	54,95	0,00	-0,17
LC8	design	869	1,00	-37,40	0,00	23,00	0,00	-0,07
LC9	design	869	1,00	-93,51	0,00	57,37	0,00	-0,17

LC10	design	869	1,00	-86,86	0,00	53,30	0,00	-0,16
LC11	design	869	1,00	-49,68	0,00	30,52	0,00	-0,09
LC12	design	869	1,00	-97,60	0,00	59,87	0,00	-0,18
LC13	design	869	1,00	-26,72	0,00	16,48	0,00	-0,04
LC14	design	869	1,00	-25,33	0,00	15,63	0,00	-0,05
LC15	design	869	1,00	-81,83	0,00	50,25	0,00	-0,15
LC16	design	869	1,00	-81,50	0,00	50,04	0,00	-0,15
LC17	design	869	1,00	-97,60	0,00	59,88	0,00	-0,18
LC18	design	869	1,00	-97,59	0,00	59,87	0,00	-0,18
LC19	design	869	1,00	-93,65	0,00	57,48	0,00	-0,17
LC20	design	869	1,00	-93,37	0,00	57,32	0,00	-0,17
LC21	design	869	1,00	-97,60	0,00	59,88	0,00	-0,18
LC22	design	869	1,00	-97,59	0,00	59,87	0,00	-0,18
LC23	design	869	1,00	-61,14	0,00	37,57	0,00	-0,11
LC24	design	869	1,00	-60,40	0,00	37,12	0,00	-0,11
LC25	design	869	1,00	-67,56	0,00	41,47	0,00	-0,12
LC26	design	869	1,00	-67,45	0,00	41,41	0,00	-0,13
LC27	design	869	1,00	-69,06	0,00	42,42	0,00	-0,12
LC28	design	869	1,00	-68,40	0,00	42,02	0,00	-0,13
LC29	design	869	1,00	-67,56	0,00	41,47	0,00	-0,12
LC30	design	869	1,00	-67,45	0,00	41,41	0,00	-0,13
LC31	design	869	1,00	-42,67	0,00	26,22	0,00	-0,08
LC32	design	869	1,00	-67,63	0,00	41,51	0,00	-0,12
LC33	design	869	1,00	-74,96	0,00	46,00	0,00	-0,14
LC34	design	869	1,00	-77,05	0,00	47,28	0,00	-0,14
LC35	design	869	1,00	-58,32	0,00	35,81	0,00	-0,11
LC36	design	869	1,00	-87,95	0,00	53,97	0,00	-0,16
LC37	design	869	1,00	-81,77	0,00	50,18	0,00	-0,15
LC38	design	869	1,00	-36,14	0,00	22,22	0,00	-0,07
LC39	design	869	1,00	-85,62	0,00	52,53	0,00	-0,16
LC40	design	869	1,00	-77,65	0,00	47,65	0,00	-0,14
LC41	design	869	1,00	-47,12	0,00	28,95	0,00	-0,09
LC42	design	869	1,00	-87,95	0,00	53,97	0,00	-0,16
LC43	design	869	1,00	-26,69	0,00	16,44	0,00	-0,05
LC44	design	869	1,00	-25,50	0,00	15,70	0,00	-0,05
LC45	design	869	1,00	-75,14	0,00	46,12	0,00	-0,14
LC46	design	869	1,00	-74,80	0,00	45,91	0,00	-0,14
LC47	design	869	1,00	-87,96	0,00	53,97	0,00	-0,16
LC48	design	869	1,00	-87,95	0,00	53,96	0,00	-0,16
LC49	design	869	1,00	-85,75	0,00	52,61	0,00	-0,16
LC50	design	869	1,00	-85,48	0,00	52,45	0,00	-0,16
LC51	design	869	1,00	-87,96	0,00	53,97	0,00	-0,16
LC52	design	869	1,00	-87,95	0,00	53,96	0,00	-0,16
LC53	design	869	1,00	-56,61	0,00	34,76	0,00	-0,10
LC54	design	869	1,00	-55,92	0,00	34,34	0,00	-0,11
LC55	design	869	1,00	-61,09	0,00	37,51	0,00	-0,11
LC56	design	869	1,00	-60,97	0,00	37,43	0,00	-0,11
LC57	design	869	1,00	-63,64	0,00	39,07	0,00	-0,11
LC58	design	869	1,00	-63,02	0,00	38,69	0,00	-0,12
LC59	design	869	1,00	-61,09	0,00	37,51	0,00	-0,11
LC60	design	869	1,00	-60,97	0,00	37,43	0,00	-0,11
LC61	Design SLS(QPR)	869	1,00	-38,69	0,00	23,78	0,00	-0,07
LC62	Design SLS(QPR)	869	1,00	-58,57	0,00	35,96	0,00	-0,11
LC63	Design SLS(QPR)	869	1,00	-64,41	0,00	39,54	0,00	-0,12
LC64	Design SLS(QPR)	869	1,00	-66,50	0,00	40,82	0,00	-0,12
LC65	Design SLS(QPR)	869	1,00	-48,10	0,00	29,55	0,00	-0,09
LC66	Design SLS(QPR)	869	1,00	-72,77	0,00	44,67	0,00	-0,13
LC67	Design SLS(QPR)	869	1,00	-69,46	0,00	42,63	0,00	-0,13
LC68	Design SLS(QPR)	869	1,00	-34,07	0,00	20,96	0,00	-0,06
LC69	Design SLS(QPR)	869	1,00	-73,09	0,00	44,86	0,00	-0,13
LC70	Design SLS(QPR)	869	1,00	-63,45	0,00	38,95	0,00	-0,12
LC71	Design SLS(QPR)	869	1,00	-42,91	0,00	26,37	0,00	-0,08
LC72	Design SLS(QPR)	869	1,00	-72,77	0,00	44,67	0,00	-0,13
LC73	Design SLS(QPR)	869	1,00	-26,57	0,00	16,36	0,00	-0,05
LC74	Design SLS(QPR)	869	1,00	-25,65	0,00	15,79	0,00	-0,05
LC75	Design SLS(QPR)	869	1,00	-64,55	0,00	39,63	0,00	-0,12
LC76	Design SLS(QPR)	869	1,00	-64,27	0,00	39,46	0,00	-0,12
LC77	Design SLS(QPR)	869	1,00	-72,79	0,00	44,68	0,00	-0,13
LC78	Design SLS(QPR)	869	1,00	-72,76	0,00	44,66	0,00	-0,13
LC79	Design SLS(QPR)	869	1,00	-73,21	0,00	44,93	0,00	-0,13

LC80	Design SLS(QPR)	869	1,00	-72,96	0,00	44,78	0,00	-0,14
LC81	Design SLS(QPR)	869	1,00	-72,79	0,00	44,68	0,00	-0,13
LC82	Design SLS(QPR)	869	1,00	-72,76	0,00	44,66	0,00	-0,13
LC83	Design SLS(QPR)	869	1,00	-49,61	0,00	30,47	0,00	-0,09
LC84	Design SLS(QPR)	869	1,00	-49,02	0,00	30,11	0,00	-0,09
LC85	Design SLS(QPR)	869	1,00	-51,06	0,00	31,37	0,00	-0,09
LC86	Design SLS(QPR)	869	1,00	-50,93	0,00	31,28	0,00	-0,10
LC87	Design SLS(QPR)	869	1,00	-55,22	0,00	33,91	0,00	-0,10
LC88	Design SLS(QPR)	869	1,00	-54,67	0,00	33,57	0,00	-0,10
LC89	Design SLS(QPR)	869	1,00	-51,06	0,00	31,37	0,00	-0,09
LC90	Design SLS(QPR)	869	1,00	-50,93	0,00	31,28	0,00	-0,10

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

Note: Tension force in the column!

Safety factors Rd/Ed = 1,95 > 1.0

2.5.1 ULS/ALS Analysis

Design combination: LC17 (B)
Combination type: ULS
Internal forces:
Nsd = -97,60 (kN) Msdy = 59,88 (kN*m) Msdz = -0,18 (kN*m)
Design forces:
Lower node
N = -97,60 (kN) N*etotz = 59,88 (kN*m) N*etoty= -0,18 (kN*m)

Eccentricity:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
Initial	e0:	-61,3 (cm)	0,2 (cm)
Imperfection	ei:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
I order (e0 + ei)	e0Ed:	-61,3 (cm)	0,2 (cm)
II order	e2:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Minimal	eEdmin:	0,0 (cm)	0,0 (cm)
Total	eEd:	-61,3 (cm)	0,2 (cm)

2.5.1.1. Detailed analysis-Direction Y:

2.5.1.1.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.1.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = 59,88 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = 59,88 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = 59,88 (kN*m)

2.5.1.2. Detailed analysis-Direction Z:

2.5.1.2.1 Slenderness analysis

Non-sway structure

L (m)	Lo (m)	λ	λlim	
1,30	2,60	18,01	inf.	Short column

2.5.1.2.2 Buckling analysis

MA = 0,00 (kN*m) MB = -0,18 (kN*m)
Case: Cross-section at the column end (Lower node), Slenderness not taken into account
M0 = -0,18 (kN*m)
ea = 0,0 (cm)
Ma = N*ea = 0,00 (kN*m)
MEdmin = 0,00 (kN*m)
M0Ed = max(MEdmin,M0 + Ma) = -0,18 (kN*m)

2.5.2 SLS analysis

- **Cracking**
  Design combination: LC61 (A) (QPR)
  Internal forces:
  N = -38,69 (kN) My = 0,00 (kN*m) Mz = 0,00 (kN*m)
  σ(N,My,Mz) < σ_{cr} (N,My,Mz, A_s = 0)
  Wkmax = 0,3 (mm)
  Wk = 0,0 (mm)

2.5.3 Reinforcement:

Real (provided) area Asr = 17,09 (cm2)
Ratio: ρ = 0,68 %

2.6 Reinforcement:

Main bars (B500C):
- 4 ϕ12 l = 1,25 (m)
- 4 ϕ20 l = 1,25 (m)

Transversal reinforcement: (B500C):
stirrups: 8 ϕ8 l = 1,66 (m)
8 ϕ8 l = 1,26 (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 0,33 (m3)
- Formwork = 2,60 (m2)

- Steel B500C
  - Total weight = 25,93 (kG)
  - Density = 79,78 (kG/m3)
  - Average diameter = 10,4 (mm)
  - Reinforcement survey:

Diameter	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)

8	1,26	0,50	8	3,99
8	1,66	0,65	8	5,23
12	1,25	1,11	4	4,42
20	1,25	3,07	4	12,29

VERIFICAÇÃO AUXILIAR - DENTE P/ ESCORREGAMENTO

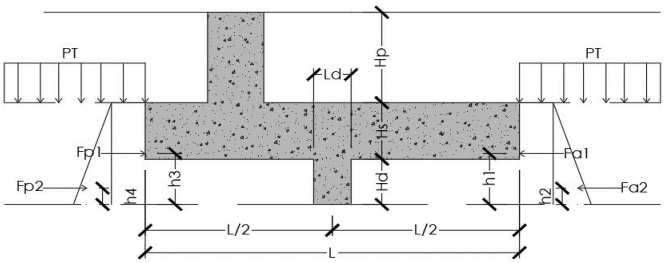
FUNDAÇÃO - S01

DADOS DE ENTRADA

Combinação	**1**						
Condições	**Drenada**						
Sapata	**Contra Terreno**		**Coef. Atrito**	**22**		**Solo**	**Coesivo**
Fi	22	graus	**1**	**22**	graus		
C	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Cu	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Gama	16.677	kN/m3	**1**	**16.677**	kN/m3		

GEOMETRIA

Hp	0.8	m
Hs	0.5	m
Hd	0.3	m
Ld	0.3	m
Bsapata	2.3	m



SOLO

Gama S	16.677	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Não	**C=**	0	
Hia	0	m	Hact	1.6		Acima
Hip	0	m	Hact	1.6		Acima

Lado Passivo			**Lado Ativo**				
SigHp1	29.32466	kPa	**SigHa1**	6.069918	**SigHa*1**	0
SigHp2	47.65258	kPa	**SigHa2**	9.863616	**SigHa*2**	0
SigHp3	58.64933	kPa	**SigHa3**	12.13984		
Fp1	53.95738	kN	**Fa1**	11.16865	**Fa1***	0
Fp2	26.97869	kN	**Fa2**	5.584324	**h5**	0.533333
h1	0.4		**h3**	0.4		
h2	0.266667		**h4**	0.266667		

F(estabilizadora)	75.35175	kN

VERIFICAÇÃO AO DESLIZAMENTO:

N	-82.85	kN			
PS+PT*	161.54	kN			
Ppdente	5.175	kN			
VD	83.865	kN			
F(est), dente	75.35175	kN			
Tan(fi)	0.404026	kN	coef:	1	(reserva)
Eta	0				

A'	7.5	m2
Rd (drenada)	33.88366	kN
Rd (não drenada)	0	kN
Rd (6.5.3(10))	0	kN
		0.404026
Fslide	60.54	kN
Fest	109.2354	kN
Racio	1.804351	
STATUS	OK	

VERIFICAÇÃO AO DERRUBE

EM TORNO DE YY:

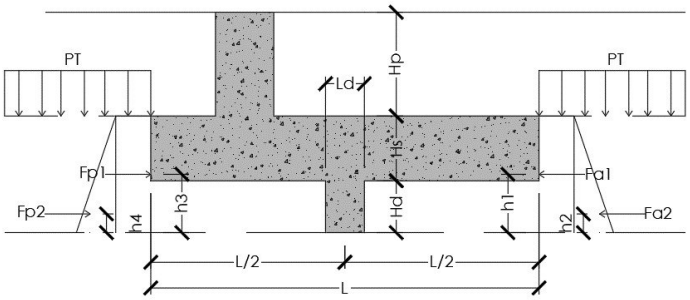
Mstab(ini)	228.16	kN.m
Mdest(ini)	145.02	kN.m
Fp1-Fa1	42.78873	kN
Fp2-Fp2	21.39437	kN
br1	-0.1	m
br2	0.033333	m
Mdest(d)_1	-4.278873	kN.m
Mdest(d)_2	0.713146	kN.m
M(d)_tot	-3.565728	kN.m

Estabiliza

Mstab(final)	231.7257	kN.m
Mdest(final)	145.02	kN.m
Racio	1.597888	
STATUS	OK	

GEOMETRIA

Hp	0.8	m
Hs	0.5	m
Hd	0.3	m
Ld	0.3	m
Lsapata	2.3	m



SOLO

Gama S	22.51395	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Sim	**C=**	15	
Hia	0	m	Hact	1.6		Acima
Hip	0.898787	m	Hact	0.701213		Na Sapata

	Lado Passivo			Lado Ativo			
SigHp1	84.06513	kPa	**SigHa1**	8.194389		**SigHa*1**	0
SigHp2	108.8078	kPa	**SigHa2**	13.31588		**SigHa*2**	0
SigHp3	123.6534	kPa	**SigHa3**	16.38878			
Fp1	154.6798	kN	**Fa1**	15.07768		**Fa1***	0
Fp2	36.42123	kN	**Fa2**	7.538838		**h5**	0.533333
h1	0.4		**h3**	0.4			
h2	0.266667		**h4**	0.266667			
br1p	0.4	m	br1a	0.4	m		
br2p	0.533333	m	br2a	0.533333	m		

AÇÕES DE CÁLCULO

Ved	168.4845	kN
Med	71.24481	kN.m

VERIFICAÇÃO AUXILIAR - DENTE P/ ESCORREGAMENTO

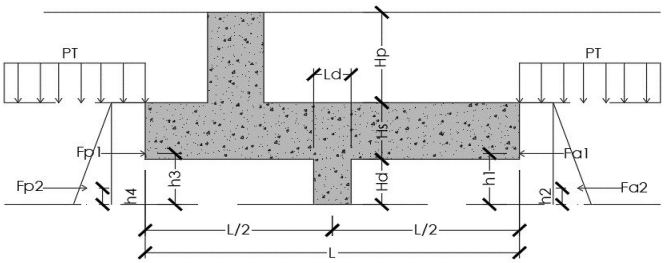
FUNDAÇÃO - S02

DADOS DE ENTRADA

Combinação	**1**						
Condições	**Drenada**						
Sapata	**Contra Terreno**		**Coef. Atrito**	**22**		**Solo**	**Coesivo**
Fi	22	graus	**1**	**22**	graus		
C	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Cu	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Gama	16.677	kN/m3	**1**	**16.677**	kN/m3		

GEOMETRIA

Hp	0.8	m
Hs	0.5	m
Hd	0.3	m
Ld	0.3	m
Bsapata	3	m



SOLO

Gama S	16.677	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Não	**C=**	0	
Hia	0	m	Hact	1.6		Acima
Hip	0	m	Hact	1.6		Acima

Lado Passivo			**Lado Ativo**				
SigHp1	29.32466	kPa	**SigHa1**	6.069918	**SigHa*1**	0
SigHp2	47.65258	kPa	**SigHa2**	9.863616	**SigHa*2**	0
SigHp3	58.64933	kPa	**SigHa3**	12.13984		
Fp1	70.37919	kN	**Fa1**	14.5678	**Fa1***	0
Fp2	35.1896	kN	**Fa2**	7.283901	**h5**	0.533333
h1	0.4		**h3**	0.4		
h2	0.266667		**h4**	0.266667		

F(estabilizadora)	98.28489	kN

VERIFICAÇÃO AO DESLIZAMENTO:

N	-91.23	kN			
PS+PT*	181	kN			
Ppdente	6.75	kN			
VD	96.52	kN			
F(est), dente	98.28489	kN			
Tan(fi)	0.404026	kN	coef:	1	(reserva)
Eta	0				

A'	6.9	m2
Rd (drenada)	38.99661	kN
Rd (não drenada)	0	kN
Rd (6.5.3(10))	0	kN
		0.404026
Fslide	88.26	kN
Fest	137.2815	kN
Racio	1.555421	
STATUS	OK	

VERIFICAÇÃO AO DERRUBE

EM TORNO DE YY:

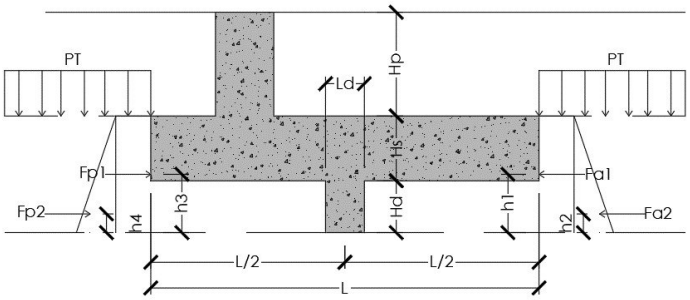
Mstab(ini)	274	kN.m
Mdest(ini)	183.13	kN.m
Fp1-Fa1	55.81139	kN
Fp2-Fp2	27.9057	kN
br1	-0.1	m
br2	0.033333	m
Mdest(d)_1	-5.581139	kN.m
Mdest(d)_2	0.93019	kN.m
M(d)_tot	-4.650949	kN.m

Estabiliza

Mstab(final)	278.6509	kN.m
Mdest(final)	183.13	kN.m
Racio	1.521602	
STATUS	OK	

GEOMETRIA

Hp	0.8	m
Hs	0.5	m
Hd	0.3	m
Ld	0.3	m
Lsapata	3	m



SOLO

Gama S	22.51395	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Sim	**C=**	15	
Hia	0	m	Hact	1.6		Acima
Hip	0.898787	m	Hact	0.701213		Na Sapata

	Lado Passivo			Lado Ativo			
SigHp1	84.06513	kPa	**SigHa1**	8.194389		**SigHa*1**	0
SigHp2	108.8078	kPa	**SigHa2**	13.31588		**SigHa*2**	0
SigHp3	123.6534	kPa	**SigHa3**	16.38878			
Fp1	201.7563	kN	**Fa1**	19.66653		**Fa1***	0
Fp2	47.50596	kN	**Fa2**	9.833266		**h5**	0.533333
h1	0.4		**h3**	0.4			
h2	0.266667		**h4**	0.266667			
br1p	0.4	m	br1a	0.4	m		
br2p	0.533333	m	br2a	0.533333	m		

AÇÕES DE CÁLCULO

Ved	219.7625	kN
Med	92.92801	kN.m

VERIFICAÇÃO AUXILIAR - DENTE P/ ESCORREGAMENTO

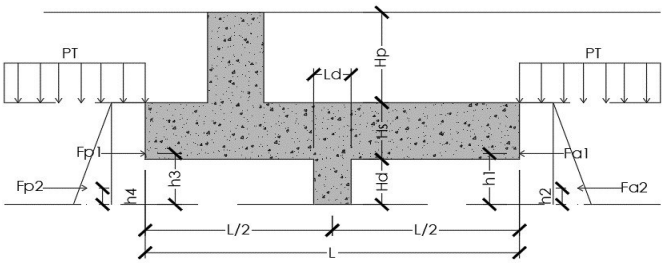
FUNDAÇÃO - S03

DADOS DE ENTRADA

Combinação	**1**						
Condições	**Drenada**						
Sapata	**Contra Terreno**		**Coef. Atrito**	**22**		**Solo**	**Coesivo**
Fi	22	graus	**1**	**22**	graus		
C	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Cu	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Gama	16.677	kN/m3	**1**	**16.677**	kN/m3		

GEOMETRIA

Hp	1.3	m
Hs	0.35	m
Hd	0	m
Ld	0.3	m
Bsapata	3.3	m



SOLO

Gama S	16.677	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Não	**C=**	0	
Hia	0	m	Hact	1.65		Acima
Hip	0	m	Hact	1.65		Acima

Lado Passivo			**Lado Ativo**			
SigHp1	47.65258	kPa	**SigHa1**	9.863616	**SigHa*1**	0
SigHp2	60.48212	kPa	**SigHa2**	12.5192	**SigHa*2**	0
SigHp3	60.48212	kPa	**SigHa3**	12.5192		
Fp1	55.03873	kN	**Fa1**	11.39248	**Fa1***	0
Fp2	7.40906	kN	**Fa2**	1.533603	**h5**	0.55
h1	0.175		**h3**	0.175		
h2	0.116667		**h4**	0.116667		

F(estabilizadora)	52.58891	kN

VERIFICAÇÃO AO DESLIZAMENTO:

N	-48.76	kN			
PS+PT*	374.02	kN			
Ppdente	0	kN			
VD	325.26	kN			
F(est), dente	52.58891	kN			
Tan(fi)	0.404026	kN	coef:	1	(reserva)
Eta	0				

A'	3.87	m2
Rd (drenada)	131.4136	kN
Rd (não drenada)	0	kN
Rd (6.5.3(10))	0	kN
		0.404026
Fslide	120.7	kN
Fest	184.0025	kN
Racio	1.524461	
STATUS	OK	

VERIFICAÇÃO AO DERRUBE

EM TORNO DE YY:

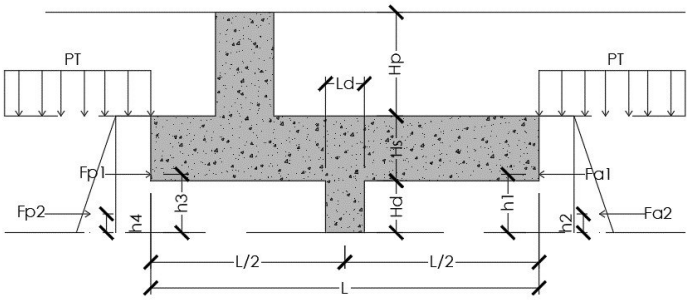
Mstab(ini)	714.43	kN.m
Mdest(ini)	639.28	kN.m
Fp1-Fa1	43.64625	kN
Fp2-Fp2	5.875457	kN
br1	-0.175	m
br2	-0.116667	m
Mdest(d)_1	-7.638094	kN.m
Mdest(d)_2	-0.68547	kN.m
M(d)_tot	-8.323564	kN.m

Estabiliza

Mstab(final)	722.7536	kN.m
Mdest(final)	639.28	kN.m
Racio	1.130574	
STATUS	OK	

GEOMETRIA

Hp	1.3	m
Hs	0.35	m
Hd	0	m
Ld	0.3	m
Lsapata	3.3	m



SOLO

Gama S	22.51395	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0
Considerar Coesão em Passivo			Sim	**C=**	15
Hia	0	m	Hact	1.65	Acima
Hip	0.898787	m	Hact	0.751213	Acima

	Lado Passivo			Lado Ativo		
SigHp1	108.8078	kPa	**SigHa1**	13.31588	**SigHa*1**	0
SigHp2	126.1277	kPa	**SigHa2**	16.90093	**SigHa*2**	0
SigHp3	126.1277	kPa	**SigHa3**	16.90093		
Fp1	125.673	kN	**Fa1**	15.37984	**Fa1***	0
Fp2	10.00223	kN	**Fa2**	2.070364	**h5**	0.55
h1	0.175		**h3**	0.175		
h2	0.116667		**h4**	0.116667		
br1p	0.175	m	br1a	0.175	m	
br2p	0.233333	m	br2a	0.233333	m	

AÇÕES DE CÁLCULO

Ved	118.225	kN
Med	21.15207	kN.m

VERIFICAÇÃO AUXILIAR - DENTE P/ ESCORREGAMENTO

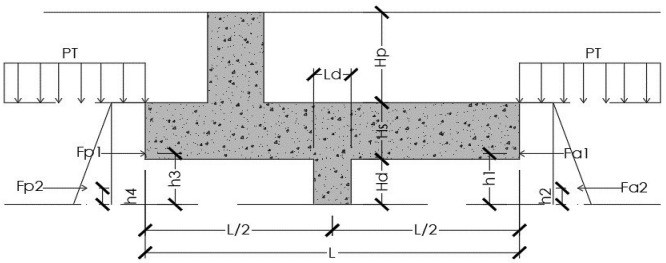
FUNDAÇÃO - S04

DADOS DE ENTRADA

Combinação	**1**						
Condições	**Drenada**						
Sapata	**Contra Terreno**		**Coef. Atrito**	**22**		**Solo**	**Coesivo**
Fi	22	graus	**1**	**22**	graus		
C	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Cu	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Gama	16.677	kN/m3	**1**	**16.677**	kN/m3		

GEOMETRIA

Hp	1.3	m
Hs	0.45	m
Hd	0	m
Ld	0.3	m
Bsapata	3.3	m



SOLO

Gama S	16.677	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Não	**C=**	0	
Hia	0	m	Hact	1.75		Acima
Hip	0	m	Hact	1.75		Acima

Lado Passivo			**Lado Ativo**			
SigHp1	47.65258	kPa	**SigHa1**	9.863616	**SigHa*1**	0
SigHp2	64.1477	kPa	**SigHa2**	13.27794	**SigHa*2**	0
SigHp3	64.1477	kPa	**SigHa3**	13.27794		
Fp1	70.76408	kN	**Fa1**	14.64747	**Fa1***	0
Fp2	12.24763	kN	**Fa2**	2.535139	**h5**	0.583333
h1	0.225		**h3**	0.225		
h2	0.15		**h4**	0.15		

F(estabilizadora)	70.89938	kN

VERIFICAÇÃO AO DESLIZAMENTO:

N	-94.35	kN			
PS+PT*	551.07	kN			
Ppdente	0	kN			
VD	456.72	kN			
F(est), dente	70.89938	kN			
Tan(fi)	0.404026	kN	coef:	1	(reserva)
Eta	0				

A'	4.94	m2
Rd (drenada)	184.5269	kN
Rd (não drenada)	0	kN
Rd (6.5.3(10))	0	kN
		0.404026
Fslide	143	kN
Fest	255.4262	kN
Racio	1.786197	
STATUS	OK	

VERIFICAÇÃO AO DERRUBE

EM TORNO DE YY:

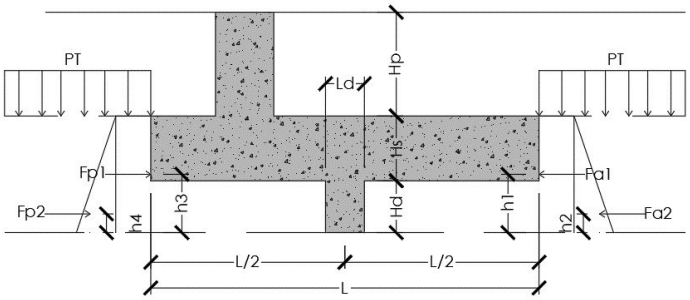
Mstab(ini)	714.43	kN.m
Mdest(ini)	639.28	kN.m
Fp1-Fa1	56.11661	kN
Fp2-Fp2	9.71249	kN
br1	-0.225	m
br2	-0.15	m
Mdest(d)_1	-12.62624	kN.m
Mdest(d)_2	-1.456874	kN.m
M(d)_tot	-14.08311	kN.m

Estabiliza

Mstab(final)	728.5131	kN.m
Mdest(final)	639.28	kN.m
Racio	1.139584	
STATUS	OK	

GEOMETRIA

Hp	1.3	m
Hs	0.45	m
Hd	0	m
Ld	0.3	m
Lsapata	3.3	m



SOLO

Gama S	22.51395	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Sim	**C=**	15	
Hia	0	m	Hact	1.75		Acima
Hip	0.898787	m	Hact	0.851213		Acima

	Lado Passivo			Lado Ativo			
SigHp1	108.8078	kPa	**SigHa1**	13.31588	**SigHa*1**	0
SigHp2	131.0762	kPa	**SigHa2**	17.92523	**SigHa*2**	0
SigHp3	131.0762	kPa	**SigHa3**	17.92523		
Fp1	161.5796	kN	**Fa1**	19.77408	**Fa1***	0
Fp2	16.5343	kN	**Fa2**	3.422438	**h5**	0.583333
h1	0.225		**h3**	0.225		
h2	0.15		**h4**	0.15		
br1p	0.225	m	br1a	0.225	m	
br2p	0.3	m	br2a	0.3	m	

AÇÕES DE CÁLCULO

Ved	154.9174	kN
Med	35.8398	kN.m

VERIFICAÇÃO AUXILIAR - DENTE P/ ESCORREGAMENTO

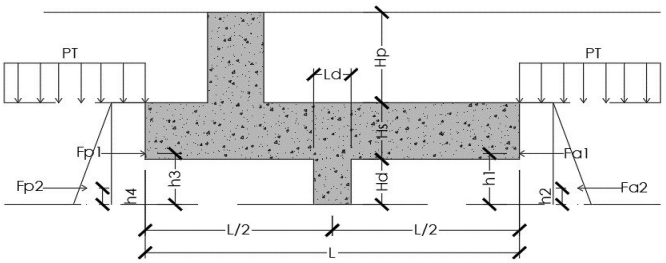
FUNDAÇÃO - S05

DADOS DE ENTRADA

Combinação	**1**						
Condições	**Drenada**						
Sapata	**Contra Terreno**		**Coef. Atrito**	**22**		**Solo**	**Coesivo**
Fi	22	graus	**1**	**22**	graus		
C	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Cu	15	kPa	**1**	**15**	kPa		
Gama	16.677	kN/m3	**1**	**16.677**	kN/m3		

GEOMETRIA

Hp	1.3	m
Hs	0.45	m
Hd	0	m
Ld	0.3	m
Bsapata	3.3	m



SOLO

Gama S	16.677	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Não	**C=**	0	
Hia	0	m	Hact	1.75		Acima
Hip	0	m	Hact	1.75		Acima

Lado Passivo			**Lado Ativo**				
SigHp1	47.65258	kPa	**SigHa1**	9.863616	**SigHa*1**	0
SigHp2	64.1477	kPa	**SigHa2**	13.27794	**SigHa*2**	0
SigHp3	64.1477	kPa	**SigHa3**	13.27794		
Fp1	70.76408	kN	**Fa1**	14.64747	**Fa1***	0
Fp2	12.24763	kN	**Fa2**	2.535139	**h5**	0.583333
h1	0.225		**h3**	0.225		
h2	0.15		**h4**	0.15		

F(estabilizadora)	70.89938	kN

VERIFICAÇÃO AO DESLIZAMENTO:

N	-31.23	kN			
PS+PT*	361.55	kN			
Ppdente	0	kN			
VD	330.32	kN			
F(est), dente	70.89938	kN			
Tan(fi)	0.404026	kN	coef:	1	(reserva)
Eta	0				

A'	4.23	m2
Rd (drenada)	133.4579	kN
Rd (não drenada)	0	kN
Rd (6.5.3(10))	0	kN
		0.404026
Fslide	105.73	kN
Fest	204.3573	kN
Racio	1.932822	
STATUS	OK	

VERIFICAÇÃO AO DERRUBE

EM TORNO DE YY:

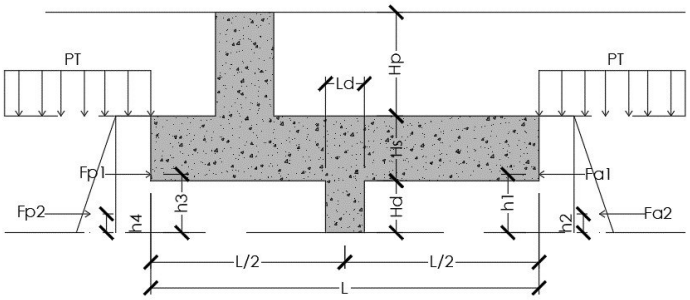
Mstab(ini)	668.27	kN.m
Mdest(ini)	583.34	kN.m
Fp1-Fa1	56.11661	kN
Fp2-Fp2	9.71249	kN
br1	-0.225	m
br2	-0.15	m
Mdest(d)_1	-12.62624	kN.m
Mdest(d)_2	-1.456874	kN.m
M(d)_tot	-14.08311	kN.m

Estabiliza

Mstab(final)	682.3531	kN.m
Mdest(final)	583.34	kN.m
Racio	1.169735	
STATUS	OK	

GEOMETRIA

Hp	1.3	m
Hs	0.45	m
Hd	0	m
Ld	0.3	m
Lsapata	3.3	m



SOLO

Gama S	22.51395	
Fi	22	graus

COEFICIENTES DE IMPULSO

Ka	0.454962
Kp	2.197987

PRESSÃO E FORÇAS

Considerar Coesao em Ativo			Não	**C=**	0	
Considerar Coesão em Passivo			Sim	**C=**	15	
Hia	0	m	Hact	1.75		Acima
Hip	0.898787	m	Hact	0.851213		Acima

	Lado Passivo			Lado Ativo			
SigHp1	108.8078	kPa	**SigHa1**	13.31588	**SigHa*1**	0
SigHp2	131.0762	kPa	**SigHa2**	17.92523	**SigHa*2**	0
SigHp3	131.0762	kPa	**SigHa3**	17.92523		
Fp1	161.5796	kN	**Fa1**	19.77408	**Fa1***	0
Fp2	16.5343	kN	**Fa2**	3.422438	**h5**	0.583333
h1	0.225		**h3**	0.225		
h2	0.15		**h4**	0.15		
br1p	0.225	m	br1a	0.225	m	
br2p	0.3	m	br2a	0.3	m	

AÇÕES DE CÁLCULO

Ved	154.9174	kN
Med	35.8398	kN.m

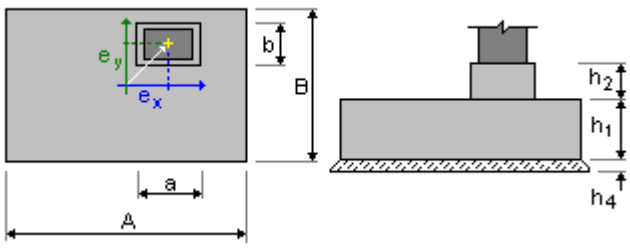
1 Spread footing: S01 Number of identical elements: 1

1.1 Basic data

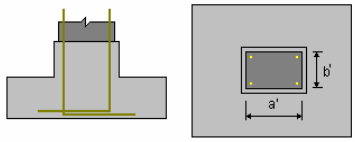
1.1.1 Assumptions

- Geotechnic calculations according to : EN 1997-1:2004/A1:2013
- Concrete calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Shape selection : without limits

1.1.2 Geometry:



A	= 2,80 (m)	a	= 0,50 (m)
B	= 2,30 (m)	b	= 0,50 (m)
h1	= 0,50 (m)	e_x	= 0,60 (m)
h2	= 0,00 (m)	e_y	= 0,00 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a' = 50,0 (cm)
b' = 50,0 (cm)
c_{nom1} = 6,0 (cm)
c_{nom2} = 6,0 (cm)
Cover deviations: Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)

1.1.3 Materials

- Concrete : C20/25; Characteristic strength = 20,00 MPa

  Unit weight = 2501,36 (kG/m3)
  Rectangular stress distribution [3.1.7(3)]
- Longitudinal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

  Ductility class: C
  Horizontal branch of the stress-strain diagram
- Transversal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa
- Additional reinforcement: : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

1.1.4 Loads:

Foundation loads:

Case	Nature	Group	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
LC1	design	----	122,08	-70,11	4,29	-3,32	-56,13
LC2	design	----	73,82	-73,40	5,48	-4,24	-58,75
LC3	design	----	156,62	-118,09	6,73	-5,21	-94,52
LC4	design	----	-53,42	10,77	0,31	-0,24	8,63
LC5	design	----	17,24	21,94	1,41	-1,09	17,55
LC6	design	----	-78,14	56,66	-1,54	1,19	45,35
LC7	design	----	74,05	-55,61	2,37	-2,06	-44,72
LC8	design	----	118,02	-93,37	11,86	-8,95	-74,53
LC9	design	----	145,98	-112,59	9,64	-7,46	-90,11
LC10	design	----	44,02	-35,95	21,44	-15,73	-28,30
LC11	design	----	-75,50	54,22	-16,64	12,01	42,93
LC12	design	----	-82,34	59,11	-1,79	1,39	47,32
LC13	design	----	33,06	-22,32	2,21	-1,71	-17,87
LC14	design	----	31,77	-18,61	2,16	-1,67	-14,90
LC15	design	----	156,80	-119,07	6,73	-5,21	-95,30
LC16	design	----	156,46	-117,12	6,74	-5,22	-93,75
LC17	design	----	-81,81	57,67	-1,75	1,35	46,16
LC18	design	----	-82,85	60,54	-1,85	1,43	48,46
LC19	design	----	150,74	-116,47	9,92	-7,68	-93,22
LC20	design	----	150,40	-114,52	9,94	-7,70	-91,66
LC21	design	----	-81,81	57,67	-1,75	1,35	46,16
LC22	design	----	-82,85	60,54	-1,85	1,43	48,46
LC23	design	----	108,29	-81,70	4,69	-3,63	-65,39
LC24	design	----	107,69	-78,43	4,70	-3,64	-62,77
LC25	design	----	-38,79	28,53	0,67	-0,52	22,84
LC26	design	----	-40,56	33,26	0,51	-0,40	26,62
LC27	design	----	105,21	-80,66	6,98	-5,41	-64,56
LC28	design	----	104,62	-77,42	7,04	-5,45	-61,97
LC29	design	----	-38,79	28,53	0,67	-0,52	22,84
LC30	design	----	-40,56	33,26	0,51	-0,40	26,62
LC31	design	----	105,97	-61,05	3,61	-2,80	-48,87
LC32	design	----	63,62	-63,36	4,74	-3,67	-50,70
LC33	design	----	136,00	-102,66	5,74	-4,45	-82,17
LC34	design	----	-47,07	10,01	0,62	-0,48	8,02
LC35	design	----	15,09	19,13	1,23	-0,95	15,30
LC36	design	----	-67,88	49,55	-0,94	0,73	39,66
LC37	design	----	68,25	-50,85	2,25	-1,94	-40,88
LC38	design	----	106,71	-84,03	10,77	-8,14	-67,08
LC39	design	----	130,99	-100,63	8,69	-6,73	-80,55
LC40	design	----	42,13	-33,57	19,49	-14,31	-26,46
LC41	design	----	-62,27	45,44	-14,38	10,36	35,97
LC42	design	----	-67,88	49,55	-0,94	0,73	39,66
LC43	design	----	28,44	-19,17	1,92	-1,49	-15,34
LC44	design	----	27,27	-15,94	1,87	-1,45	-12,76
LC45	design	----	136,17	-103,64	5,74	-4,44	-82,95
LC46	design	----	135,86	-101,82	5,75	-4,45	-81,50
LC47	design	----	-67,43	48,30	-0,90	0,70	38,66
LC48	design	----	-68,33	50,79	-0,98	0,76	40,65
LC49	design	----	131,14	-101,48	8,67	-6,72	-81,23
LC50	design	----	130,84	-99,78	8,70	-6,74	-79,86
LC51	design	----	-67,43	48,30	-0,90	0,70	38,66
LC52	design	----	-68,33	50,79	-0,98	0,76	40,65
LC53	design	----	93,71	-70,77	4,00	-3,10	-56,65
LC54	design	----	93,19	-67,92	4,02	-3,11	-54,36
LC55	design	----	-30,68	23,38	1,05	-0,81	18,72
LC56	design	----	-32,23	27,48	0,92	-0,71	22,00
LC57	design	----	91,18	-70,01	6,08	-4,71	-56,03
LC58	design	----	90,65	-67,18	6,13	-4,74	-53,77
LC59	design	----	-30,68	23,38	1,05	-0,81	18,72
LC60	design	----	-32,23	27,48	0,92	-0,71	22,00
LC61	design	----	88,37	-51,53	3,07	-2,38	-41,25
LC62	design	----	55,03	-52,59	4,04	-3,13	-42,09
LC63	design	----	111,62	-83,60	4,73	-3,67	-66,91

LC64	design	----	-31,15	4,83	1,43	-1,11	3,88
LC65	design	----	17,84	11,39	1,33	-1,03	9,10
LC66	design	----	-46,64	35,48	0,24	-0,19	28,40
LC67	design	----	59,26	-43,43	2,03	-1,74	-34,90
LC68	design	----	89,34	-69,67	9,08	-6,86	-55,62
LC69	design	----	108,08	-82,35	7,22	-5,59	-65,91
LC70	design	----	38,85	-29,59	16,29	-11,99	-23,37
LC71	design	----	-42,71	32,47	-10,89	7,81	25,67
LC72	design	----	-46,64	35,48	0,24	-0,19	28,40
LC73	design	----	28,26	-18,79	1,90	-1,47	-15,04
LC74	design	----	27,37	-16,31	1,87	-1,44	-13,05
LC75	design	----	111,74	-84,26	4,73	-3,66	-67,44
LC76	design	----	111,51	-82,95	4,73	-3,67	-66,39
LC77	design	----	-46,29	34,53	0,27	-0,21	27,63
LC78	design	----	-46,99	36,43	0,21	-0,16	29,16
LC79	design	----	108,20	-83,01	7,21	-5,58	-66,44
LC80	design	----	107,97	-81,69	7,23	-5,60	-65,39
LC81	design	----	-46,29	34,53	0,27	-0,21	27,63
LC82	design	----	-46,99	36,43	0,21	-0,16	29,16
LC83	design	----	78,58	-58,63	3,44	-2,66	-46,93
LC84	design	----	78,16	-56,41	3,45	-2,67	-45,15
LC85	design	----	-18,79	15,80	1,52	-1,18	12,65
LC86	design	----	-20,00	18,98	1,42	-1,10	15,19
LC87	design	----	76,79	-58,21	5,14	-3,98	-46,59
LC88	design	----	76,37	-56,02	5,18	-4,01	-44,84
LC89	design	----	-18,79	15,80	1,52	-1,18	12,65
LC90	design	----	-20,00	18,98	1,42	-1,10	15,19

Backfill loads:

Case	Nature	Q1 (kN/m2)

1.1.5 Combination list

1/ ULS : LC1 N=122,08 Mx=-3,32 My=-56,13 Fx=-70,11 Fy=4,29
2/ ULS : LC2 N=73,82 Mx=-4,24 My=-58,75 Fx=-73,40 Fy=5,48
3/ ULS : LC3 N=156,62 Mx=-5,21 My=-94,52 Fx=-118,09 Fy=6,73
4/ ULS : LC4 N=-53,42 Mx=-0,24 My=8,63 Fx=10,77 Fy=0,31
5/ ULS : LC5 N=17,24 Mx=-1,09 My=17,55 Fx=21,94 Fy=1,41
6/ ULS : LC6 N=-78,14 Mx=1,19 My=45,35 Fx=56,66 Fy=-1,54
7/ ULS : LC7 N=74,05 Mx=-2,06 My=-44,72 Fx=-55,61 Fy=2,37
8/ ULS : LC8 N=118,02 Mx=-8,95 My=-74,53 Fx=-93,37 Fy=11,86
9/ ULS : LC9 N=145,98 Mx=-7,46 My=-90,11 Fx=-112,59 Fy=9,64
10/ ULS : LC10 N=44,02 Mx=-15,73 My=-28,30 Fx=-35,95 Fy=21,44
11/ ULS : LC11 N=-75,50 Mx=12,01 My=42,93 Fx=54,22 Fy=-16,64
12/ ULS : LC12 N=-82,34 Mx=1,39 My=47,32 Fx=59,11 Fy=-1,79
13/ ULS : LC13 N=33,06 Mx=-1,71 My=-17,87 Fx=-22,32 Fy=2,21
14/ ULS : LC14 N=31,77 Mx=-1,67 My=-14,90 Fx=-18,61 Fy=2,16
15/ ULS : LC15 N=156,80 Mx=-5,21 My=-95,30 Fx=-119,07 Fy=6,73
16/ ULS : LC16 N=156,46 Mx=-5,22 My=-93,75 Fx=-117,12 Fy=6,74
17/ ULS : LC17 N=-81,81 Mx=1,35 My=46,16 Fx=57,67 Fy=-1,75
18/ ULS : LC18 N=-82,85 Mx=1,43 My=48,46 Fx=60,54 Fy=-1,85
19/ ULS : LC19 N=150,74 Mx=-7,68 My=-93,22 Fx=-116,47 Fy=9,92
20/ ULS : LC20 N=150,40 Mx=-7,70 My=-91,66 Fx=-114,52 Fy=9,94
21/ ULS : LC21 N=-81,81 Mx=1,35 My=46,16 Fx=57,67 Fy=-1,75
22/ ULS : LC22 N=-82,85 Mx=1,43 My=48,46 Fx=60,54 Fy=-1,85
23/ ULS : LC23 N=108,29 Mx=-3,63 My=-65,39 Fx=-81,70 Fy=4,69
24/ ULS : LC24 N=107,69 Mx=-3,64 My=-62,77 Fx=-78,43 Fy=4,70
25/ ULS : LC25 N=-38,79 Mx=-0,52 My=22,84 Fx=28,53 Fy=0,67
26/ ULS : LC26 N=-40,56 Mx=-0,40 My=26,62 Fx=33,26 Fy=0,51
27/ ULS : LC27 N=105,21 Mx=-5,41 My=-64,56 Fx=-80,66 Fy=6,98
28/ ULS : LC28 N=104,62 Mx=-5,45 My=-61,97 Fx=-77,42 Fy=7,04
29/ ULS : LC29 N=-38,79 Mx=-0,52 My=22,84 Fx=28,53 Fy=0,67
30/ ULS : LC30 N=-40,56 Mx=-0,40 My=26,62 Fx=33,26 Fy=0,51
31/ ULS : LC31 N=105,97 Mx=-2,80 My=-48,87 Fx=-61,05 Fy=3,61
32/ ULS : LC32 N=63,62 Mx=-3,67 My=-50,70 Fx=-63,36 Fy=4,74
33/ ULS : LC33 N=136,00 Mx=-4,45 My=-82,17 Fx=-102,66 Fy=5,74
34/ ULS : LC34 N=-47,07 Mx=-0,48 My=8,02 Fx=10,01 Fy=0,62
35/ ULS : LC35 N=15,09 Mx=-0,95 My=15,30 Fx=19,13 Fy=1,23
36/ ULS : LC36 N=-67,88 Mx=0,73 My=39,66 Fx=49,55 Fy=-0,94

37/ ULS : LC37 N=68,25 Mx=-1,94 My=-40,88 Fx=-50,85 Fy=2,25
38/ ULS : LC38 N=106,71 Mx=-8,14 My=-67,08 Fx=-84,03 Fy=10,77
39/ ULS : LC39 N=130,99 Mx=-6,73 My=-80,55 Fx=-100,63 Fy=8,69
40/ ULS : LC40 N=42,13 Mx=-14,31 My=-26,46 Fx=-33,57 Fy=19,49
41/ ULS : LC41 N=-62,27 Mx=10,36 My=35,97 Fx=45,44 Fy=-14,38
42/ ULS : LC42 N=-67,88 Mx=0,73 My=39,66 Fx=49,55 Fy=-0,94
43/ ULS : LC43 N=28,44 Mx=-1,49 My=-15,34 Fx=-19,17 Fy=1,92
44/ ULS : LC44 N=27,27 Mx=-1,45 My=-12,76 Fx=-15,94 Fy=1,87
45/ ULS : LC45 N=136,17 Mx=-4,44 My=-82,95 Fx=-103,64 Fy=5,74
46/ ULS : LC46 N=135,86 Mx=-4,45 My=-81,50 Fx=-101,82 Fy=5,75
47/ ULS : LC47 N=-67,43 Mx=0,70 My=38,66 Fx=48,30 Fy=-0,90
48/ ULS : LC48 N=-68,33 Mx=0,76 My=40,65 Fx=50,79 Fy=-0,98
49/ ULS : LC49 N=131,14 Mx=-6,72 My=-81,23 Fx=-101,48 Fy=8,67
50/ ULS : LC50 N=130,84 Mx=-6,74 My=-79,86 Fx=-99,78 Fy=8,70
51/ ULS : LC51 N=-67,43 Mx=0,70 My=38,66 Fx=48,30 Fy=-0,90
52/ ULS : LC52 N=-68,33 Mx=0,76 My=40,65 Fx=50,79 Fy=-0,98
53/ ULS : LC53 N=93,71 Mx=-3,10 My=-56,65 Fx=-70,77 Fy=4,00
54/ ULS : LC54 N=93,19 Mx=-3,11 My=-54,36 Fx=-67,92 Fy=4,02
55/ ULS : LC55 N=-30,68 Mx=-0,81 My=18,72 Fx=23,38 Fy=1,05
56/ ULS : LC56 N=-32,23 Mx=-0,71 My=22,00 Fx=27,48 Fy=0,92
57/ ULS : LC57 N=91,18 Mx=-4,71 My=-56,03 Fx=-70,01 Fy=6,08
58/ ULS : LC58 N=90,65 Mx=-4,74 My=-53,77 Fx=-67,18 Fy=6,13
59/ ULS : LC59 N=-30,68 Mx=-0,81 My=18,72 Fx=23,38 Fy=1,05
60/ ULS : LC60 N=-32,23 Mx=-0,71 My=22,00 Fx=27,48 Fy=0,92
61/ SLS : LC61 N=88,37 Mx=-2,38 My=-41,25 Fx=-51,53 Fy=3,07
62/ SLS : LC62 N=55,03 Mx=-3,13 My=-42,09 Fx=-52,59 Fy=4,04
63/ SLS : LC63 N=111,62 Mx=-3,67 My=-66,91 Fx=-83,60 Fy=4,73
64/ SLS : LC64 N=-31,15 Mx=-1,11 My=3,88 Fx=4,83 Fy=1,43
65/ SLS : LC65 N=17,84 Mx=-1,03 My=9,10 Fx=11,39 Fy=1,33
66/ SLS : LC66 N=-46,64 Mx=-0,19 My=28,40 Fx=35,48 Fy=0,24
67/ SLS : LC67 N=59,26 Mx=-1,74 My=-34,90 Fx=-43,43 Fy=2,03
68/ SLS : LC68 N=89,34 Mx=-6,86 My=-55,62 Fx=-69,67 Fy=9,08
69/ SLS : LC69 N=108,08 Mx=-5,59 My=-65,91 Fx=-82,35 Fy=7,22
70/ SLS : LC70 N=38,85 Mx=-11,99 My=-23,37 Fx=-29,59 Fy=16,29
71/ SLS : LC71 N=-42,71 Mx=7,81 My=25,67 Fx=32,47 Fy=-10,89
72/ SLS : LC72 N=-46,64 Mx=-0,19 My=28,40 Fx=35,48 Fy=0,24
73/ SLS : LC73 N=28,26 Mx=-1,47 My=-15,04 Fx=-18,79 Fy=1,90
74/ SLS : LC74 N=27,37 Mx=-1,44 My=-13,05 Fx=-16,31 Fy=1,87
75/ SLS : LC75 N=111,74 Mx=-3,66 My=-67,44 Fx=-84,26 Fy=4,73
76/ SLS : LC76 N=111,51 Mx=-3,67 My=-66,39 Fx=-82,95 Fy=4,73
77/ SLS : LC77 N=-46,29 Mx=-0,21 My=27,63 Fx=34,53 Fy=0,27
78/ SLS : LC78 N=-46,99 Mx=-0,16 My=29,16 Fx=36,43 Fy=0,21
79/ SLS : LC79 N=108,20 Mx=-5,58 My=-66,44 Fx=-83,01 Fy=7,21
80/ SLS : LC80 N=107,97 Mx=-5,60 My=-65,39 Fx=-81,69 Fy=7,23
81/ SLS : LC81 N=-46,29 Mx=-0,21 My=27,63 Fx=34,53 Fy=0,27
82/ SLS : LC82 N=-46,99 Mx=-0,16 My=29,16 Fx=36,43 Fy=0,21
83/ SLS : LC83 N=78,58 Mx=-2,66 My=-46,93 Fx=-58,63 Fy=3,44
84/ SLS : LC84 N=78,16 Mx=-2,67 My=-45,15 Fx=-56,41 Fy=3,45
85/ SLS : LC85 N=-18,79 Mx=-1,18 My=12,65 Fx=15,80 Fy=1,52
86/ SLS : LC86 N=-20,00 Mx=-1,10 My=15,19 Fx=18,98 Fy=1,42
87/ SLS : LC87 N=76,79 Mx=-3,98 My=-46,59 Fx=-58,21 Fy=5,14
88/ SLS : LC88 N=76,37 Mx=-4,01 My=-44,84 Fx=-56,02 Fy=5,18
89/ SLS : LC89 N=-18,79 Mx=-1,18 My=12,65 Fx=15,80 Fy=1,52
90/ SLS : LC90 N=-20,00 Mx=-1,10 My=15,19 Fx=18,98 Fy=1,42
91/* ULS : LC1 N=122,08 Mx=-3,32 My=-56,13 Fx=-70,11 Fy=4,29
92/* ULS : LC2 N=73,82 Mx=-4,24 My=-58,75 Fx=-73,40 Fy=5,48
93/* ULS : LC3 N=156,62 Mx=-5,21 My=-94,52 Fx=-118,09 Fy=6,73
94/* ULS : LC4 N=-53,42 Mx=-0,24 My=8,63 Fx=10,77 Fy=0,31
95/* ULS : LC5 N=17,24 Mx=-1,09 My=17,55 Fx=21,94 Fy=1,41
96/* ULS : LC6 N=-78,14 Mx=1,19 My=45,35 Fx=56,66 Fy=-1,54
97/* ULS : LC7 N=74,05 Mx=-2,06 My=-44,72 Fx=-55,61 Fy=2,37
98/* ULS : LC8 N=118,02 Mx=-8,95 My=-74,53 Fx=-93,37 Fy=11,86
99/* ULS : LC9 N=145,98 Mx=-7,46 My=-90,11 Fx=-112,59 Fy=9,64
100/* ULS : LC10 N=44,02 Mx=-15,73 My=-28,30 Fx=-35,95 Fy=21,44
101/* ULS : LC11 N=-75,50 Mx=12,01 My=42,93 Fx=54,22 Fy=-16,64
102/* ULS : LC12 N=-82,34 Mx=1,39 My=47,32 Fx=59,11 Fy=-1,79
103/* ULS : LC13 N=33,06 Mx=-1,71 My=-17,87 Fx=-22,32 Fy=2,21
104/* ULS : LC14 N=31,77 Mx=-1,67 My=-14,90 Fx=-18,61 Fy=2,16
105/* ULS : LC15 N=156,80 Mx=-5,21 My=-95,30 Fx=-119,07 Fy=6,73
106/* ULS : LC16 N=156,46 Mx=-5,22 My=-93,75 Fx=-117,12 Fy=6,74

107/* ULS : LC17 N=-81,81 Mx=1,35 My=46,16 Fx=57,67 Fy=-1,75
108/* ULS : LC18 N=-82,85 Mx=1,43 My=48,46 Fx=60,54 Fy=-1,85
109/* ULS : LC19 N=150,74 Mx=-7,68 My=-93,22 Fx=-116,47 Fy=9,92
110/* ULS : LC20 N=150,40 Mx=-7,70 My=-91,66 Fx=-114,52 Fy=9,94
111/* ULS : LC21 N=-81,81 Mx=1,35 My=46,16 Fx=57,67 Fy=-1,75
112/* ULS : LC22 N=-82,85 Mx=1,43 My=48,46 Fx=60,54 Fy=-1,85
113/* ULS : LC23 N=108,29 Mx=-3,63 My=-65,39 Fx=-81,70 Fy=4,69
114/* ULS : LC24 N=107,69 Mx=-3,64 My=-62,77 Fx=-78,43 Fy=4,70
115/* ULS : LC25 N=-38,79 Mx=-0,52 My=22,84 Fx=28,53 Fy=0,67
116/* ULS : LC26 N=-40,56 Mx=-0,40 My=26,62 Fx=33,26 Fy=0,51
117/* ULS : LC27 N=105,21 Mx=-5,41 My=-64,56 Fx=-80,66 Fy=6,98
118/* ULS : LC28 N=104,62 Mx=-5,45 My=-61,97 Fx=-77,42 Fy=7,04
119/* ULS : LC29 N=-38,79 Mx=-0,52 My=22,84 Fx=28,53 Fy=0,67
120/* ULS : LC30 N=-40,56 Mx=-0,40 My=26,62 Fx=33,26 Fy=0,51
121/* ULS : LC31 N=105,97 Mx=-2,80 My=-48,87 Fx=-61,05 Fy=3,61
122/* ULS : LC32 N=63,62 Mx=-3,67 My=-50,70 Fx=-63,36 Fy=4,74
123/* ULS : LC33 N=136,00 Mx=-4,45 My=-82,17 Fx=-102,66 Fy=5,74
124/* ULS : LC34 N=-47,07 Mx=-0,48 My=8,02 Fx=10,01 Fy=0,62
125/* ULS : LC35 N=15,09 Mx=-0,95 My=15,30 Fx=19,13 Fy=1,23
126/* ULS : LC36 N=-67,88 Mx=0,73 My=39,66 Fx=49,55 Fy=-0,94
127/* ULS : LC37 N=68,25 Mx=-1,94 My=-40,88 Fx=-50,85 Fy=2,25
128/* ULS : LC38 N=106,71 Mx=-8,14 My=-67,08 Fx=-84,03 Fy=10,77
129/* ULS : LC39 N=130,99 Mx=-6,73 My=-80,55 Fx=-100,63 Fy=8,69
130/* ULS : LC40 N=42,13 Mx=-14,31 My=-26,46 Fx=-33,57 Fy=19,49
131/* ULS : LC41 N=-62,27 Mx=10,36 My=35,97 Fx=45,44 Fy=-14,38
132/* ULS : LC42 N=-67,88 Mx=0,73 My=39,66 Fx=49,55 Fy=-0,94
133/* ULS : LC43 N=28,44 Mx=-1,49 My=-15,34 Fx=-19,17 Fy=1,92
134/* ULS : LC44 N=27,27 Mx=-1,45 My=-12,76 Fx=-15,94 Fy=1,87
135/* ULS : LC45 N=136,17 Mx=-4,44 My=-82,95 Fx=-103,64 Fy=5,74
136/* ULS : LC46 N=135,86 Mx=-4,45 My=-81,50 Fx=-101,82 Fy=5,75
137/* ULS : LC47 N=-67,43 Mx=0,70 My=38,66 Fx=48,30 Fy=-0,90
138/* ULS : LC48 N=-68,33 Mx=0,76 My=40,65 Fx=50,79 Fy=-0,98
139/* ULS : LC49 N=131,14 Mx=-6,72 My=-81,23 Fx=-101,48 Fy=8,67
140/* ULS : LC50 N=130,84 Mx=-6,74 My=-79,86 Fx=-99,78 Fy=8,70
141/* ULS : LC51 N=-67,43 Mx=0,70 My=38,66 Fx=48,30 Fy=-0,90
142/* ULS : LC52 N=-68,33 Mx=0,76 My=40,65 Fx=50,79 Fy=-0,98
143/* ULS : LC53 N=93,71 Mx=-3,10 My=-56,65 Fx=-70,77 Fy=4,00
144/* ULS : LC54 N=93,19 Mx=-3,11 My=-54,36 Fx=-67,92 Fy=4,02
145/* ULS : LC55 N=-30,68 Mx=-0,81 My=18,72 Fx=23,38 Fy=1,05
146/* ULS : LC56 N=-32,23 Mx=-0,71 My=22,00 Fx=27,48 Fy=0,92
147/* ULS : LC57 N=91,18 Mx=-4,71 My=-56,03 Fx=-70,01 Fy=6,08
148/* ULS : LC58 N=90,65 Mx=-4,74 My=-53,77 Fx=-67,18 Fy=6,13
149/* ULS : LC59 N=-30,68 Mx=-0,81 My=18,72 Fx=23,38 Fy=1,05
150/* ULS : LC60 N=-32,23 Mx=-0,71 My=22,00 Fx=27,48 Fy=0,92
151/* SLS : LC61 N=88,37 Mx=-2,38 My=-41,25 Fx=-51,53 Fy=3,07
152/* SLS : LC62 N=55,03 Mx=-3,13 My=-42,09 Fx=-52,59 Fy=4,04
153/* SLS : LC63 N=111,62 Mx=-3,67 My=-66,91 Fx=-83,60 Fy=4,73
154/* SLS : LC64 N=-31,15 Mx=-1,11 My=3,88 Fx=4,83 Fy=1,43
155/* SLS : LC65 N=17,84 Mx=-1,03 My=9,10 Fx=11,39 Fy=1,33
156/* SLS : LC66 N=-46,64 Mx=-0,19 My=28,40 Fx=35,48 Fy=0,24
157/* SLS : LC67 N=59,26 Mx=-1,74 My=-34,90 Fx=-43,43 Fy=2,03
158/* SLS : LC68 N=89,34 Mx=-6,86 My=-55,62 Fx=-69,67 Fy=9,08
159/* SLS : LC69 N=108,08 Mx=-5,59 My=-65,91 Fx=-82,35 Fy=7,22
160/* SLS : LC70 N=38,85 Mx=-11,99 My=-23,37 Fx=-29,59 Fy=16,29
161/* SLS : LC71 N=-42,71 Mx=7,81 My=25,67 Fx=32,47 Fy=-10,89
162/* SLS : LC72 N=-46,64 Mx=-0,19 My=28,40 Fx=35,48 Fy=0,24
163/* SLS : LC73 N=28,26 Mx=-1,47 My=-15,04 Fx=-18,79 Fy=1,90
164/* SLS : LC74 N=27,37 Mx=-1,44 My=-13,05 Fx=-16,31 Fy=1,87
165/* SLS : LC75 N=111,74 Mx=-3,66 My=-67,44 Fx=-84,26 Fy=4,73
166/* SLS : LC76 N=111,51 Mx=-3,67 My=-66,39 Fx=-82,95 Fy=4,73
167/* SLS : LC77 N=-46,29 Mx=-0,21 My=27,63 Fx=34,53 Fy=0,27
168/* SLS : LC78 N=-46,99 Mx=-0,16 My=29,16 Fx=36,43 Fy=0,21
169/* SLS : LC79 N=108,20 Mx=-5,58 My=-66,44 Fx=-83,01 Fy=7,21
170/* SLS : LC80 N=107,97 Mx=-5,60 My=-65,39 Fx=-81,69 Fy=7,23
171/* SLS : LC81 N=-46,29 Mx=-0,21 My=27,63 Fx=34,53 Fy=0,27
172/* SLS : LC82 N=-46,99 Mx=-0,16 My=29,16 Fx=36,43 Fy=0,21
173/* SLS : LC83 N=78,58 Mx=-2,66 My=-46,93 Fx=-58,63 Fy=3,44
174/* SLS : LC84 N=78,16 Mx=-2,67 My=-45,15 Fx=-56,41 Fy=3,45
175/* SLS : LC85 N=-18,79 Mx=-1,18 My=12,65 Fx=15,80 Fy=1,52
176/* SLS : LC86 N=-20,00 Mx=-1,10 My=15,19 Fx=18,98 Fy=1,42

177/* SLS : LC87 N=76,79 Mx=-3,98 My=-46,59 Fx=-58,21 Fy=5,14
178/* SLS : LC88 N=76,37 Mx=-4,01 My=-44,84 Fx=-56,02 Fy=5,18
179/* SLS : LC89 N=-18,79 Mx=-1,18 My=12,65 Fx=15,80 Fy=1,52
180/* SLS : LC90 N=-20,00 Mx=-1,10 My=15,19 Fx=18,98 Fy=1,42

1.2 Geotechnical design

1.2.1 Assumptions

- Cohesion reduction coefficient: 0,00
- Take account of plastic redistribution of allowable stresses
- Requirement 6.5.3(13) disregarded
- Sliding with soil pressure considered: for X and Y directions
- Design approach: 1

A1 + M1 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,00

$\gamma_{c'}$ = 1,00

γ_{cu} = 1,00

γ_{qu} = 1,00

γ_{γ} = 1,00

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

$\gamma_{R,h}$ = 1,00

A2 + M2 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,25

$\gamma_{c'}$ = 1,25

γ_{cu} = 1,40

γ_{qu} = 1,40

γ_{γ} = 1,00

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

$\gamma_{R,h}$ = 1,00

1.2.2 Soil:

Soil level:	N_1	= 0,80 (m)
Column pier level:	N_a	= 0,00 (m)
Minimum reference level:	N_f	= -0,50 (m)

TERRENO

- Soil level: 0.80 (m)
- Unit weight: 1700.00 (kG/m3)
- Unit weight of solid: 1700.00 (kG/m3)
- Internal friction angle: 22.0 (Deg)
- Cohesion: 0.01 (MPa)

1.2.3 Limit states

Stress calculations

Soil type under foundation: not layered
Design combination **ULS : LC45 N=136,17 Mx=-4,44 My=-82,95 Fx=-103,64 Fy=5,74**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Calculation results: On the foundation level
Weight of foundation and soil over it: Gr = 161,56 (kN)
Design load:
Nr = 297,73 (kN) Mx = -7,31 (kN*m) My = -55,07 (kN*m)

Allowable stress calculation method: Analytical

Load eccentricity:
$|e_B|$ = 0,02 (m) $|e_L|$ = 0,18 (m)
Equivalent foundation dimensions:
$B' = B - 2|e_B|$ = 2,25 (m)
$L' = L - 2|e_L|$ = 2,43 (m)
Foundation depth: Dmin = 1,30 (m)

Coefficients of load capacity:
N_γ = 2.72
N_c = 13.03
N_q = 5.21
Inclination factors:
i_γ = 0.56
i_c = 0.64
i_q = 0.71
Shape coefficient:
s_γ = 0.72
s_c = 1.35
s_q = 1.28
Factors of foundation base inclination:
b_γ = 1.00
b_c = 1.00
b_q = 1.00
Soil profile parameters:
C = 0.01 (MPa)
ϕ = 22,0 (Deg)
γ = 1700.00 (kG/m3)
qu = 0,26 (MPa)
Design soil pressure:
$q_{lim} = q_u / \gamma_{R,v}$ = 0.26 (MPa)
$\gamma_{R,v}$ = 1,00

Stress in soil: qref = 0.05 (MPa)
Safety factor: qlim / qref = 4.762 > 1

Average settlement

Soil type under foundation: not layered
Design combination **SLS : LC75 N=111,74 Mx=-3,66 My=-67,44 Fx=-84,26 Fy=4,73**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Weight of foundation and soil over it: Gr = 161,54 (kN)
Average stress caused by design load: q = 0,04 (MPa)
Thickness of the actively settling soil: z = 1,73 (m)
Stress on the level z:
- Additional: σzd = 0,01 (MPa)
- Caused by soil weight: $\sigma z\gamma$ = 0,05 (MPa)

Settlement:
- Original s' = 0,1 (cm)
- Secondary s'' = 0,0 (cm)
- TOTAL S = 0,1 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)

Safety factor: 2.806 > 1

Settlement difference

Design combination **SLS : LC79 N=108,20 Mx=-5,58 My=-66,44 Fx=-83,01 Fy=7,21**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Settlement difference: S = 0,2 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)
Safety factor: 1.21 > 1

1.3 RC design

1.3.1 Assumptions

- Exposure : XC2
- Structure class : S3

1.3.2 Analysis of punching and shear

Punching

Design combination **ULS : LC15 N=156,80 Mx=-5,21 My=-95,30 Fx=-119,07 Fy=6,73**
Load factors: **1.35** * Foundation weight
1.35 * Soil weight
Design load:
Nr = 374,88 (kN) Mx = -8,57 (kN*m) My = -63,46 (kN*m)
Length of critical circumference: 2,89 (m)
Punching force: 129,48 (kN)
Section effective height h_{eff} = 0,43 (m)
Reinforcement ratio: ρ = 0.13 %
Shear stress: 0,19 (MPa)
Admissible shear stress: 0,49 (MPa)
Safety factor: 2.615 > 1

1.3.3 Required reinforcement

Spread footing:

bottom:

ULS : LC15 N=156,80 Mx=-5,21 My=-95,30 Fx=-119,07 Fy=6,73
My = 136,36 (kN*m) A_{sx}= 5,59 (cm2/m)

ULS : LC19 N=150,74 Mx=-7,68 My=-93,22 Fx=-116,47 Fy=9,92
Mx = 35,16 (kN*m) A_{sy}= 5,59 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 5,59 (cm2/m)

top:

ULS : LC18 N=-82,85 Mx=1,43 My=48,46 Fx=60,54 Fy=-1,85
My = -70,88 (kN*m) A'_{sx} = 5,59 (cm2/m)

ULS : LC11 N=-75,50 Mx=12,01 My=42,93 Fx=54,22 Fy=-16,64
Mx = -24,35 (kN*m) A'_{sy} = 5,59 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 5,59 (cm2/m)

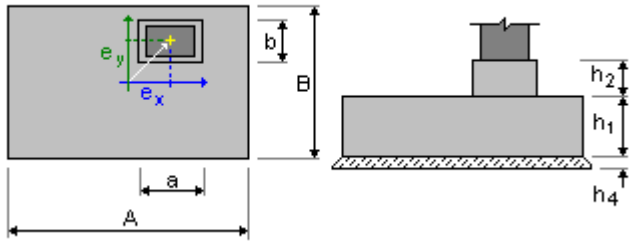
1 Spread footing: S02 Number of identical elements: 1

1.1 Basic data

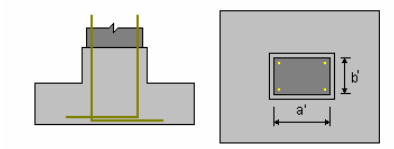
1.1.1 Assumptions

- Geotechnic calculations according to : EN 1997-1:2004/A1:2013
- Concrete calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Shape selection : without limits

1.1.2 Geometry:



A	= 3,00 (m)	a	= 0,50 (m)
B	= 2,40 (m)	b	= 0,50 (m)
h1	= 0,50 (m)	e_x	= -0,75 (m)
h2	= 0,00 (m)	e_y	= 0,00 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a' = 50,0 (cm)
b' = 50,0 (cm)
c_{nom1} = 6,0 (cm)
c_{nom2} = 6,0 (cm)
Cover deviations: Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)

1.1.3 Materials

- Concrete : C20/25; Characteristic strength = 20,00 MPa

  Unit weight = 2501,36 (kG/m3)
  Rectangular stress distribution [3.1.7(3)]
- Longitudinal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

  Ductility class: C
  Horizontal branch of the stress-strain diagram
- Transversal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa
- Additional reinforcement: : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

1.1.4 Loads:

Foundation loads:

Case	Nature	Group	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
LC1	design	----	66,02	89,34	4,20	-3,26	71,45
LC2	design	----	107,51	84,61	-0,28	0,22	67,65
LC3	design	----	140,76	144,96	2,65	-2,05	115,92
LC4	design	----	5,66	-34,77	0,91	-0,70	-27,82
LC5	design	----	-60,30	-25,90	-7,80	6,05	-20,70
LC6	design	----	-87,14	-83,57	-9,13	7,08	-66,83
LC7	design	----	65,51	65,74	1,87	-1,62	52,84
LC8	design	----	106,90	119,24	9,21	-6,98	95,09
LC9	design	----	131,77	140,92	7,97	-6,18	112,70
LC10	design	----	38,42	46,57	16,91	-12,28	36,60
LC11	design	----	-85,03	-84,11	-21,60	15,92	-66,62
LC12	design	----	-90,69	-86,33	-9,33	7,24	-69,03
LC13	design	----	27,60	25,81	-0,37	0,29	20,64
LC14	design	----	26,36	20,46	0,34	-0,27	16,36
LC15	design	----	140,87	146,09	2,47	-1,92	116,83
LC16	design	----	140,63	143,77	2,81	-2,18	114,97
LC17	design	----	-90,15	-84,40	-9,37	7,27	-67,49
LC18	design	----	-91,23	-88,26	-9,29	7,21	-70,58
LC19	design	----	135,79	145,24	8,02	-6,22	116,15
LC20	design	----	135,51	142,85	8,42	-6,54	114,23
LC21	design	----	-90,15	-84,40	-9,37	7,27	-67,49
LC22	design	----	-91,23	-88,26	-9,29	7,21	-70,58
LC23	design	----	96,96	100,60	1,04	-0,81	80,44
LC24	design	----	96,53	96,74	1,66	-1,28	77,36
LC25	design	----	-47,39	-46,32	-4,98	3,87	-37,04
LC26	design	----	-49,22	-52,66	-4,81	3,73	-42,11
LC27	design	----	94,52	101,13	4,85	-3,76	80,87
LC28	design	----	94,09	97,30	5,56	-4,31	77,81
LC29	design	----	-47,39	-46,32	-4,98	3,87	-37,04
LC30	design	----	-49,22	-52,66	-4,81	3,73	-42,11

LC31	design	----	57,08	77,59	3,42	-2,65	62,05
LC32	design	----	93,35	74,27	-0,65	0,50	59,38
LC33	design	----	122,41	126,72	1,94	-1,51	101,33
LC34	design	----	4,69	-30,72	0,65	-0,50	-24,58
LC35	design	----	-53,60	-24,24	-6,87	5,33	-19,37
LC36	design	----	-76,43	-73,93	-7,88	6,11	-59,12
LC37	design	----	60,28	60,26	1,56	-1,36	48,43
LC38	design	----	96,58	107,54	8,24	-6,24	85,76
LC39	design	----	118,22	126,35	7,01	-5,43	101,04
LC40	design	----	36,23	42,58	15,23	-11,08	33,49
LC41	design	----	-71,47	-71,76	-18,83	13,87	-56,82
LC42	design	----	-76,43	-73,93	-7,88	6,11	-59,12
LC43	design	----	23,68	22,40	-0,57	0,44	17,91
LC44	design	----	22,55	17,64	0,05	-0,04	14,10
LC45	design	----	122,52	127,84	1,77	-1,37	102,24
LC46	design	----	122,30	125,69	2,09	-1,62	100,51
LC47	design	----	-75,95	-72,26	-7,91	6,14	-57,79
LC48	design	----	-76,89	-75,60	-7,84	6,08	-60,45
LC49	design	----	118,36	127,40	6,82	-5,29	101,88
LC50	design	----	118,12	125,35	7,18	-5,57	100,24
LC51	design	----	-75,95	-72,26	-7,91	6,14	-57,79
LC52	design	----	-76,89	-75,60	-7,84	6,08	-60,45
LC53	design	----	84,02	87,64	0,58	-0,45	70,08
LC54	design	----	83,64	84,29	1,12	-0,87	67,40
LC55	design	----	-39,19	-39,46	-4,08	3,16	-31,56
LC56	design	----	-40,79	-44,97	-3,91	3,04	-35,96
LC57	design	----	82,05	88,36	3,98	-3,09	70,66
LC58	design	----	81,67	85,04	4,61	-3,57	68,00
LC59	design	----	-39,19	-39,46	-4,08	3,16	-31,56
LC60	design	----	-40,79	-44,97	-3,91	3,04	-35,96
LC61	design	----	49,35	64,47	2,59	-2,01	51,56
LC62	design	----	77,59	62,83	-0,78	0,60	50,24
LC63	design	----	100,32	103,47	1,31	-1,01	82,75
LC64	design	----	8,51	-20,58	0,55	-0,43	-16,47
LC65	design	----	-38,20	-17,38	-5,07	3,93	-13,90
LC66	design	----	-55,30	-55,55	-5,64	4,38	-44,42
LC67	design	----	52,17	51,69	1,05	-0,94	41,53
LC68	design	----	80,69	89,34	6,67	-5,04	71,26
LC69	design	----	97,47	103,84	5,49	-4,26	83,04
LC70	design	----	32,63	36,24	12,52	-9,13	28,54
LC71	design	----	-51,37	-53,46	-14,54	10,69	-42,31
LC72	design	----	-55,30	-55,55	-5,64	4,38	-44,42
LC73	design	----	23,49	21,73	-0,51	0,39	17,38
LC74	design	----	22,61	18,06	-0,03	0,02	14,44
LC75	design	----	100,40	104,22	1,18	-0,92	83,35
LC76	design	----	100,24	102,69	1,42	-1,10	82,12
LC77	design	----	-54,93	-54,27	-5,68	4,40	-43,40
LC78	design	----	-55,65	-56,83	-5,62	4,36	-45,44
LC79	design	----	97,56	104,61	5,35	-4,15	83,66
LC80	design	----	97,39	103,08	5,63	-4,36	82,44
LC81	design	----	-54,93	-54,27	-5,68	4,40	-43,40
LC82	design	----	-55,65	-56,83	-5,62	4,36	-45,44
LC83	design	----	70,24	72,59	0,29	-0,23	58,05
LC84	design	----	69,92	69,98	0,73	-0,56	55,96
LC85	design	----	-26,98	-29,16	-2,71	2,10	-23,32
LC86	design	----	-28,23	-33,42	-2,57	1,99	-26,73
LC87	design	----	68,91	73,49	3,02	-2,35	58,77
LC88	design	----	68,61	70,91	3,52	-2,73	56,71
LC89	design	----	-26,98	-29,16	-2,71	2,10	-23,32
LC90	design	----	-28,23	-33,42	-2,57	1,99	-26,73

Backfill loads:

Case	Nature	Q1 (kN/m2)

1.1.5 Combination list

1/ ULS : LC1 N=66,02 Mx=-3,26 My=71,45 Fx=89,34 Fy=4,20
2/ ULS : LC2 N=107,51 Mx=0,22 My=67,65 Fx=84,61 Fy=-0,28
3/ ULS : LC3 N=140,76 Mx=-2,05 My=115,92 Fx=144,96 Fy=2,65

4/ ULS : LC4 N=5,66 Mx=-0,70 My=-27,82 Fx=-34,77 Fy=0,91
5/ ULS : LC5 N=-60,30 Mx=6,05 My=-20,70 Fx=-25,90 Fy=-7,80
6/ ULS : LC6 N=-87,14 Mx=7,08 My=-66,83 Fx=-83,57 Fy=-9,13
7/ ULS : LC7 N=65,51 Mx=-1,62 My=52,84 Fx=65,74 Fy=1,87
8/ ULS : LC8 N=106,90 Mx=-6,98 My=95,09 Fx=119,24 Fy=9,21
9/ ULS : LC9 N=131,77 Mx=-6,18 My=112,70 Fx=140,92 Fy=7,97
10/ ULS : LC10 N=38,42 Mx=-12,28 My=36,60 Fx=46,57 Fy=16,91
11/ ULS : LC11 N=-85,03 Mx=15,92 My=-66,62 Fx=-84,11 Fy=-21,60
12/ ULS : LC12 N=-90,69 Mx=7,24 My=-69,03 Fx=-86,33 Fy=-9,33
13/ ULS : LC13 N=27,60 Mx=0,29 My=20,64 Fx=25,81 Fy=-0,37
14/ ULS : LC14 N=26,36 Mx=-0,27 My=16,36 Fx=20,46 Fy=0,34
15/ ULS : LC15 N=140,87 Mx=-1,92 My=116,83 Fx=146,09 Fy=2,47
16/ ULS : LC16 N=140,63 Mx=-2,18 My=114,97 Fx=143,77 Fy=2,81
17/ ULS : LC17 N=-90,15 Mx=7,27 My=-67,49 Fx=-84,40 Fy=-9,37
18/ ULS : LC18 N=-91,23 Mx=7,21 My=-70,58 Fx=-88,26 Fy=-9,29
19/ ULS : LC19 N=135,79 Mx=-6,22 My=116,15 Fx=145,24 Fy=8,02
20/ ULS : LC20 N=135,51 Mx=-6,54 My=114,23 Fx=142,85 Fy=8,42
21/ ULS : LC21 N=-90,15 Mx=7,27 My=-67,49 Fx=-84,40 Fy=-9,37
22/ ULS : LC22 N=-91,23 Mx=7,21 My=-70,58 Fx=-88,26 Fy=-9,29
23/ ULS : LC23 N=96,96 Mx=-0,81 My=80,44 Fx=100,60 Fy=1,04
24/ ULS : LC24 N=96,53 Mx=-1,28 My=77,36 Fx=96,74 Fy=1,66
25/ ULS : LC25 N=-47,39 Mx=3,87 My=-37,04 Fx=-46,32 Fy=-4,98
26/ ULS : LC26 N=-49,22 Mx=3,73 My=-42,11 Fx=-52,66 Fy=-4,81
27/ ULS : LC27 N=94,52 Mx=-3,76 My=80,87 Fx=101,13 Fy=4,85
28/ ULS : LC28 N=94,09 Mx=-4,31 My=77,81 Fx=97,30 Fy=5,56
29/ ULS : LC29 N=-47,39 Mx=3,87 My=-37,04 Fx=-46,32 Fy=-4,98
30/ ULS : LC30 N=-49,22 Mx=3,73 My=-42,11 Fx=-52,66 Fy=-4,81
31/ ULS : LC31 N=57,08 Mx=-2,65 My=62,05 Fx=77,59 Fy=3,42
32/ ULS : LC32 N=93,35 Mx=0,50 My=59,38 Fx=74,27 Fy=-0,65
33/ ULS : LC33 N=122,41 Mx=-1,51 My=101,33 Fx=126,72 Fy=1,94
34/ ULS : LC34 N=4,69 Mx=-0,50 My=-24,58 Fx=-30,72 Fy=0,65
35/ ULS : LC35 N=-53,60 Mx=5,33 My=-19,37 Fx=-24,24 Fy=-6,87
36/ ULS : LC36 N=-76,43 Mx=6,11 My=-59,12 Fx=-73,93 Fy=-7,88
37/ ULS : LC37 N=60,28 Mx=-1,36 My=48,43 Fx=60,26 Fy=1,56
38/ ULS : LC38 N=96,58 Mx=-6,24 My=85,76 Fx=107,54 Fy=8,24
39/ ULS : LC39 N=118,22 Mx=-5,43 My=101,04 Fx=126,35 Fy=7,01
40/ ULS : LC40 N=36,23 Mx=-11,08 My=33,49 Fx=42,58 Fy=15,23
41/ ULS : LC41 N=-71,47 Mx=13,87 My=-56,82 Fx=-71,76 Fy=-18,83
42/ ULS : LC42 N=-76,43 Mx=6,11 My=-59,12 Fx=-73,93 Fy=-7,88
43/ ULS : LC43 N=23,68 Mx=0,44 My=17,91 Fx=22,40 Fy=-0,57
44/ ULS : LC44 N=22,55 Mx=-0,04 My=14,10 Fx=17,64 Fy=0,05
45/ ULS : LC45 N=122,52 Mx=-1,37 My=102,24 Fx=127,84 Fy=1,77
46/ ULS : LC46 N=122,30 Mx=-1,62 My=100,51 Fx=125,69 Fy=2,09
47/ ULS : LC47 N=-75,95 Mx=6,14 My=-57,79 Fx=-72,26 Fy=-7,91
48/ ULS : LC48 N=-76,89 Mx=6,08 My=-60,45 Fx=-75,60 Fy=-7,84
49/ ULS : LC49 N=118,36 Mx=-5,29 My=101,88 Fx=127,40 Fy=6,82
50/ ULS : LC50 N=118,12 Mx=-5,57 My=100,24 Fx=125,35 Fy=7,18
51/ ULS : LC51 N=-75,95 Mx=6,14 My=-57,79 Fx=-72,26 Fy=-7,91
52/ ULS : LC52 N=-76,89 Mx=6,08 My=-60,45 Fx=-75,60 Fy=-7,84
53/ ULS : LC53 N=84,02 Mx=-0,45 My=70,08 Fx=87,64 Fy=0,58
54/ ULS : LC54 N=83,64 Mx=-0,87 My=67,40 Fx=84,29 Fy=1,12
55/ ULS : LC55 N=-39,19 Mx=3,16 My=-31,56 Fx=-39,46 Fy=-4,08
56/ ULS : LC56 N=-40,79 Mx=3,04 My=-35,96 Fx=-44,97 Fy=-3,91
57/ ULS : LC57 N=82,05 Mx=-3,09 My=70,66 Fx=88,36 Fy=3,98
58/ ULS : LC58 N=81,67 Mx=-3,57 My=68,00 Fx=85,04 Fy=4,61
59/ ULS : LC59 N=-39,19 Mx=3,16 My=-31,56 Fx=-39,46 Fy=-4,08
60/ ULS : LC60 N=-40,79 Mx=3,04 My=-35,96 Fx=-44,97 Fy=-3,91
61/ SLS : LC61 N=49,35 Mx=-2,01 My=51,56 Fx=64,47 Fy=2,59
62/ SLS : LC62 N=77,59 Mx=0,60 My=50,24 Fx=62,83 Fy=-0,78
63/ SLS : LC63 N=100,32 Mx=-1,01 My=82,75 Fx=103,47 Fy=1,31
64/ SLS : LC64 N=8,51 Mx=-0,43 My=-16,47 Fx=-20,58 Fy=0,55
65/ SLS : LC65 N=-38,20 Mx=3,93 My=-13,90 Fx=-17,38 Fy=-5,07
66/ SLS : LC66 N=-55,30 Mx=4,38 My=-44,42 Fx=-55,55 Fy=-5,64
67/ SLS : LC67 N=52,17 Mx=-0,94 My=41,53 Fx=51,69 Fy=1,05
68/ SLS : LC68 N=80,69 Mx=-5,04 My=71,26 Fx=89,34 Fy=6,67
69/ SLS : LC69 N=97,47 Mx=-4,26 My=83,04 Fx=103,84 Fy=5,49
70/ SLS : LC70 N=32,63 Mx=-9,13 My=28,54 Fx=36,24 Fy=12,52
71/ SLS : LC71 N=-51,37 Mx=10,69 My=-42,31 Fx=-53,46 Fy=-14,54
72/ SLS : LC72 N=-55,30 Mx=4,38 My=-44,42 Fx=-55,55 Fy=-5,64
73/ SLS : LC73 N=23,49 Mx=0,39 My=17,38 Fx=21,73 Fy=-0,51

74/	SLS :	LC74 N=22,61 Mx=0,02 My=14,44 Fx=18,06 Fy=-0,03
75/	SLS :	LC75 N=100,40 Mx=-0,92 My=83,35 Fx=104,22 Fy=1,18
76/	SLS :	LC76 N=100,24 Mx=-1,10 My=82,12 Fx=102,69 Fy=1,42
77/	SLS :	LC77 N=-54,93 Mx=4,40 My=-43,40 Fx=-54,27 Fy=-5,68
78/	SLS :	LC78 N=-55,65 Mx=4,36 My=-45,44 Fx=-56,83 Fy=-5,62
79/	SLS :	LC79 N=97,56 Mx=-4,15 My=83,66 Fx=104,61 Fy=5,35
80/	SLS :	LC80 N=97,39 Mx=-4,36 My=82,44 Fx=103,08 Fy=5,63
81/	SLS :	LC81 N=-54,93 Mx=4,40 My=-43,40 Fx=-54,27 Fy=-5,68
82/	SLS :	LC82 N=-55,65 Mx=4,36 My=-45,44 Fx=-56,83 Fy=-5,62
83/	SLS :	LC83 N=70,24 Mx=-0,23 My=58,05 Fx=72,59 Fy=0,29
84/	SLS :	LC84 N=69,92 Mx=-0,56 My=55,96 Fx=69,98 Fy=0,73
85/	SLS :	LC85 N=-26,98 Mx=2,10 My=-23,32 Fx=-29,16 Fy=-2,71
86/	SLS :	LC86 N=-28,23 Mx=1,99 My=-26,73 Fx=-33,42 Fy=-2,57
87/	SLS :	LC87 N=68,91 Mx=-2,35 My=58,77 Fx=73,49 Fy=3,02
88/	SLS :	LC88 N=68,61 Mx=-2,73 My=56,71 Fx=70,91 Fy=3,52
89/	SLS :	LC89 N=-26,98 Mx=2,10 My=-23,32 Fx=-29,16 Fy=-2,71
90/	SLS :	LC90 N=-28,23 Mx=1,99 My=-26,73 Fx=-33,42 Fy=-2,57
91/*	ULS :	LC1 N=66,02 Mx=-3,26 My=71,45 Fx=89,34 Fy=4,20
92/*	ULS :	LC2 N=107,51 Mx=0,22 My=67,65 Fx=84,61 Fy=-0,28
93/*	ULS :	LC3 N=140,76 Mx=-2,05 My=115,92 Fx=144,96 Fy=2,65
94/*	ULS :	LC4 N=5,66 Mx=-0,70 My=-27,82 Fx=-34,77 Fy=0,91
95/*	ULS :	LC5 N=-60,30 Mx=6,05 My=-20,70 Fx=-25,90 Fy=-7,80
96/*	ULS :	LC6 N=-87,14 Mx=7,08 My=-66,83 Fx=-83,57 Fy=-9,13
97/*	ULS :	LC7 N=65,51 Mx=-1,62 My=52,84 Fx=65,74 Fy=1,87
98/*	ULS :	LC8 N=106,90 Mx=-6,98 My=95,09 Fx=119,24 Fy=9,21
99/*	ULS :	LC9 N=131,77 Mx=-6,18 My=112,70 Fx=140,92 Fy=7,97
100/*	ULS :	LC10 N=38,42 Mx=-12,28 My=36,60 Fx=46,57 Fy=16,91
101/*	ULS :	LC11 N=-85,03 Mx=15,92 My=-66,62 Fx=-84,11 Fy=-21,60
102/*	ULS :	LC12 N=-90,69 Mx=7,24 My=-69,03 Fx=-86,33 Fy=-9,33
103/*	ULS :	LC13 N=27,60 Mx=0,29 My=20,64 Fx=25,81 Fy=-0,37
104/*	ULS :	LC14 N=26,36 Mx=-0,27 My=16,36 Fx=20,46 Fy=0,34
105/*	ULS :	LC15 N=140,87 Mx=-1,92 My=116,83 Fx=146,09 Fy=2,47
106/*	ULS :	LC16 N=140,63 Mx=-2,18 My=114,97 Fx=143,77 Fy=2,81
107/*	ULS :	LC17 N=-90,15 Mx=7,27 My=-67,49 Fx=-84,40 Fy=-9,37
108/*	ULS :	LC18 N=-91,23 Mx=7,21 My=-70,58 Fx=-88,26 Fy=-9,29
109/*	ULS :	LC19 N=135,79 Mx=-6,22 My=116,15 Fx=145,24 Fy=8,02
110/*	ULS :	LC20 N=135,51 Mx=-6,54 My=114,23 Fx=142,85 Fy=8,42
111/*	ULS :	LC21 N=-90,15 Mx=7,27 My=-67,49 Fx=-84,40 Fy=-9,37
112/*	ULS :	LC22 N=-91,23 Mx=7,21 My=-70,58 Fx=-88,26 Fy=-9,29
113/*	ULS :	LC23 N=96,96 Mx=-0,81 My=80,44 Fx=100,60 Fy=1,04
114/*	ULS :	LC24 N=96,53 Mx=-1,28 My=77,36 Fx=96,74 Fy=1,66
115/*	ULS :	LC25 N=-47,39 Mx=3,87 My=-37,04 Fx=-46,32 Fy=-4,98
116/*	ULS :	LC26 N=-49,22 Mx=3,73 My=-42,11 Fx=-52,66 Fy=-4,81
117/*	ULS :	LC27 N=94,52 Mx=-3,76 My=80,87 Fx=101,13 Fy=4,85
118/*	ULS :	LC28 N=94,09 Mx=-4,31 My=77,81 Fx=97,30 Fy=5,56
119/*	ULS :	LC29 N=-47,39 Mx=3,87 My=-37,04 Fx=-46,32 Fy=-4,98
120/*	ULS :	LC30 N=-49,22 Mx=3,73 My=-42,11 Fx=-52,66 Fy=-4,81
121/*	ULS :	LC31 N=57,08 Mx=-2,65 My=62,05 Fx=77,59 Fy=3,42
122/*	ULS :	LC32 N=93,35 Mx=0,50 My=59,38 Fx=74,27 Fy=-0,65
123/*	ULS :	LC33 N=122,41 Mx=-1,51 My=101,33 Fx=126,72 Fy=1,94
124/*	ULS :	LC34 N=4,69 Mx=-0,50 My=-24,58 Fx=-30,72 Fy=0,65
125/*	ULS :	LC35 N=-53,60 Mx=5,33 My=-19,37 Fx=-24,24 Fy=-6,87
126/*	ULS :	LC36 N=-76,43 Mx=6,11 My=-59,12 Fx=-73,93 Fy=-7,88
127/*	ULS :	LC37 N=60,28 Mx=-1,36 My=48,43 Fx=60,26 Fy=1,56
128/*	ULS :	LC38 N=96,58 Mx=-6,24 My=85,76 Fx=107,54 Fy=8,24
129/*	ULS :	LC39 N=118,22 Mx=-5,43 My=101,04 Fx=126,35 Fy=7,01
130/*	ULS :	LC40 N=36,23 Mx=-11,08 My=33,49 Fx=42,58 Fy=15,23
131/*	ULS :	LC41 N=-71,47 Mx=13,87 My=-56,82 Fx=-71,76 Fy=-18,83
132/*	ULS :	LC42 N=-76,43 Mx=6,11 My=-59,12 Fx=-73,93 Fy=-7,88
133/*	ULS :	LC43 N=23,68 Mx=0,44 My=17,91 Fx=22,40 Fy=-0,57
134/*	ULS :	LC44 N=22,55 Mx=-0,04 My=14,10 Fx=17,64 Fy=0,05
135/*	ULS :	LC45 N=122,52 Mx=-1,37 My=102,24 Fx=127,84 Fy=1,77
136/*	ULS :	LC46 N=122,30 Mx=-1,62 My=100,51 Fx=125,69 Fy=2,09
137/*	ULS :	LC47 N=-75,95 Mx=6,14 My=-57,79 Fx=-72,26 Fy=-7,91
138/*	ULS :	LC48 N=-76,89 Mx=6,08 My=-60,45 Fx=-75,60 Fy=-7,84
139/*	ULS :	LC49 N=118,36 Mx=-5,29 My=101,88 Fx=127,40 Fy=6,82
140/*	ULS :	LC50 N=118,12 Mx=-5,57 My=100,24 Fx=125,35 Fy=7,18
141/*	ULS :	LC51 N=-75,95 Mx=6,14 My=-57,79 Fx=-72,26 Fy=-7,91
142/*	ULS :	LC52 N=-76,89 Mx=6,08 My=-60,45 Fx=-75,60 Fy=-7,84
143/*	ULS :	LC53 N=84,02 Mx=-0,45 My=70,08 Fx=87,64 Fy=0,58

144/*	ULS :	LC54 N=83,64 Mx=-0,87 My=67,40 Fx=84,29 Fy=1,12
145/*	ULS :	LC55 N=-39,19 Mx=3,16 My=-31,56 Fx=-39,46 Fy=-4,08
146/*	ULS :	LC56 N=-40,79 Mx=3,04 My=-35,96 Fx=-44,97 Fy=-3,91
147/*	ULS :	LC57 N=82,05 Mx=-3,09 My=70,66 Fx=88,36 Fy=3,98
148/*	ULS :	LC58 N=81,67 Mx=-3,57 My=68,00 Fx=85,04 Fy=4,61
149/*	ULS :	LC59 N=-39,19 Mx=3,16 My=-31,56 Fx=-39,46 Fy=-4,08
150/*	ULS :	LC60 N=-40,79 Mx=3,04 My=-35,96 Fx=-44,97 Fy=-3,91
151/*	SLS :	LC61 N=49,35 Mx=-2,01 My=51,56 Fx=64,47 Fy=2,59
152/*	SLS :	LC62 N=77,59 Mx=0,60 My=50,24 Fx=62,83 Fy=-0,78
153/*	SLS :	LC63 N=100,32 Mx=-1,01 My=82,75 Fx=103,47 Fy=1,31
154/*	SLS :	LC64 N=8,51 Mx=-0,43 My=-16,47 Fx=-20,58 Fy=0,55
155/*	SLS :	LC65 N=-38,20 Mx=3,93 My=-13,90 Fx=-17,38 Fy=-5,07
156/*	SLS :	LC66 N=-55,30 Mx=4,38 My=-44,42 Fx=-55,55 Fy=-5,64
157/*	SLS :	LC67 N=52,17 Mx=-0,94 My=41,53 Fx=51,69 Fy=1,05
158/*	SLS :	LC68 N=80,69 Mx=-5,04 My=71,26 Fx=89,34 Fy=6,67
159/*	SLS :	LC69 N=97,47 Mx=-4,26 My=83,04 Fx=103,84 Fy=5,49
160/*	SLS :	LC70 N=32,63 Mx=-9,13 My=28,54 Fx=36,24 Fy=12,52
161/*	SLS :	LC71 N=-51,37 Mx=10,69 My=-42,31 Fx=-53,46 Fy=-14,54
162/*	SLS :	LC72 N=-55,30 Mx=4,38 My=-44,42 Fx=-55,55 Fy=-5,64
163/*	SLS :	LC73 N=23,49 Mx=0,39 My=17,38 Fx=21,73 Fy=-0,51
164/*	SLS :	LC74 N=22,61 Mx=0,02 My=14,44 Fx=18,06 Fy=-0,03
165/*	SLS :	LC75 N=100,40 Mx=-0,92 My=83,35 Fx=104,22 Fy=1,18
166/*	SLS :	LC76 N=100,24 Mx=-1,10 My=82,12 Fx=102,69 Fy=1,42
167/*	SLS :	LC77 N=-54,93 Mx=4,40 My=-43,40 Fx=-54,27 Fy=-5,68
168/*	SLS :	LC78 N=-55,65 Mx=4,36 My=-45,44 Fx=-56,83 Fy=-5,62
169/*	SLS :	LC79 N=97,56 Mx=-4,15 My=83,66 Fx=104,61 Fy=5,35
170/*	SLS :	LC80 N=97,39 Mx=-4,36 My=82,44 Fx=103,08 Fy=5,63
171/*	SLS :	LC81 N=-54,93 Mx=4,40 My=-43,40 Fx=-54,27 Fy=-5,68
172/*	SLS :	LC82 N=-55,65 Mx=4,36 My=-45,44 Fx=-56,83 Fy=-5,62
173/*	SLS :	LC83 N=70,24 Mx=-0,23 My=58,05 Fx=72,59 Fy=0,29
174/*	SLS :	LC84 N=69,92 Mx=-0,56 My=55,96 Fx=69,98 Fy=0,73
175/*	SLS :	LC85 N=-26,98 Mx=2,10 My=-23,32 Fx=-29,16 Fy=-2,71
176/*	SLS :	LC86 N=-28,23 Mx=1,99 My=-26,73 Fx=-33,42 Fy=-2,57
177/*	SLS :	LC87 N=68,91 Mx=-2,35 My=58,77 Fx=73,49 Fy=3,02
178/*	SLS :	LC88 N=68,61 Mx=-2,73 My=56,71 Fx=70,91 Fy=3,52
179/*	SLS :	LC89 N=-26,98 Mx=2,10 My=-23,32 Fx=-29,16 Fy=-2,71
180/*	SLS :	LC90 N=-28,23 Mx=1,99 My=-26,73 Fx=-33,42 Fy=-2,57

1.2 Geotechnical design

1.2.1 Assumptions

- Cohesion reduction coefficient: 0,00
- Take account of plastic redistribution of allowable stresses
- Sliding with soil pressure considered: for X and Y directions
- Design approach: 1

  A1 + M1 + R1

  $\gamma_{\phi'}$ = 1,00

  $\gamma_{c'}$ = 1,00

  γ_{cu} = 1,00

  γ_{qu} = 1,00

  γ_{γ} = 1,00

  $\gamma_{R,v}$ = 1,00

  $\gamma_{R,h}$ = 1,00

  A2 + M2 + R1

  $\gamma_{\phi'}$ = 1,25

  $\gamma_{c'}$ = 1,25

  γ_{cu} = 1,40

  γ_{qu} = 1,40

$\gamma\gamma$ = 1,00
$\gamma_{R,v}$ = 1,00
$\gamma_{R,h}$ = 1,00

1.2.2 Soil:

Soil level:	N_1	= 0,80 (m)
Column pier level:	N_a	= 0,00 (m)
Minimum reference level:	N_f	= -0,50 (m)

TERRENO

- Soil level: 0.80 (m)
- Unit weight: 1700.00 (kG/m3)
- Unit weight of solid: 1700.00 (kG/m3)
- Internal friction angle: 22.0 (Deg)
- Cohesion: 0.01 (MPa)

1.2.3 Limit states

Stress calculations

Soil type under foundation: not layered
Design combination **ULS : LC49 N=118,36 Mx=-5,29 My=101,88 Fx=127,40 Fy=6,82**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Calculation results: On the foundation level
Weight of foundation and soil over it: Gr = 181,01 (kN)
Design load:
Nr = 299,37 (kN) Mx = -8,70 (kN*m) My = 79,31 (kN*m)

Allowable stress calculation method: Analytical

Load eccentricity:
$|e_B|$ = 0,03 (m) $|e_L|$ = 0,26 (m)
Equivalent foundation dimensions:
B' = B - 2$|e_B|$ = 2,34 (m)
L' = L - 2$|e_L|$ = 2,47 (m)
Foundation depth: Dmin = 1,30 (m)

Coefficients of load capacity:
N_γ = 2.72
N_c = 13.03
N_q = 5.21
Inclination factors:
i_γ = 0.49
i_c = 0.57
i_q = 0.65
Shape coefficient:
s_γ = 0.72
s_c = 1.36
s_q = 1.29
Factors of foundation base inclination:
b_γ = 1.00

b_c = 1.00
b_q = 1.00
Soil profile parameters:
C = 0.01 (MPa)
ϕ = 22,0 (Deg)
γ = 1700.00 (kG/m3)
qu = 0,24 (MPa)
Design soil pressure:
qlim = qu / $\gamma_{R,v}$ = 0.24 (MPa)
$\gamma_{R,v}$ = 1,00

Stress in soil: qref = 0.05 (MPa)
Safety factor: qlim / qref = 4.565 > 1

Average settlement

Soil type under foundation: not layered
Design combination **SLS : LC75 N=100,40 Mx=-0,92 My=83,35 Fx=104,22 Fy=1,18**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Weight of foundation and soil over it: Gr = 181,00 (kN)
Average stress caused by design load: q = 0,04 (MPa)
Thickness of the actively settling soil: z = 1,80 (m)
Stress on the level z:
- Additional: σ_{zd} = 0,01 (MPa)
- Caused by soil weight: $\sigma_{z\gamma}$ = 0,05 (MPa)

Settlement:
- Original s' = 0,1 (cm)
- Secondary s'' = 0,0 (cm)
- TOTAL S = 0,1 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)

Safety factor: 3.192 > 1

Settlement difference

Design combination **SLS : LC79 N=97,56 Mx=-4,15 My=83,66 Fx=104,61 Fy=5,35**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Settlement difference: S = 0,2 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)
Safety factor: 1.056 > 1

1.3 RC design

1.3.1 Assumptions

- Exposure : XC2
- Structure class : S3

1.3.2 Analysis of punching and shear

Punching

Design combination **ULS : LC19 N=135,79 Mx=-6,22 My=116,15 Fx=145,24 Fy=8,02**

Load factors: **1.35** * Foundation weight
1.35 * Soil weight

Design load:

Nr = 380,14 (kN) Mx = -10,23 (kN*m) My = 90,30 (kN*m)

Length of critical circumference:	2,89 (m)
Punching force:	119,24 (kN)
Section effective height	h_{eff} = 0,43 (m)
Reinforcement ratio:	ρ = 0.13 %
Shear stress:	0,20 (MPa)
Admissible shear stress:	0,49 (MPa)
Safety factor:	2.448 > 1

1.3.3 Required reinforcement

Spread footing:

bottom:

ULS : LC15 N=140,87 Mx=-1,92 My=116,83 Fx=146,09 Fy=2,47
My = 165,66 (kN*m) A_{sx}= 5,59 (cm2/m)

ULS : LC20 N=135,51 Mx=-6,54 My=114,23 Fx=142,85 Fy=8,42
Mx = 32,93 (kN*m) A_{sy}= 5,59 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 5,59 (cm2/m)

top:

ULS : LC18 N=-91,23 Mx=7,21 My=-70,58 Fx=-88,26 Fy=-9,29
My = -101,84 (kN*m) A'_{sx} = 5,59 (cm2/m)

ULS : LC11 N=-85,03 Mx=15,92 My=-66,62 Fx=-84,11 Fy=-21,60
Mx = -30,00 (kN*m) A'_{sy} = 5,59 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 5,59 (cm2/m)

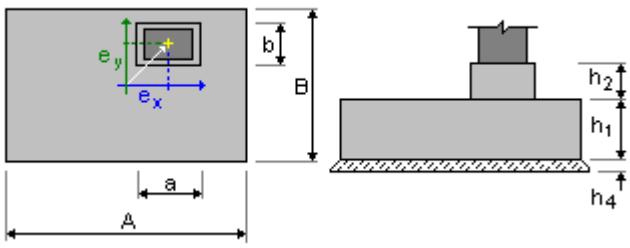
1 Spread footing: S03 Number of identical elements: 1

1.1 Basic data

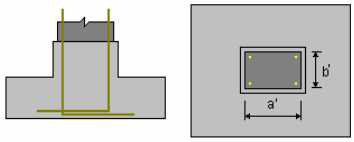
1.1.1 Assumptions

- Geotechnic calculations according to : EN 1997-1:2004/A1:2013
- Concrete calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Shape selection : without limits

1.1.2 Geometry:



A	= 3,30 (m)	a	= 0,50 (m)
B	= 3,80 (m)	b	= 0,50 (m)
h1	= 0,35 (m)	e_x	= 0,00 (m)
h2	= 0,00 (m)	e_y	= -0,70 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a' = 25,0 (cm)
b' = 25,0 (cm)
cnom1 = 6,0 (cm)
cnom2 = 6,0 (cm)
Cover deviations: Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)

1.1.3 Materials

- Concrete : C20/25; Characteristic strength = 20,00 MPa

  Unit weight = 2501,36 (kG/m3)
  Rectangular stress distribution [3.1.7(3)]
- Longitudinal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

  Ductility class: C
  Horizontal branch of the stress-strain diagram
- Transversal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa
- Additional reinforcement: : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

1.1.4 Loads:

Foundation loads:

Case	Nature	Group	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
LC1	design	----	-16,20	0,80	-83,36	346,89	3,48
LC2	design	----	-11,92	-0,22	-49,07	202,29	-0,93
LC3	design	----	-17,01	0,15	-86,60	360,27	0,71
LC4	design	----	-43,14	1,25	-96,50	385,42	5,53
LC5	design	----	-28,00	6,59	-103,43	425,29	28,42
LC6	design	----	-54,23	8,21	-131,00	526,35	35,45
LC7	design	----	-16,41	2,45	-92,61	386,70	10,59
LC8	design	----	-12,64	-1,26	-47,09	193,49	-5,38
LC9	design	----	-18,87	0,49	-99,95	416,63	2,19
LC10	design	----	-47,71	16,79	-113,48	455,55	72,33
LC11	design	----	-19,25	-6,03	-68,95	283,08	-25,88
LC12	design	----	-54,69	8,27	-131,22	527,15	35,73
LC13	design	----	-8,07	-0,17	-33,22	136,73	-0,71
LC14	design	----	-7,66	-0,05	-31,76	130,71	-0,19
LC15	design	----	-17,07	0,05	-86,75	360,87	0,28
LC16	design	----	-16,95	0,25	-86,46	359,72	1,13
LC17	design	----	-54,64	8,13	-131,10	526,70	35,14
LC18	design	----	-54,74	8,41	-131,33	527,62	36,33
LC19	design	----	-18,55	0,34	-100,02	416,96	1,50
LC20	design	----	-18,43	0,57	-99,80	416,11	2,50
LC21	design	----	-54,64	8,13	-131,10	526,70	35,14
LC22	design	----	-54,74	8,41	-131,33	527,62	36,33
LC23	design	----	-13,87	-0,00	-65,23	270,50	0,03
LC24	design	----	-13,63	0,25	-64,51	267,55	1,13
LC25	design	----	-36,33	4,06	-97,05	392,49	17,56
LC26	design	----	-36,48	4,43	-97,35	393,70	19,15
LC27	design	----	-15,06	0,14	-73,71	306,15	0,67
LC28	design	----	-14,83	0,44	-73,06	303,52	1,92
LC29	design	----	-36,33	4,06	-97,05	392,49	17,56
LC30	design	----	-36,48	4,43	-97,35	393,70	19,15
LC31	design	----	-15,74	0,74	-76,74	318,94	3,22
LC32	design	----	-11,66	-0,19	-46,47	191,49	-0,80
LC33	design	----	-16,40	0,20	-79,58	330,67	0,91
LC34	design	----	-38,50	1,07	-88,71	355,19	4,72
LC35	design	----	-26,31	5,51	-96,18	395,47	23,79
LC36	design	----	-48,72	6,92	-120,60	485,49	29,89
LC37	design	----	-15,58	2,05	-84,51	352,45	8,86
LC38	design	----	-12,14	-1,08	-45,45	186,80	-4,60
LC39	design	----	-17,82	0,46	-91,38	380,48	2,05
LC40	design	----	-42,49	14,09	-104,50	420,44	60,71
LC41	design	----	-17,92	-5,15	-64,69	265,65	-22,10
LC42	design	----	-48,72	6,92	-120,60	485,49	29,89
LC43	design	----	-8,46	-0,15	-33,29	136,96	-0,60
LC44	design	----	-8,11	-0,04	-32,03	131,78	-0,15
LC45	design	----	-16,46	0,11	-79,75	331,38	0,51
LC46	design	----	-16,35	0,28	-79,44	330,11	1,25
LC47	design	----	-48,67	6,80	-120,51	485,11	29,41
LC48	design	----	-48,76	7,03	-120,70	485,88	30,38
LC49	design	----	-17,87	0,37	-91,49	380,92	1,65
LC50	design	----	-17,76	0,56	-91,26	380,01	2,45
LC51	design	----	-48,67	6,80	-120,51	485,11	29,41
LC52	design	----	-48,76	7,03	-120,70	485,88	30,38
LC53	design	----	-13,47	0,03	-60,68	251,37	0,15
LC54	design	----	-13,26	0,23	-60,00	248,59	1,04
LC55	design	----	-32,52	3,31	-89,30	361,74	14,35
LC56	design	----	-32,64	3,61	-89,55	362,70	15,64
LC57	design	----	-14,57	0,15	-68,12	282,63	0,69
LC58	design	----	-14,36	0,38	-67,49	280,08	1,70
LC59	design	----	-32,52	3,31	-89,30	361,74	14,35
LC60	design	----	-32,64	3,61	-89,55	362,70	15,64
LC61	design	----	-14,26	0,55	-66,41	275,51	2,42
LC62	design	----	-10,63	-0,19	-42,29	174,20	-0,79
LC63	design	----	-14,73	0,17	-68,64	284,77	0,80

LC64	design	----	-30,76	0,68	-75,88	305,21	3,03
LC65	design	----	-22,78	3,86	-83,83	344,68	16,67
LC66	design	----	-39,53	4,90	-103,37	417,53	21,21
LC67	design	----	-14,10	1,40	-71,91	299,26	6,08
LC68	design	----	-11,33	-0,80	-42,79	175,90	-3,40
LC69	design	----	-16,00	0,37	-78,00	324,17	1,63
LC70	design	----	-34,55	10,08	-90,02	363,46	43,43
LC71	design	----	-15,81	-3,85	-57,89	237,82	-16,50
LC72	design	----	-39,53	4,90	-103,37	417,53	21,21
LC73	design	----	-8,42	-0,13	-33,15	136,39	-0,54
LC74	design	----	-8,15	-0,05	-32,18	132,40	-0,20
LC75	design	----	-14,78	0,12	-68,78	285,34	0,56
LC76	design	----	-14,69	0,23	-68,51	284,24	1,02
LC77	design	----	-39,50	4,83	-103,30	417,28	20,88
LC78	design	----	-39,57	4,98	-103,44	417,80	21,54
LC79	design	----	-16,04	0,30	-78,12	324,65	1,36
LC80	design	----	-15,95	0,43	-77,88	323,69	1,90
LC81	design	----	-39,50	4,83	-103,30	417,28	20,88
LC82	design	----	-39,57	4,98	-103,44	417,80	21,54
LC83	design	----	-12,23	0,01	-53,66	222,01	0,08
LC84	design	----	-12,06	0,15	-53,07	219,59	0,68
LC85	design	----	-26,66	2,24	-76,79	311,83	9,70
LC86	design	----	-26,74	2,44	-76,94	312,42	10,57
LC87	design	----	-13,15	0,10	-59,47	246,38	0,45
LC88	design	----	-12,98	0,25	-58,91	244,12	1,13
LC89	design	----	-26,66	2,24	-76,79	311,83	9,70
LC90	design	----	-26,74	2,44	-76,94	312,42	10,57

Backfill loads:

Case	Nature	Q1 (kN/m2)

1.1.5 Combination list

1/ ULS : LC1 N=-16,20 Mx=346,89 My=3,48 Fx=0,80 Fy=-83,36
2/ ULS : LC2 N=-11,92 Mx=202,29 My=-0,93 Fx=-0,22 Fy=-49,07
3/ ULS : LC3 N=-17,01 Mx=360,27 My=0,71 Fx=0,15 Fy=-86,60
4/ ULS : LC4 N=-43,14 Mx=385,42 My=5,53 Fx=1,25 Fy=-96,50
5/ ULS : LC5 N=-28,00 Mx=425,29 My=28,42 Fx=6,59 Fy=-103,43
6/ ULS : LC6 N=-54,23 Mx=526,35 My=35,45 Fx=8,21 Fy=-131,00
7/ ULS : LC7 N=-16,41 Mx=386,70 My=10,59 Fx=2,45 Fy=-92,61
8/ ULS : LC8 N=-12,64 Mx=193,49 My=-5,38 Fx=-1,26 Fy=-47,09
9/ ULS : LC9 N=-18,87 Mx=416,63 My=2,19 Fx=0,49 Fy=-99,95
10/ ULS : LC10 N=-47,71 Mx=455,55 My=72,33 Fx=16,79 Fy=-113,48
11/ ULS : LC11 N=-19,25 Mx=283,08 My=-25,88 Fx=-6,03 Fy=-68,95
12/ ULS : LC12 N=-54,69 Mx=527,15 My=35,73 Fx=8,27 Fy=-131,22
13/ ULS : LC13 N=-8,07 Mx=136,73 My=-0,71 Fx=-0,17 Fy=-33,22
14/ ULS : LC14 N=-7,66 Mx=130,71 My=-0,19 Fx=-0,05 Fy=-31,76
15/ ULS : LC15 N=-17,07 Mx=360,87 My=0,28 Fx=0,05 Fy=-86,75
16/ ULS : LC16 N=-16,95 Mx=359,72 My=1,13 Fx=0,25 Fy=-86,46
17/ ULS : LC17 N=-54,64 Mx=526,70 My=35,14 Fx=8,13 Fy=-131,10
18/ ULS : LC18 N=-54,74 Mx=527,62 My=36,33 Fx=8,41 Fy=-131,33
19/ ULS : LC19 N=-18,55 Mx=416,96 My=1,50 Fx=0,34 Fy=-100,02
20/ ULS : LC20 N=-18,43 Mx=416,11 My=2,50 Fx=0,57 Fy=-99,80
21/ ULS : LC21 N=-54,64 Mx=526,70 My=35,14 Fx=8,13 Fy=-131,10
22/ ULS : LC22 N=-54,74 Mx=527,62 My=36,33 Fx=8,41 Fy=-131,33
23/ ULS : LC23 N=-13,87 Mx=270,50 My=0,03 Fx=-0,00 Fy=-65,23
24/ ULS : LC24 N=-13,63 Mx=267,55 My=1,13 Fx=0,25 Fy=-64,51
25/ ULS : LC25 N=-36,33 Mx=392,49 My=17,56 Fx=4,06 Fy=-97,05
26/ ULS : LC26 N=-36,48 Mx=393,70 My=19,15 Fx=4,43 Fy=-97,35
27/ ULS : LC27 N=-15,06 Mx=306,15 My=0,67 Fx=0,14 Fy=-73,71
28/ ULS : LC28 N=-14,83 Mx=303,52 My=1,92 Fx=0,44 Fy=-73,06
29/ ULS : LC29 N=-36,33 Mx=392,49 My=17,56 Fx=4,06 Fy=-97,05
30/ ULS : LC30 N=-36,48 Mx=393,70 My=19,15 Fx=4,43 Fy=-97,35
31/ ULS : LC31 N=-15,74 Mx=318,94 My=3,22 Fx=0,74 Fy=-76,74
32/ ULS : LC32 N=-11,66 Mx=191,49 My=-0,80 Fx=-0,19 Fy=-46,47
33/ ULS : LC33 N=-16,40 Mx=330,67 My=0,91 Fx=0,20 Fy=-79,58
34/ ULS : LC34 N=-38,50 Mx=355,19 My=4,72 Fx=1,07 Fy=-88,71
35/ ULS : LC35 N=-26,31 Mx=395,47 My=23,79 Fx=5,51 Fy=-96,18
36/ ULS : LC36 N=-48,72 Mx=485,49 My=29,89 Fx=6,92 Fy=-120,60

37/ ULS : LC37 N=-15,58 Mx=352,45 My=8,86 Fx=2,05 Fy=-84,51
38/ ULS : LC38 N=-12,14 Mx=186,80 My=-4,60 Fx=-1,08 Fy=-45,45
39/ ULS : LC39 N=-17,82 Mx=380,48 My=2,05 Fx=0,46 Fy=-91,38
40/ ULS : LC40 N=-42,49 Mx=420,44 My=60,71 Fx=14,09 Fy=-104,50
41/ ULS : LC41 N=-17,92 Mx=265,65 My=-22,10 Fx=-5,15 Fy=-64,69
42/ ULS : LC42 N=-48,72 Mx=485,49 My=29,89 Fx=6,92 Fy=-120,60
43/ ULS : LC43 N=-8,46 Mx=136,96 My=-0,60 Fx=-0,15 Fy=-33,29
44/ ULS : LC44 N=-8,11 Mx=131,78 My=-0,15 Fx=-0,04 Fy=-32,03
45/ ULS : LC45 N=-16,46 Mx=331,38 My=0,51 Fx=0,11 Fy=-79,75
46/ ULS : LC46 N=-16,35 Mx=330,11 My=1,25 Fx=0,28 Fy=-79,44
47/ ULS : LC47 N=-48,67 Mx=485,11 My=29,41 Fx=6,80 Fy=-120,51
48/ ULS : LC48 N=-48,76 Mx=485,88 My=30,38 Fx=7,03 Fy=-120,70
49/ ULS : LC49 N=-17,87 Mx=380,92 My=1,65 Fx=0,37 Fy=-91,49
50/ ULS : LC50 N=-17,76 Mx=380,01 My=2,45 Fx=0,56 Fy=-91,26
51/ ULS : LC51 N=-48,67 Mx=485,11 My=29,41 Fx=6,80 Fy=-120,51
52/ ULS : LC52 N=-48,76 Mx=485,88 My=30,38 Fx=7,03 Fy=-120,70
53/ ULS : LC53 N=-13,47 Mx=251,37 My=0,15 Fx=0,03 Fy=-60,68
54/ ULS : LC54 N=-13,26 Mx=248,59 My=1,04 Fx=0,23 Fy=-60,00
55/ ULS : LC55 N=-32,52 Mx=361,74 My=14,35 Fx=3,31 Fy=-89,30
56/ ULS : LC56 N=-32,64 Mx=362,70 My=15,64 Fx=3,61 Fy=-89,55
57/ ULS : LC57 N=-14,57 Mx=282,63 My=0,69 Fx=0,15 Fy=-68,12
58/ ULS : LC58 N=-14,36 Mx=280,08 My=1,70 Fx=0,38 Fy=-67,49
59/ ULS : LC59 N=-32,52 Mx=361,74 My=14,35 Fx=3,31 Fy=-89,30
60/ ULS : LC60 N=-32,64 Mx=362,70 My=15,64 Fx=3,61 Fy=-89,55
61/ SLS : LC61 N=-14,26 Mx=275,51 My=2,42 Fx=0,55 Fy=-66,41
62/ SLS : LC62 N=-10,63 Mx=174,20 My=-0,79 Fx=-0,19 Fy=-42,29
63/ SLS : LC63 N=-14,73 Mx=284,77 My=0,80 Fx=0,17 Fy=-68,64
64/ SLS : LC64 N=-30,76 Mx=305,21 My=3,03 Fx=0,68 Fy=-75,88
65/ SLS : LC65 N=-22,78 Mx=344,68 My=16,67 Fx=3,86 Fy=-83,83
66/ SLS : LC66 N=-39,53 Mx=417,53 My=21,21 Fx=4,90 Fy=-103,37
67/ SLS : LC67 N=-14,10 Mx=299,26 My=6,08 Fx=1,40 Fy=-71,91
68/ SLS : LC68 N=-11,33 Mx=175,90 My=-3,40 Fx=-0,80 Fy=-42,79
69/ SLS : LC69 N=-16,00 Mx=324,17 My=1,63 Fx=0,37 Fy=-78,00
70/ SLS : LC70 N=-34,55 Mx=363,46 My=43,43 Fx=10,08 Fy=-90,02
71/ SLS : LC71 N=-15,81 Mx=237,82 My=-16,50 Fx=-3,85 Fy=-57,89
72/ SLS : LC72 N=-39,53 Mx=417,53 My=21,21 Fx=4,90 Fy=-103,37
73/ SLS : LC73 N=-8,42 Mx=136,39 My=-0,54 Fx=-0,13 Fy=-33,15
74/ SLS : LC74 N=-8,15 Mx=132,40 My=-0,20 Fx=-0,05 Fy=-32,18
75/ SLS : LC75 N=-14,78 Mx=285,34 My=0,56 Fx=0,12 Fy=-68,78
76/ SLS : LC76 N=-14,69 Mx=284,24 My=1,02 Fx=0,23 Fy=-68,51
77/ SLS : LC77 N=-39,50 Mx=417,28 My=20,88 Fx=4,83 Fy=-103,30
78/ SLS : LC78 N=-39,57 Mx=417,80 My=21,54 Fx=4,98 Fy=-103,44
79/ SLS : LC79 N=-16,04 Mx=324,65 My=1,36 Fx=0,30 Fy=-78,12
80/ SLS : LC80 N=-15,95 Mx=323,69 My=1,90 Fx=0,43 Fy=-77,88
81/ SLS : LC81 N=-39,50 Mx=417,28 My=20,88 Fx=4,83 Fy=-103,30
82/ SLS : LC82 N=-39,57 Mx=417,80 My=21,54 Fx=4,98 Fy=-103,44
83/ SLS : LC83 N=-12,23 Mx=222,01 My=0,08 Fx=0,01 Fy=-53,66
84/ SLS : LC84 N=-12,06 Mx=219,59 My=0,68 Fx=0,15 Fy=-53,07
85/ SLS : LC85 N=-26,66 Mx=311,83 My=9,70 Fx=2,24 Fy=-76,79
86/ SLS : LC86 N=-26,74 Mx=312,42 My=10,57 Fx=2,44 Fy=-76,94
87/ SLS : LC87 N=-13,15 Mx=246,38 My=0,45 Fx=0,10 Fy=-59,47
88/ SLS : LC88 N=-12,98 Mx=244,12 My=1,13 Fx=0,25 Fy=-58,91
89/ SLS : LC89 N=-26,66 Mx=311,83 My=9,70 Fx=2,24 Fy=-76,79
90/ SLS : LC90 N=-26,74 Mx=312,42 My=10,57 Fx=2,44 Fy=-76,94
91/* ULS : LC1 N=-16,20 Mx=346,89 My=3,48 Fx=0,80 Fy=-83,36
92/* ULS : LC2 N=-11,92 Mx=202,29 My=-0,93 Fx=-0,22 Fy=-49,07
93/* ULS : LC3 N=-17,01 Mx=360,27 My=0,71 Fx=0,15 Fy=-86,60
94/* ULS : LC4 N=-43,14 Mx=385,42 My=5,53 Fx=1,25 Fy=-96,50
95/* ULS : LC5 N=-28,00 Mx=425,29 My=28,42 Fx=6,59 Fy=-103,43
96/* ULS : LC6 N=-54,23 Mx=526,35 My=35,45 Fx=8,21 Fy=-131,00
97/* ULS : LC7 N=-16,41 Mx=386,70 My=10,59 Fx=2,45 Fy=-92,61
98/* ULS : LC8 N=-12,64 Mx=193,49 My=-5,38 Fx=-1,26 Fy=-47,09
99/* ULS : LC9 N=-18,87 Mx=416,63 My=2,19 Fx=0,49 Fy=-99,95
100/* ULS : LC10 N=-47,71 Mx=455,55 My=72,33 Fx=16,79 Fy=-113,48
101/* ULS : LC11 N=-19,25 Mx=283,08 My=-25,88 Fx=-6,03 Fy=-68,95
102/* ULS : LC12 N=-54,69 Mx=527,15 My=35,73 Fx=8,27 Fy=-131,22
103/* ULS : LC13 N=-8,07 Mx=136,73 My=-0,71 Fx=-0,17 Fy=-33,22
104/* ULS : LC14 N=-7,66 Mx=130,71 My=-0,19 Fx=-0,05 Fy=-31,76
105/* ULS : LC15 N=-17,07 Mx=360,87 My=0,28 Fx=0,05 Fy=-86,75
106/* ULS : LC16 N=-16,95 Mx=359,72 My=1,13 Fx=0,25 Fy=-86,46

107/* ULS : LC17 N=-54,64 Mx=526,70 My=35,14 Fx=8,13 Fy=-131,10
108/* ULS : LC18 N=-54,74 Mx=527,62 My=36,33 Fx=8,41 Fy=-131,33
109/* ULS : LC19 N=-18,55 Mx=416,96 My=1,50 Fx=0,34 Fy=-100,02
110/* ULS : LC20 N=-18,43 Mx=416,11 My=2,50 Fx=0,57 Fy=-99,80
111/* ULS : LC21 N=-54,64 Mx=526,70 My=35,14 Fx=8,13 Fy=-131,10
112/* ULS : LC22 N=-54,74 Mx=527,62 My=36,33 Fx=8,41 Fy=-131,33
113/* ULS : LC23 N=-13,87 Mx=270,50 My=0,03 Fx=-0,00 Fy=-65,23
114/* ULS : LC24 N=-13,63 Mx=267,55 My=1,13 Fx=0,25 Fy=-64,51
115/* ULS : LC25 N=-36,33 Mx=392,49 My=17,56 Fx=4,06 Fy=-97,05
116/* ULS : LC26 N=-36,48 Mx=393,70 My=19,15 Fx=4,43 Fy=-97,35
117/* ULS : LC27 N=-15,06 Mx=306,15 My=0,67 Fx=0,14 Fy=-73,71
118/* ULS : LC28 N=-14,83 Mx=303,52 My=1,92 Fx=0,44 Fy=-73,06
119/* ULS : LC29 N=-36,33 Mx=392,49 My=17,56 Fx=4,06 Fy=-97,05
120/* ULS : LC30 N=-36,48 Mx=393,70 My=19,15 Fx=4,43 Fy=-97,35
121/* ULS : LC31 N=-15,74 Mx=318,94 My=3,22 Fx=0,74 Fy=-76,74
122/* ULS : LC32 N=-11,66 Mx=191,49 My=-0,80 Fx=-0,19 Fy=-46,47
123/* ULS : LC33 N=-16,40 Mx=330,67 My=0,91 Fx=0,20 Fy=-79,58
124/* ULS : LC34 N=-38,50 Mx=355,19 My=4,72 Fx=1,07 Fy=-88,71
125/* ULS : LC35 N=-26,31 Mx=395,47 My=23,79 Fx=5,51 Fy=-96,18
126/* ULS : LC36 N=-48,72 Mx=485,49 My=29,89 Fx=6,92 Fy=-120,60
127/* ULS : LC37 N=-15,58 Mx=352,45 My=8,86 Fx=2,05 Fy=-84,51
128/* ULS : LC38 N=-12,14 Mx=186,80 My=-4,60 Fx=-1,08 Fy=-45,45
129/* ULS : LC39 N=-17,82 Mx=380,48 My=2,05 Fx=0,46 Fy=-91,38
130/* ULS : LC40 N=-42,49 Mx=420,44 My=60,71 Fx=14,09 Fy=-104,50
131/* ULS : LC41 N=-17,92 Mx=265,65 My=-22,10 Fx=-5,15 Fy=-64,69
132/* ULS : LC42 N=-48,72 Mx=485,49 My=29,89 Fx=6,92 Fy=-120,60
133/* ULS : LC43 N=-8,46 Mx=136,96 My=-0,60 Fx=-0,15 Fy=-33,29
134/* ULS : LC44 N=-8,11 Mx=131,78 My=-0,15 Fx=-0,04 Fy=-32,03
135/* ULS : LC45 N=-16,46 Mx=331,38 My=0,51 Fx=0,11 Fy=-79,75
136/* ULS : LC46 N=-16,35 Mx=330,11 My=1,25 Fx=0,28 Fy=-79,44
137/* ULS : LC47 N=-48,67 Mx=485,11 My=29,41 Fx=6,80 Fy=-120,51
138/* ULS : LC48 N=-48,76 Mx=485,88 My=30,38 Fx=7,03 Fy=-120,70
139/* ULS : LC49 N=-17,87 Mx=380,92 My=1,65 Fx=0,37 Fy=-91,49
140/* ULS : LC50 N=-17,76 Mx=380,01 My=2,45 Fx=0,56 Fy=-91,26
141/* ULS : LC51 N=-48,67 Mx=485,11 My=29,41 Fx=6,80 Fy=-120,51
142/* ULS : LC52 N=-48,76 Mx=485,88 My=30,38 Fx=7,03 Fy=-120,70
143/* ULS : LC53 N=-13,47 Mx=251,37 My=0,15 Fx=0,03 Fy=-60,68
144/* ULS : LC54 N=-13,26 Mx=248,59 My=1,04 Fx=0,23 Fy=-60,00
145/* ULS : LC55 N=-32,52 Mx=361,74 My=14,35 Fx=3,31 Fy=-89,30
146/* ULS : LC56 N=-32,64 Mx=362,70 My=15,64 Fx=3,61 Fy=-89,55
147/* ULS : LC57 N=-14,57 Mx=282,63 My=0,69 Fx=0,15 Fy=-68,12
148/* ULS : LC58 N=-14,36 Mx=280,08 My=1,70 Fx=0,38 Fy=-67,49
149/* ULS : LC59 N=-32,52 Mx=361,74 My=14,35 Fx=3,31 Fy=-89,30
150/* ULS : LC60 N=-32,64 Mx=362,70 My=15,64 Fx=3,61 Fy=-89,55
151/* SLS : LC61 N=-14,26 Mx=275,51 My=2,42 Fx=0,55 Fy=-66,41
152/* SLS : LC62 N=-10,63 Mx=174,20 My=-0,79 Fx=-0,19 Fy=-42,29
153/* SLS : LC63 N=-14,73 Mx=284,77 My=0,80 Fx=0,17 Fy=-68,64
154/* SLS : LC64 N=-30,76 Mx=305,21 My=3,03 Fx=0,68 Fy=-75,88
155/* SLS : LC65 N=-22,78 Mx=344,68 My=16,67 Fx=3,86 Fy=-83,83
156/* SLS : LC66 N=-39,53 Mx=417,53 My=21,21 Fx=4,90 Fy=-103,37
157/* SLS : LC67 N=-14,10 Mx=299,26 My=6,08 Fx=1,40 Fy=-71,91
158/* SLS : LC68 N=-11,33 Mx=175,90 My=-3,40 Fx=-0,80 Fy=-42,79
159/* SLS : LC69 N=-16,00 Mx=324,17 My=1,63 Fx=0,37 Fy=-78,00
160/* SLS : LC70 N=-34,55 Mx=363,46 My=43,43 Fx=10,08 Fy=-90,02
161/* SLS : LC71 N=-15,81 Mx=237,82 My=-16,50 Fx=-3,85 Fy=-57,89
162/* SLS : LC72 N=-39,53 Mx=417,53 My=21,21 Fx=4,90 Fy=-103,37
163/* SLS : LC73 N=-8,42 Mx=136,39 My=-0,54 Fx=-0,13 Fy=-33,15
164/* SLS : LC74 N=-8,15 Mx=132,40 My=-0,20 Fx=-0,05 Fy=-32,18
165/* SLS : LC75 N=-14,78 Mx=285,34 My=0,56 Fx=0,12 Fy=-68,78
166/* SLS : LC76 N=-14,69 Mx=284,24 My=1,02 Fx=0,23 Fy=-68,51
167/* SLS : LC77 N=-39,50 Mx=417,28 My=20,88 Fx=4,83 Fy=-103,30
168/* SLS : LC78 N=-39,57 Mx=417,80 My=21,54 Fx=4,98 Fy=-103,44
169/* SLS : LC79 N=-16,04 Mx=324,65 My=1,36 Fx=0,30 Fy=-78,12
170/* SLS : LC80 N=-15,95 Mx=323,69 My=1,90 Fx=0,43 Fy=-77,88
171/* SLS : LC81 N=-39,50 Mx=417,28 My=20,88 Fx=4,83 Fy=-103,30
172/* SLS : LC82 N=-39,57 Mx=417,80 My=21,54 Fx=4,98 Fy=-103,44
173/* SLS : LC83 N=-12,23 Mx=222,01 My=0,08 Fx=0,01 Fy=-53,66
174/* SLS : LC84 N=-12,06 Mx=219,59 My=0,68 Fx=0,15 Fy=-53,07
175/* SLS : LC85 N=-26,66 Mx=311,83 My=9,70 Fx=2,24 Fy=-76,79
176/* SLS : LC86 N=-26,74 Mx=312,42 My=10,57 Fx=2,44 Fy=-76,94

177/* SLS : LC87 N=-13,15 Mx=246,38 My=0,45 Fx=0,10 Fy=-59,47
178/* SLS : LC88 N=-12,98 Mx=244,12 My=1,13 Fx=0,25 Fy=-58,91
179/* SLS : LC89 N=-26,66 Mx=311,83 My=9,70 Fx=2,24 Fy=-76,79
180/* SLS : LC90 N=-26,74 Mx=312,42 My=10,57 Fx=2,44 Fy=-76,94

1.2 Geotechnical design

1.2.1 Assumptions

- Cohesion reduction coefficient: 0,00
- Take account of plastic redistribution of allowable stresses
- Sliding with soil pressure considered: for X and Y directions
- Design approach: 1

A1 + M1 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,00

$\gamma_{c'}$ = 1,00

γ_{cu} = 1,00

γ_{qu} = 1,00

γ_{γ} = 1,00

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

$\gamma_{R,h}$ = 1,00

A2 + M2 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,25

$\gamma_{c'}$ = 1,25

γ_{cu} = 1,40

γ_{qu} = 1,40

γ_{γ} = 1,00

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

$\gamma_{R,h}$ = 1,00

1.2.2 Soil:

Soil level:	N_1	= 1,30 (m)
Column pier level:	N_a	= 0,00 (m)
Minimum reference level:	N_f	= -0,35 (m)

TERRENO

- Soil level: 1.30 (m)
- Unit weight: 1700.00 (kG/m3)
- Unit weight of solid: 1700.00 (kG/m3)
- Internal friction angle: 22.0 (Deg)
- Cohesion: 0.01 (MPa)

1.2.3 Limit states

Stress calculations

Soil type under foundation: not layered

Design combination **ULS : LC52 N=-48,76 Mx=485,88 My=30,38 Fx=7,03 Fy=-120,70**

Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight

Calculation results: On the foundation level

Weight of foundation and soil over it: Gr = 374,05 (kN)

Design load:

Nr = 325,29 (kN) Mx = 490,20 (kN*m) My = 32,84 (kN*m)

Allowable stress calculation method: Analytical

Load eccentricity:

$|e_B|$ = 1,51 (m) $|e_L|$ = 0,10 (m)

Equivalent foundation dimensions:

B' = B - 2$|e_B|$ = 0,79 (m)

L' = L - 2$|e_L|$ = 3,10 (m)

Foundation depth: Dmin = 1,65 (m)

Coefficients of load capacity:

N_γ = 2.72

N_c = 13.03

N_q = 5.21

Inclination factors:

i_γ = 0.42

i_c = 0.50

i_q = 0.60

Shape coefficient:

s_γ = 0.92

s_c = 1.10

s_q = 1.08

Factors of foundation base inclination:

b_γ = 1.00

b_c = 1.00

b_q = 1.00

Soil profile parameters:

C = 0.01 (MPa)

ϕ = 22,0 (Deg)

γ = 1700.00 (kG/m3)

qu = 0,19 (MPa)

Design soil pressure:

qlim = qu / $\gamma_{R,v}$ = 0.19 (MPa)

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

Stress in soil: qref = 0.13 (MPa)

Safety factor: qlim / qref = 1.39 > 1

Average settlement

Soil type under foundation: not layered

Design combination **SLS : LC82 N=-39,57 Mx=417,80 My=21,54 Fx=4,98 Fy=-103,44**

Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight

Weight of foundation and soil over it: Gr = 374,02 (kN)
Average stress caused by design load: q = 0,06 (MPa)
Thickness of the actively settling soil: z = 2,48 (m)
Stress on the level z:
- Additional: σzd = 0,01 (MPa)
- Caused by soil weight: $\sigma z\gamma$ = 0,07 (MPa)

Settlement:
- Original s' = 0,1 (cm)
- Secondary s'' = 0,0 (cm)
- TOTAL S = 0,1 (cm) < Sadm = 0,3 (cm)

Safety factor: 2.122 > 1

Settlement difference

Design combination **SLS : LC90 N=-26,74 Mx=312,42 My=10,57 Fx=2,44 Fy=-76,94**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Settlement difference: S = 0,0 (cm) < Sadm = 0,3 (cm)
Safety factor: ∞

1.3 RC design

1.3.1 Assumptions

- Exposure : XC2
- Structure class : S3

1.3.2 Analysis of punching and shear

Shear

Design combination **ULS : LC22 N=-54,74 Mx=527,62 My=36,33 Fx=8,41 Fy=-131,33**
Load factors: **1.35** * Foundation weight
1.35 * Soil weight
Design load:
Nr = 450,18 (kN) Mx = 530,15 (kN*m) My = 39,28 (kN*m)
Length of critical circumference: 3,30 (m)
Shear force: 95,13 (kN)
Section effective height h_{eff} = 0,28 (m)
Shear area: A = 0,92 (m2)
Reinforcement ratio: ρ = 0.13 %
Shear stress: 0,10 (MPa)
Admissible shear stress: 0,30 (MPa)
Safety factor: 2.957 > 1

1.3.3 Required reinforcement

Spread footing:

bottom:

ULS : LC10 N=-47,71 Mx=455,55 My=72,33 Fx=16,79 Fy=-113,48

My = 15,57 (kN*m) A_{sx}= 3,64 (cm2/m)

ULS : LC18 N=-54,74 Mx=527,62 My=36,33 Fx=8,41 Fy=-131,33
Mx = 113,33 (kN*m) A_{sy}= 3,64 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 3,64 (cm2/m)

top:

ULS : LC10 N=-47,71 Mx=455,55 My=72,33 Fx=16,79 Fy=-113,48
My = -50,23 (kN*m) A'_{sx} = 3,64 (cm2/m)

ULS : LC18 N=-54,74 Mx=527,62 My=36,33 Fx=8,41 Fy=-131,33
Mx = -380,12 (kN*m) A'_{sy} = 10,05 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 3,64 (cm2/m)

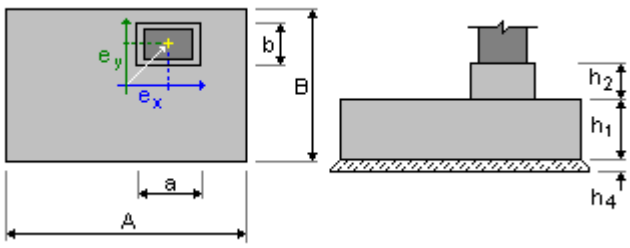
1 Spread footing: S04 Number of identical elements: 1

1.1 Basic data

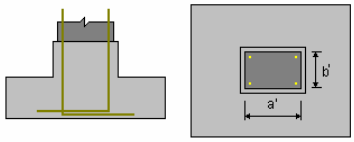
1.1.1 Assumptions

- Geotechnic calculations according to : EN 1997-1:2004/A1:2013
- Concrete calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Shape selection : without limits

1.1.2 Geometry:



A	= 3,30 (m)	a	= 0,50 (m)
B	= 4,20 (m)	b	= 0,50 (m)
h1	= 0,45 (m)	e_x	= 0,00 (m)
h2	= 0,00 (m)	e_y	= -0,50 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a' = 25,0 (cm)
b' = 25,0 (cm)
c_{nom1} = 6,0 (cm)
c_{nom2} = 6,0 (cm)
Cover deviations: Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)

1.1.3 Materials

- Concrete : C20/25; Characteristic strength = 20,00 MPa

  Unit weight = 2501,36 (kG/m3)
  Rectangular stress distribution [3.1.7(3)]
- Longitudinal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

  Ductility class: C
  Horizontal branch of the stress-strain diagram
- Transversal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa
- Additional reinforcement: : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

1.1.4 Loads:

Foundation loads:

Case	Nature	Group	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
LC1	design	----	-18,99	-4,86	-86,12	356,90	-20,97
LC2	design	----	-16,93	5,20	-74,05	306,38	22,30
LC3	design	----	-20,37	0,99	-114,23	476,82	4,17
LC4	design	----	-60,48	-22,14	-108,75	426,49	-95,41
LC5	design	----	-64,72	28,99	-108,12	420,96	124,40
LC6	design	----	-106,06	6,97	-156,46	601,19	29,57
LC7	design	----	-18,27	1,23	-123,28	517,33	5,22
LC8	design	----	-46,32	4,49	-104,61	418,35	19,11
LC9	design	----	-21,46	1,67	-132,25	553,78	7,09
LC10	design	----	-87,57	1,73	-116,86	443,47	7,08
LC11	design	----	-73,38	8,33	-161,76	646,00	35,54
LC12	design	----	-107,06	7,30	-157,43	604,87	30,98
LC13	design	----	-10,81	-0,89	-34,67	141,12	-3,85
LC14	design	----	-9,05	-0,07	-30,71	125,27	-0,35
LC15	design	----	-20,53	0,99	-114,53	478,01	4,19
LC16	design	----	-20,22	0,98	-113,93	475,66	4,13
LC17	design	----	-108,18	7,30	-159,41	612,67	30,98
LC18	design	----	-105,97	7,30	-155,48	597,23	30,96
LC19	design	----	-21,18	1,65	-132,61	555,32	7,01
LC20	design	----	-20,87	1,64	-132,06	553,18	6,98
LC21	design	----	-108,18	7,30	-159,41	612,67	30,98
LC22	design	----	-105,97	7,30	-155,48	597,23	30,96
LC23	design	----	-17,76	0,37	-83,83	347,86	1,54
LC24	design	----	-17,24	0,34	-82,66	343,18	1,41
LC25	design	----	-67,11	2,37	-109,62	425,98	9,95
LC26	design	----	-63,42	2,33	-102,88	399,46	9,79
LC27	design	----	-18,69	0,62	-95,70	398,29	2,59
LC28	design	----	-18,16	0,58	-94,58	393,83	2,44
LC29	design	----	-67,11	2,37	-109,62	425,98	9,95
LC30	design	----	-63,42	2,33	-102,88	399,46	9,79
LC31	design	----	-18,51	-3,96	-79,28	328,00	-17,11
LC32	design	----	-16,49	4,14	-68,31	282,19	17,74
LC33	design	----	-20,01	0,77	-104,12	433,81	3,22
LC34	design	----	-53,72	-18,46	-98,42	386,77	-79,58
LC35	design	----	-57,55	24,41	-98,57	384,88	104,74
LC36	design	----	-93,39	5,59	-141,21	544,28	23,69
LC37	design	----	-17,86	0,86	-112,01	469,15	3,64
LC38	design	----	-42,38	3,88	-96,67	386,82	16,52
LC39	design	----	-20,80	1,27	-120,25	502,63	5,38
LC40	design	----	-76,83	1,21	-106,39	405,60	4,90
LC41	design	----	-64,61	6,72	-144,12	576,01	28,62
LC42	design	----	-93,39	5,59	-141,21	544,28	23,69
LC43	design	----	-11,17	-0,85	-34,49	140,30	-3,72
LC44	design	----	-9,54	-0,06	-30,86	125,80	-0,32
LC45	design	----	-20,17	0,78	-104,44	435,08	3,26
LC46	design	----	-19,88	0,76	-103,85	432,74	3,18
LC47	design	----	-94,35	5,60	-142,94	551,07	23,70
LC48	design	----	-92,45	5,59	-139,52	537,63	23,68
LC49	design	----	-20,93	1,28	-120,50	503,62	5,41
LC50	design	----	-20,66	1,27	-120,00	501,63	5,37
LC51	design	----	-94,35	5,60	-142,94	551,07	23,70
LC52	design	----	-92,45	5,59	-139,52	537,63	23,68
LC53	design	----	-17,36	0,29	-77,07	319,27	1,19
LC54	design	----	-16,90	0,27	-76,01	315,03	1,08
LC55	design	----	-58,16	1,47	-97,81	381,19	6,09
LC56	design	----	-54,95	1,43	-91,92	358,00	5,93
LC57	design	----	-18,30	0,48	-87,61	363,94	2,00
LC58	design	----	-17,84	0,45	-86,59	359,87	1,87
LC59	design	----	-58,16	1,47	-97,81	381,19	6,09
LC60	design	----	-54,95	1,43	-91,92	358,00	5,93
LC61	design	----	-16,94	-2,76	-68,78	283,91	-11,92
LC62	design	----	-14,92	2,77	-59,24	244,23	11,85
LC63	design	----	-18,52	0,46	-88,53	367,74	1,92

LC64	design	----	-42,31	-12,98	-81,37	321,10	-55,98
LC65	design	----	-45,20	17,07	-82,13	322,42	73,23
LC66	design	----	-72,38	3,13	-115,31	446,96	13,17
LC67	design	----	-16,94	0,40	-94,49	394,46	1,66
LC68	design	----	-35,92	2,92	-83,69	335,34	12,42
LC69	design	----	-19,43	0,76	-101,51	422,97	3,20
LC70	design	----	-60,26	0,48	-89,29	343,17	1,83
LC71	design	----	-50,85	4,26	-116,40	465,99	18,10
LC72	design	----	-72,38	3,13	-115,31	446,96	13,17
LC73	design	----	-10,87	-0,67	-33,86	137,78	-2,92
LC74	design	----	-9,62	-0,06	-31,07	126,65	-0,31
LC75	design	----	-18,62	0,47	-88,76	368,66	1,94
LC76	design	----	-18,41	0,46	-88,30	366,83	1,89
LC77	design	----	-73,12	3,14	-116,66	452,25	13,20
LC78	design	----	-71,66	3,13	-114,00	441,79	13,16
LC79	design	----	-19,53	0,77	-101,73	423,83	3,22
LC80	design	----	-19,32	0,76	-101,30	422,11	3,18
LC81	design	----	-73,12	3,14	-116,66	452,25	13,20
LC82	design	----	-71,66	3,13	-114,00	441,79	13,16
LC83	design	----	-15,95	0,17	-66,77	275,90	0,65
LC84	design	----	-15,58	0,15	-65,89	272,39	0,57
LC85	design	----	-44,50	0,21	-79,17	310,15	0,73
LC86	design	----	-42,00	0,17	-74,54	291,93	0,58
LC87	design	----	-16,85	0,28	-75,18	311,46	1,15
LC88	design	----	-16,49	0,26	-74,34	308,10	1,06
LC89	design	----	-44,50	0,21	-79,17	310,15	0,73
LC90	design	----	-42,00	0,17	-74,54	291,93	0,58

Backfill loads:

Case	Nature	Q1 (kN/m2)

1.1.5 Combination list

1/ ULS : LC1 N=-18,99 Mx=356,90 My=-20,97 Fx=-4,86 Fy=-86,12
2/ ULS : LC2 N=-16,93 Mx=306,38 My=22,30 Fx=5,20 Fy=-74,05
3/ ULS : LC3 N=-20,37 Mx=476,82 My=4,17 Fx=0,99 Fy=-114,23
4/ ULS : LC4 N=-60,48 Mx=426,49 My=-95,41 Fx=-22,14 Fy=-108,75
5/ ULS : LC5 N=-64,72 Mx=420,96 My=124,40 Fx=28,99 Fy=-108,12
6/ ULS : LC6 N=-106,06 Mx=601,19 My=29,57 Fx=6,97 Fy=-156,46
7/ ULS : LC7 N=-18,27 Mx=517,33 My=5,22 Fx=1,23 Fy=-123,28
8/ ULS : LC8 N=-46,32 Mx=418,35 My=19,11 Fx=4,49 Fy=-104,61
9/ ULS : LC9 N=-21,46 Mx=553,78 My=7,09 Fx=1,67 Fy=-132,25
10/ ULS : LC10 N=-87,57 Mx=443,47 My=7,08 Fx=1,73 Fy=-116,86
11/ ULS : LC11 N=-73,38 Mx=646,00 My=35,54 Fx=8,33 Fy=-161,76
12/ ULS : LC12 N=-107,06 Mx=604,87 My=30,98 Fx=7,30 Fy=-157,43
13/ ULS : LC13 N=-10,81 Mx=141,12 My=-3,85 Fx=-0,89 Fy=-34,67
14/ ULS : LC14 N=-9,05 Mx=125,27 My=-0,35 Fx=-0,07 Fy=-30,71
15/ ULS : LC15 N=-20,53 Mx=478,01 My=4,19 Fx=0,99 Fy=-114,53
16/ ULS : LC16 N=-20,22 Mx=475,66 My=4,13 Fx=0,98 Fy=-113,93
17/ ULS : LC17 N=-108,18 Mx=612,67 My=30,98 Fx=7,30 Fy=-159,41
18/ ULS : LC18 N=-105,97 Mx=597,23 My=30,96 Fx=7,30 Fy=-155,48
19/ ULS : LC19 N=-21,18 Mx=555,32 My=7,01 Fx=1,65 Fy=-132,61
20/ ULS : LC20 N=-20,87 Mx=553,18 My=6,98 Fx=1,64 Fy=-132,06
21/ ULS : LC21 N=-108,18 Mx=612,67 My=30,98 Fx=7,30 Fy=-159,41
22/ ULS : LC22 N=-105,97 Mx=597,23 My=30,96 Fx=7,30 Fy=-155,48
23/ ULS : LC23 N=-17,76 Mx=347,86 My=1,54 Fx=0,37 Fy=-83,83
24/ ULS : LC24 N=-17,24 Mx=343,18 My=1,41 Fx=0,34 Fy=-82,66
25/ ULS : LC25 N=-67,11 Mx=425,98 My=9,95 Fx=2,37 Fy=-109,62
26/ ULS : LC26 N=-63,42 Mx=399,46 My=9,79 Fx=2,33 Fy=-102,88
27/ ULS : LC27 N=-18,69 Mx=398,29 My=2,59 Fx=0,62 Fy=-95,70
28/ ULS : LC28 N=-18,16 Mx=393,83 My=2,44 Fx=0,58 Fy=-94,58
29/ ULS : LC29 N=-67,11 Mx=425,98 My=9,95 Fx=2,37 Fy=-109,62
30/ ULS : LC30 N=-63,42 Mx=399,46 My=9,79 Fx=2,33 Fy=-102,88
31/ ULS : LC31 N=-18,51 Mx=328,00 My=-17,11 Fx=-3,96 Fy=-79,28
32/ ULS : LC32 N=-16,49 Mx=282,19 My=17,74 Fx=4,14 Fy=-68,31
33/ ULS : LC33 N=-20,01 Mx=433,81 My=3,22 Fx=0,77 Fy=-104,12
34/ ULS : LC34 N=-53,72 Mx=386,77 My=-79,58 Fx=-18,46 Fy=-98,42
35/ ULS : LC35 N=-57,55 Mx=384,88 My=104,74 Fx=24,41 Fy=-98,57
36/ ULS : LC36 N=-93,39 Mx=544,28 My=23,69 Fx=5,59 Fy=-141,21

37/ ULS : LC37 N=-17,86 Mx=469,15 My=3,64 Fx=0,86 Fy=-112,01
38/ ULS : LC38 N=-42,38 Mx=386,82 My=16,52 Fx=3,88 Fy=-96,67
39/ ULS : LC39 N=-20,80 Mx=502,63 My=5,38 Fx=1,27 Fy=-120,25
40/ ULS : LC40 N=-76,83 Mx=405,60 My=4,90 Fx=1,21 Fy=-106,39
41/ ULS : LC41 N=-64,61 Mx=576,01 My=28,62 Fx=6,72 Fy=-144,12
42/ ULS : LC42 N=-93,39 Mx=544,28 My=23,69 Fx=5,59 Fy=-141,21
43/ ULS : LC43 N=-11,17 Mx=140,30 My=-3,72 Fx=-0,85 Fy=-34,49
44/ ULS : LC44 N=-9,54 Mx=125,80 My=-0,32 Fx=-0,06 Fy=-30,86
45/ ULS : LC45 N=-20,17 Mx=435,08 My=3,26 Fx=0,78 Fy=-104,44
46/ ULS : LC46 N=-19,88 Mx=432,74 My=3,18 Fx=0,76 Fy=-103,85
47/ ULS : LC47 N=-94,35 Mx=551,07 My=23,70 Fx=5,60 Fy=-142,94
48/ ULS : LC48 N=-92,45 Mx=537,63 My=23,68 Fx=5,59 Fy=-139,52
49/ ULS : LC49 N=-20,93 Mx=503,62 My=5,41 Fx=1,28 Fy=-120,50
50/ ULS : LC50 N=-20,66 Mx=501,63 My=5,37 Fx=1,27 Fy=-120,00
51/ ULS : LC51 N=-94,35 Mx=551,07 My=23,70 Fx=5,60 Fy=-142,94
52/ ULS : LC52 N=-92,45 Mx=537,63 My=23,68 Fx=5,59 Fy=-139,52
53/ ULS : LC53 N=-17,36 Mx=319,27 My=1,19 Fx=0,29 Fy=-77,07
54/ ULS : LC54 N=-16,90 Mx=315,03 My=1,08 Fx=0,27 Fy=-76,01
55/ ULS : LC55 N=-58,16 Mx=381,19 My=6,09 Fx=1,47 Fy=-97,81
56/ ULS : LC56 N=-54,95 Mx=358,00 My=5,93 Fx=1,43 Fy=-91,92
57/ ULS : LC57 N=-18,30 Mx=363,94 My=2,00 Fx=0,48 Fy=-87,61
58/ ULS : LC58 N=-17,84 Mx=359,87 My=1,87 Fx=0,45 Fy=-86,59
59/ ULS : LC59 N=-58,16 Mx=381,19 My=6,09 Fx=1,47 Fy=-97,81
60/ ULS : LC60 N=-54,95 Mx=358,00 My=5,93 Fx=1,43 Fy=-91,92
61/ SLS : LC61 N=-16,94 Mx=283,91 My=-11,92 Fx=-2,76 Fy=-68,78
62/ SLS : LC62 N=-14,92 Mx=244,23 My=11,85 Fx=2,77 Fy=-59,24
63/ SLS : LC63 N=-18,52 Mx=367,74 My=1,92 Fx=0,46 Fy=-88,53
64/ SLS : LC64 N=-42,31 Mx=321,10 My=-55,98 Fx=-12,98 Fy=-81,37
65/ SLS : LC65 N=-45,20 Mx=322,42 My=73,23 Fx=17,07 Fy=-82,13
66/ SLS : LC66 N=-72,38 Mx=446,96 My=13,17 Fx=3,13 Fy=-115,31
67/ SLS : LC67 N=-16,94 Mx=394,46 My=1,66 Fx=0,40 Fy=-94,49
68/ SLS : LC68 N=-35,92 Mx=335,34 My=12,42 Fx=2,92 Fy=-83,69
69/ SLS : LC69 N=-19,43 Mx=422,97 My=3,20 Fx=0,76 Fy=-101,51
70/ SLS : LC70 N=-60,26 Mx=343,17 My=1,83 Fx=0,48 Fy=-89,29
71/ SLS : LC71 N=-50,85 Mx=465,99 My=18,10 Fx=4,26 Fy=-116,40
72/ SLS : LC72 N=-72,38 Mx=446,96 My=13,17 Fx=3,13 Fy=-115,31
73/ SLS : LC73 N=-10,87 Mx=137,78 My=-2,92 Fx=-0,67 Fy=-33,86
74/ SLS : LC74 N=-9,62 Mx=126,65 My=-0,31 Fx=-0,06 Fy=-31,07
75/ SLS : LC75 N=-18,62 Mx=368,66 My=1,94 Fx=0,47 Fy=-88,76
76/ SLS : LC76 N=-18,41 Mx=366,83 My=1,89 Fx=0,46 Fy=-88,30
77/ SLS : LC77 N=-73,12 Mx=452,25 My=13,20 Fx=3,14 Fy=-116,66
78/ SLS : LC78 N=-71,66 Mx=441,79 My=13,16 Fx=3,13 Fy=-114,00
79/ SLS : LC79 N=-19,53 Mx=423,83 My=3,22 Fx=0,77 Fy=-101,73
80/ SLS : LC80 N=-19,32 Mx=422,11 My=3,18 Fx=0,76 Fy=-101,30
81/ SLS : LC81 N=-73,12 Mx=452,25 My=13,20 Fx=3,14 Fy=-116,66
82/ SLS : LC82 N=-71,66 Mx=441,79 My=13,16 Fx=3,13 Fy=-114,00
83/ SLS : LC83 N=-15,95 Mx=275,90 My=0,65 Fx=0,17 Fy=-66,77
84/ SLS : LC84 N=-15,58 Mx=272,39 My=0,57 Fx=0,15 Fy=-65,89
85/ SLS : LC85 N=-44,50 Mx=310,15 My=0,73 Fx=0,21 Fy=-79,17
86/ SLS : LC86 N=-42,00 Mx=291,93 My=0,58 Fx=0,17 Fy=-74,54
87/ SLS : LC87 N=-16,85 Mx=311,46 My=1,15 Fx=0,28 Fy=-75,18
88/ SLS : LC88 N=-16,49 Mx=308,10 My=1,06 Fx=0,26 Fy=-74,34
89/ SLS : LC89 N=-44,50 Mx=310,15 My=0,73 Fx=0,21 Fy=-79,17
90/ SLS : LC90 N=-42,00 Mx=291,93 My=0,58 Fx=0,17 Fy=-74,54
91/* ULS : LC1 N=-18,99 Mx=356,90 My=-20,97 Fx=-4,86 Fy=-86,12
92/* ULS : LC2 N=-16,93 Mx=306,38 My=22,30 Fx=5,20 Fy=-74,05
93/* ULS : LC3 N=-20,37 Mx=476,82 My=4,17 Fx=0,99 Fy=-114,23
94/* ULS : LC4 N=-60,48 Mx=426,49 My=-95,41 Fx=-22,14 Fy=-108,75
95/* ULS : LC5 N=-64,72 Mx=420,96 My=124,40 Fx=28,99 Fy=-108,12
96/* ULS : LC6 N=-106,06 Mx=601,19 My=29,57 Fx=6,97 Fy=-156,46
97/* ULS : LC7 N=-18,27 Mx=517,33 My=5,22 Fx=1,23 Fy=-123,28
98/* ULS : LC8 N=-46,32 Mx=418,35 My=19,11 Fx=4,49 Fy=-104,61
99/* ULS : LC9 N=-21,46 Mx=553,78 My=7,09 Fx=1,67 Fy=-132,25
100/* ULS : LC10 N=-87,57 Mx=443,47 My=7,08 Fx=1,73 Fy=-116,86
101/* ULS : LC11 N=-73,38 Mx=646,00 My=35,54 Fx=8,33 Fy=-161,76
102/* ULS : LC12 N=-107,06 Mx=604,87 My=30,98 Fx=7,30 Fy=-157,43
103/* ULS : LC13 N=-10,81 Mx=141,12 My=-3,85 Fx=-0,89 Fy=-34,67
104/* ULS : LC14 N=-9,05 Mx=125,27 My=-0,35 Fx=-0,07 Fy=-30,71
105/* ULS : LC15 N=-20,53 Mx=478,01 My=4,19 Fx=0,99 Fy=-114,53
106/* ULS : LC16 N=-20,22 Mx=475,66 My=4,13 Fx=0,98 Fy=-113,93

107/* ULS : LC17 N=-108,18 Mx=612,67 My=30,98 Fx=7,30 Fy=-159,41
108/* ULS : LC18 N=-105,97 Mx=597,23 My=30,96 Fx=7,30 Fy=-155,48
109/* ULS : LC19 N=-21,18 Mx=555,32 My=7,01 Fx=1,65 Fy=-132,61
110/* ULS : LC20 N=-20,87 Mx=553,18 My=6,98 Fx=1,64 Fy=-132,06
111/* ULS : LC21 N=-108,18 Mx=612,67 My=30,98 Fx=7,30 Fy=-159,41
112/* ULS : LC22 N=-105,97 Mx=597,23 My=30,96 Fx=7,30 Fy=-155,48
113/* ULS : LC23 N=-17,76 Mx=347,86 My=1,54 Fx=0,37 Fy=-83,83
114/* ULS : LC24 N=-17,24 Mx=343,18 My=1,41 Fx=0,34 Fy=-82,66
115/* ULS : LC25 N=-67,11 Mx=425,98 My=9,95 Fx=2,37 Fy=-109,62
116/* ULS : LC26 N=-63,42 Mx=399,46 My=9,79 Fx=2,33 Fy=-102,88
117/* ULS : LC27 N=-18,69 Mx=398,29 My=2,59 Fx=0,62 Fy=-95,70
118/* ULS : LC28 N=-18,16 Mx=393,83 My=2,44 Fx=0,58 Fy=-94,58
119/* ULS : LC29 N=-67,11 Mx=425,98 My=9,95 Fx=2,37 Fy=-109,62
120/* ULS : LC30 N=-63,42 Mx=399,46 My=9,79 Fx=2,33 Fy=-102,88
121/* ULS : LC31 N=-18,51 Mx=328,00 My=-17,11 Fx=-3,96 Fy=-79,28
122/* ULS : LC32 N=-16,49 Mx=282,19 My=17,74 Fx=4,14 Fy=-68,31
123/* ULS : LC33 N=-20,01 Mx=433,81 My=3,22 Fx=0,77 Fy=-104,12
124/* ULS : LC34 N=-53,72 Mx=386,77 My=-79,58 Fx=-18,46 Fy=-98,42
125/* ULS : LC35 N=-57,55 Mx=384,88 My=104,74 Fx=24,41 Fy=-98,57
126/* ULS : LC36 N=-93,39 Mx=544,28 My=23,69 Fx=5,59 Fy=-141,21
127/* ULS : LC37 N=-17,86 Mx=469,15 My=3,64 Fx=0,86 Fy=-112,01
128/* ULS : LC38 N=-42,38 Mx=386,82 My=16,52 Fx=3,88 Fy=-96,67
129/* ULS : LC39 N=-20,80 Mx=502,63 My=5,38 Fx=1,27 Fy=-120,25
130/* ULS : LC40 N=-76,83 Mx=405,60 My=4,90 Fx=1,21 Fy=-106,39
131/* ULS : LC41 N=-64,61 Mx=576,01 My=28,62 Fx=6,72 Fy=-144,12
132/* ULS : LC42 N=-93,39 Mx=544,28 My=23,69 Fx=5,59 Fy=-141,21
133/* ULS : LC43 N=-11,17 Mx=140,30 My=-3,72 Fx=-0,85 Fy=-34,49
134/* ULS : LC44 N=-9,54 Mx=125,80 My=-0,32 Fx=-0,06 Fy=-30,86
135/* ULS : LC45 N=-20,17 Mx=435,08 My=3,26 Fx=0,78 Fy=-104,44
136/* ULS : LC46 N=-19,88 Mx=432,74 My=3,18 Fx=0,76 Fy=-103,85
137/* ULS : LC47 N=-94,35 Mx=551,07 My=23,70 Fx=5,60 Fy=-142,94
138/* ULS : LC48 N=-92,45 Mx=537,63 My=23,68 Fx=5,59 Fy=-139,52
139/* ULS : LC49 N=-20,93 Mx=503,62 My=5,41 Fx=1,28 Fy=-120,50
140/* ULS : LC50 N=-20,66 Mx=501,63 My=5,37 Fx=1,27 Fy=-120,00
141/* ULS : LC51 N=-94,35 Mx=551,07 My=23,70 Fx=5,60 Fy=-142,94
142/* ULS : LC52 N=-92,45 Mx=537,63 My=23,68 Fx=5,59 Fy=-139,52
143/* ULS : LC53 N=-17,36 Mx=319,27 My=1,19 Fx=0,29 Fy=-77,07
144/* ULS : LC54 N=-16,90 Mx=315,03 My=1,08 Fx=0,27 Fy=-76,01
145/* ULS : LC55 N=-58,16 Mx=381,19 My=6,09 Fx=1,47 Fy=-97,81
146/* ULS : LC56 N=-54,95 Mx=358,00 My=5,93 Fx=1,43 Fy=-91,92
147/* ULS : LC57 N=-18,30 Mx=363,94 My=2,00 Fx=0,48 Fy=-87,61
148/* ULS : LC58 N=-17,84 Mx=359,87 My=1,87 Fx=0,45 Fy=-86,59
149/* ULS : LC59 N=-58,16 Mx=381,19 My=6,09 Fx=1,47 Fy=-97,81
150/* ULS : LC60 N=-54,95 Mx=358,00 My=5,93 Fx=1,43 Fy=-91,92
151/* SLS : LC61 N=-16,94 Mx=283,91 My=-11,92 Fx=-2,76 Fy=-68,78
152/* SLS : LC62 N=-14,92 Mx=244,23 My=11,85 Fx=2,77 Fy=-59,24
153/* SLS : LC63 N=-18,52 Mx=367,74 My=1,92 Fx=0,46 Fy=-88,53
154/* SLS : LC64 N=-42,31 Mx=321,10 My=-55,98 Fx=-12,98 Fy=-81,37
155/* SLS : LC65 N=-45,20 Mx=322,42 My=73,23 Fx=17,07 Fy=-82,13
156/* SLS : LC66 N=-72,38 Mx=446,96 My=13,17 Fx=3,13 Fy=-115,31
157/* SLS : LC67 N=-16,94 Mx=394,46 My=1,66 Fx=0,40 Fy=-94,49
158/* SLS : LC68 N=-35,92 Mx=335,34 My=12,42 Fx=2,92 Fy=-83,69
159/* SLS : LC69 N=-19,43 Mx=422,97 My=3,20 Fx=0,76 Fy=-101,51
160/* SLS : LC70 N=-60,26 Mx=343,17 My=1,83 Fx=0,48 Fy=-89,29
161/* SLS : LC71 N=-50,85 Mx=465,99 My=18,10 Fx=4,26 Fy=-116,40
162/* SLS : LC72 N=-72,38 Mx=446,96 My=13,17 Fx=3,13 Fy=-115,31
163/* SLS : LC73 N=-10,87 Mx=137,78 My=-2,92 Fx=-0,67 Fy=-33,86
164/* SLS : LC74 N=-9,62 Mx=126,65 My=-0,31 Fx=-0,06 Fy=-31,07
165/* SLS : LC75 N=-18,62 Mx=368,66 My=1,94 Fx=0,47 Fy=-88,76
166/* SLS : LC76 N=-18,41 Mx=366,83 My=1,89 Fx=0,46 Fy=-88,30
167/* SLS : LC77 N=-73,12 Mx=452,25 My=13,20 Fx=3,14 Fy=-116,66
168/* SLS : LC78 N=-71,66 Mx=441,79 My=13,16 Fx=3,13 Fy=-114,00
169/* SLS : LC79 N=-19,53 Mx=423,83 My=3,22 Fx=0,77 Fy=-101,73
170/* SLS : LC80 N=-19,32 Mx=422,11 My=3,18 Fx=0,76 Fy=-101,30
171/* SLS : LC81 N=-73,12 Mx=452,25 My=13,20 Fx=3,14 Fy=-116,66
172/* SLS : LC82 N=-71,66 Mx=441,79 My=13,16 Fx=3,13 Fy=-114,00
173/* SLS : LC83 N=-15,95 Mx=275,90 My=0,65 Fx=0,17 Fy=-66,77
174/* SLS : LC84 N=-15,58 Mx=272,39 My=0,57 Fx=0,15 Fy=-65,89
175/* SLS : LC85 N=-44,50 Mx=310,15 My=0,73 Fx=0,21 Fy=-79,17
176/* SLS : LC86 N=-42,00 Mx=291,93 My=0,58 Fx=0,17 Fy=-74,54

177/*	SLS :	LC87 N=-16,85 Mx=311,46 My=1,15 Fx=0,28 Fy=-75,18
178/*	SLS :	LC88 N=-16,49 Mx=308,10 My=1,06 Fx=0,26 Fy=-74,34
179/*	SLS :	LC89 N=-44,50 Mx=310,15 My=0,73 Fx=0,21 Fy=-79,17
180/*	SLS :	LC90 N=-42,00 Mx=291,93 My=0,58 Fx=0,17 Fy=-74,54

1.2 Geotechnical design

1.2.1 Assumptions

- Cohesion reduction coefficient: 0,00
- Take account of plastic redistribution of allowable stresses
- Sliding with soil pressure considered: for X and Y directions
- Design approach: 1

A1 + M1 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,00

$\gamma_{c'}$ = 1,00

γ_{cu} = 1,00

γ_{qu} = 1,00

γ_{γ} = 1,00

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

$\gamma_{R,h}$ = 1,00

A2 + M2 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,25

$\gamma_{c'}$ = 1,25

γ_{cu} = 1,40

γ_{qu} = 1,40

γ_{γ} = 1,00

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

$\gamma_{R,h}$ = 1,00

1.2.2 Soil:

Soil level:	N_1	= 1,30 (m)
Column pier level:	N_a	= 0,00 (m)
Minimum reference level:	N_f	= -0,45 (m)

TERRENO

- Soil level: 1.30 (m)
- Unit weight: 1700.00 (kG/m3)
- Unit weight of solid: 1700.00 (kG/m3)
- Internal friction angle: 22.0 (Deg)
- Cohesion: 0.01 (MPa)

1.2.3 Limit states

Stress calculations

Soil type under foundation: not layered

Design combination **ULS : LC51 N=-94,35 Mx=551,07 My=23,70 Fx=5,60 Fy=-142,94**

Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight

Calculation results: On the foundation level

Weight of foundation and soil over it: Gr = 447,99 (kN)

Design load:

Nr = 353,64 (kN) Mx = 565,50 (kN*m) My = 26,22 (kN*m)

Allowable stress calculation method: Analytical

Load eccentricity:

$|e_B|$ = 1,60 (m) $|e_L|$ = 0,07 (m)

Equivalent foundation dimensions:

B' = B - 2$|e_B|$ = 1,00 (m)

L' = L - 2$|e_L|$ = 3,15 (m)

Foundation depth: Dmin = 1,75 (m)

Coefficients of load capacity:

N_γ = 2.72

N_c = 13.03

N_q = 5.21

Inclination factors:

i_γ = 0.40

i_c = 0.48

i_q = 0.58

Shape coefficient:

s_γ = 0.90

s_c = 1.12

s_q = 1.10

Factors of foundation base inclination:

b_γ = 1.00

b_c = 1.00

b_q = 1.00

Soil profile parameters:

C = 0.01 (MPa)

ϕ = 22,0 (Deg)

γ = 1700.00 (kG/m3)

qu = 0,19 (MPa)

Design soil pressure:

qlim = qu / $\gamma_{R,v}$ = 0.19 (MPa)

$\gamma_{R,v}$ = 1,00

Stress in soil: qref = 0.11 (MPa)

Safety factor: qlim / qref = 1.695 > 1

Average settlement

Soil type under foundation: not layered

Design combination **SLS : LC71 N=-50,85 Mx=465,99 My=18,10 Fx=4,26 Fy=-116,40**

Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight

Weight of foundation and soil over it: Gr = 447,96 (kN)

Average stress caused by design load: q = 0,05 (MPa)
Thickness of the actively settling soil: z = 2,48 (m)
Stress on the level z:
- Additional: σzd = 0,01 (MPa)
- Caused by soil weight: $\sigma z\gamma$ = 0,07 (MPa)

Settlement:
- Original s' = 0,1 (cm)
- Secondary s'' = 0,0 (cm)
- TOTAL S = 0,1 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)

Safety factor: 2.085 > 1

Settlement difference

Design combination **SLS : LC90 N=-42,00 Mx=291,93 My=0,58 Fx=0,17 Fy=-74,54**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Settlement difference: S = 0,0 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)
Safety factor: ∞

1.3 RC design

1.3.1 Assumptions

- Exposure : XC2
- Structure class : S3

1.3.2 Analysis of punching and shear

Punching

Design combination **ULS : LC11 N=-73,38 Mx=646,00 My=35,54 Fx=8,33 Fy=-161,76**
Load factors: **1.35** * Foundation weight
1.35 * Soil weight
Design load:
Nr = 531,36 (kN) Mx = 678,45 (kN*m) My = 39,29 (kN*m)
Length of critical circumference: 5,78 (m)
Punching force: 0,69 (kN)
Section effective height h_{eff} = 0,38 (m)
Reinforcement ratio: ρ = 0.13 %
Shear stress: 0,28 (MPa)
Admissible shear stress: 0,35 (MPa)
Safety factor: 1.26 > 1

1.3.3 Required reinforcement

Spread footing:

bottom:

ULS : LC5 N=-64,72 Mx=420,96 My=124,40 Fx=28,99 Fy=-108,12
My = 35,93 (kN*m) A_{sx}= 4,94 (cm2/m)

ULS : LC11 N=-73,38 Mx=646,00 My=35,54 Fx=8,33 Fy=-161,76
Mx = 205,27 (kN*m) A_{sy}= 4,94 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 4,94 (cm2/m)

top:

ULS : LC5 N=-64,72 Mx=420,96 My=124,40 Fx=28,99 Fy=-108,12
My = -79,69 (kN*m) A'_{sx} = 4,94 (cm2/m)

ULS : LC11 N=-73,38 Mx=646,00 My=35,54 Fx=8,33 Fy=-161,76
Mx = -418,41 (kN*m) A'_{sy} = 7,95 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 4,94 (cm2/m)

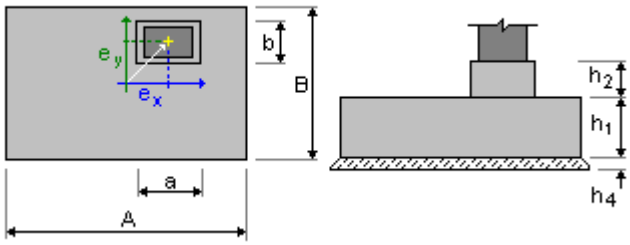
1 Spread footing: S05 Number of identical elements: 1

1.1 Basic data

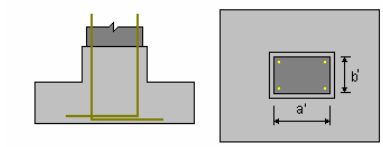
1.1.1 Assumptions

- Geotechnic calculations according to : EN 1997-1:2004/A1:2013
- Concrete calculations according to : EN 1992-1-1:2004/A1:2014
- Shape selection : without limits

1.1.2 Geometry:



A	= 3,30 (m)	a	= 0,60 (m)
B	= 3,70 (m)	b	= 0,60 (m)
h1	= 0,35 (m)	e_x	= 0,00 (m)
h2	= 0,00 (m)	e_y	= 0,10 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a' = 25,0 (cm)
b' = 25,0 (cm)
c_{nom1} = 6,0 (cm)

c_{nom2} = 6,0 (cm)
Cover deviations: Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)

1.1.3 Materials

- Concrete : Characteristic strength = 20,00 MPa
  Unit weight = 2501,36 (kG/m3)
  Rectangular stress distribution [3.1.7(3)]
- Longitudinal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa
  Ductility class: C
  Horizontal branch of the stress-strain diagram
- Transversal reinforcement : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa
- Additional reinforcement: : type B500C Characteristic strength = 500,00 MPa

1.1.4 Loads:

Foundation loads:

Case	Nature	Group	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
LC1	design	----	-7,47	-0,37	-56,79	241,57	-1,57
LC2	design	----	-6,81	-0,30	-94,52	404,05	-1,28
LC3	design	----	-7,94	-1,39	-102,99	440,07	-5,94
LC4	design	----	-15,13	-5,36	-95,04	403,47	-23,01
LC5	design	----	-29,08	3,53	-83,15	347,70	15,18
LC6	design	----	-35,55	-2,35	-112,79	472,97	-10,11
LC7	design	----	-5,80	-4,33	-108,32	463,74	-18,59
LC8	design	----	-8,02	1,88	-50,73	215,36	8,10
LC9	design	----	-7,84	-1,99	-117,52	502,60	-8,54
LC10	design	----	-30,21	-6,97	-91,39	382,79	-29,97
LC11	design	----	-11,71	4,90	-71,80	304,75	21,10
LC12	design	----	-35,95	-2,35	-112,92	473,41	-10,09
LC13	design	----	-4,64	0,44	-34,83	148,11	1,92
LC14	design	----	-4,30	0,36	-32,92	140,00	1,54
LC15	design	----	-8,01	-1,34	-103,29	441,34	-5,71
LC16	design	----	-7,87	-1,44	-102,69	438,79	-6,18
LC17	design	----	-35,96	-2,32	-112,98	473,67	-9,97
LC18	design	----	-35,94	-2,38	-112,86	473,15	-10,23
LC19	design	----	-7,55	-1,95	-117,90	504,31	-8,34
LC20	design	----	-7,40	-2,07	-117,35	501,99	-8,86
LC21	design	----	-35,96	-2,32	-112,98	473,67	-9,97
LC22	design	----	-35,94	-2,38	-112,86	473,15	-10,23
LC23	design	----	-7,50	-0,56	-77,55	330,82	-2,40
LC24	design	----	-7,27	-0,71	-76,34	325,71	-3,05
LC25	design	----	-21,81	-1,07	-80,31	337,93	-4,57
LC26	design	----	-21,76	-1,16	-80,00	336,63	-4,96
LC27	design	----	-7,57	-0,97	-87,23	372,42	-4,13
LC28	design	----	-7,34	-1,14	-86,08	367,57	-4,89
LC29	design	----	-21,81	-1,07	-80,31	337,93	-4,57
LC30	design	----	-21,76	-1,16	-80,00	336,63	-4,96
LC31	design	----	-7,43	-0,23	-53,71	228,37	-0,98
LC32	design	----	-7,25	-0,30	-86,74	370,46	-1,29
LC33	design	----	-8,22	-1,14	-94,48	403,41	-4,87
LC34	design	----	-14,39	-4,40	-88,73	376,64	-18,88
LC35	design	----	-25,18	2,92	-74,86	313,37	12,55
LC36	design	----	-31,22	-1,95	-102,48	430,12	-8,39
LC37	design	----	-6,14	-3,68	-99,15	424,19	-15,81
LC38	design	----	-7,64	1,66	-48,73	206,89	7,13
LC39	design	----	-7,96	-1,71	-107,57	459,77	-7,34
LC40	design	----	-26,09	-5,78	-82,90	347,66	-24,84
LC41	design	----	-10,84	4,18	-67,26	285,51	18,00

LC42	design	----	-31,22	-1,95	-102,48	430,12	-8,39
LC43	design	----	-4,97	0,44	-34,67	147,35	1,91
LC44	design	----	-4,67	0,36	-33,02	140,36	1,58
LC45	design	----	-8,29	-1,09	-94,80	404,77	-4,66
LC46	design	----	-8,16	-1,19	-94,20	402,23	-5,07
LC47	design	----	-31,23	-1,93	-102,54	430,37	-8,29
LC48	design	----	-31,21	-1,98	-102,42	429,87	-8,50
LC49	design	----	-8,02	-1,66	-107,82	460,84	-7,12
LC50	design	----	-7,90	-1,76	-107,31	458,70	-7,54
LC51	design	----	-31,23	-1,93	-102,54	430,37	-8,29
LC52	design	----	-31,21	-1,98	-102,42	429,87	-8,50
LC53	design	----	-7,61	-0,40	-71,81	306,13	-1,72
LC54	design	----	-7,41	-0,53	-70,71	301,50	-2,24
LC55	design	----	-19,01	-0,81	-73,16	308,15	-3,46
LC56	design	----	-18,96	-0,89	-72,87	306,91	-3,79
LC57	design	----	-7,75	-0,75	-80,40	343,05	-3,19
LC58	design	----	-7,54	-0,89	-79,36	338,62	-3,80
LC59	design	----	-19,01	-0,81	-73,16	308,15	-3,46
LC60	design	----	-18,96	-0,89	-72,87	306,91	-3,79
LC61	design	----	-6,81	-0,05	-49,00	208,33	-0,19
LC62	design	----	-7,21	-0,26	-74,81	319,19	-1,11
LC63	design	----	-7,90	-0,76	-81,35	347,08	-3,24
LC64	design	----	-12,54	-2,98	-78,16	331,78	-12,81
LC65	design	----	-18,82	2,05	-61,68	258,85	8,83
LC66	design	----	-24,14	-1,33	-85,93	361,33	-5,70
LC67	design	----	-6,45	-2,64	-84,79	362,33	-11,33
LC68	design	----	-7,03	1,33	-45,53	193,36	5,71
LC69	design	----	-7,91	-1,22	-91,94	392,61	-5,23
LC70	design	----	-19,99	-4,03	-69,57	292,36	-17,32
LC71	design	----	-9,48	3,13	-60,04	254,93	13,49
LC72	design	----	-24,14	-1,33	-85,93	361,33	-5,70
LC73	design	----	-4,94	0,43	-34,49	146,59	1,87
LC74	design	----	-4,71	0,37	-33,23	141,22	1,61
LC75	design	----	-7,95	-0,73	-81,59	348,07	-3,11
LC76	design	----	-7,86	-0,79	-81,12	346,08	-3,38
LC77	design	----	-24,14	-1,31	-85,99	361,56	-5,63
LC78	design	----	-24,13	-1,35	-85,88	361,11	-5,78
LC79	design	----	-7,95	-1,19	-92,16	393,54	-5,07
LC80	design	----	-7,86	-1,26	-91,73	391,69	-5,37
LC81	design	----	-24,14	-1,31	-85,99	361,56	-5,63
LC82	design	----	-24,13	-1,35	-85,88	361,11	-5,78
LC83	design	----	-7,14	-0,18	-63,11	268,89	-0,77
LC84	design	----	-6,98	-0,27	-62,21	265,06	-1,14
LC85	design	----	-14,86	-0,42	-62,02	261,61	-1,78
LC86	design	----	-14,81	-0,47	-61,75	260,46	-2,02
LC87	design	----	-7,35	-0,43	-69,98	298,37	-1,85
LC88	design	----	-7,18	-0,53	-69,11	294,68	-2,27
LC89	design	----	-14,86	-0,42	-62,02	261,61	-1,78
LC90	design	----	-14,81	-0,47	-61,75	260,46	-2,02

Backfill loads:

Case	Nature	Q1 (kN/m2)

1.1.5 Combination list

1/ ULS : LC1 N=-7,47 Mx=241,57 My=-1,57 Fx=-0,37 Fy=-56,79
2/ ULS : LC2 N=-6,81 Mx=404,05 My=-1,28 Fx=-0,30 Fy=-94,52
3/ ULS : LC3 N=-7,94 Mx=440,07 My=-5,94 Fx=-1,39 Fy=-102,99
4/ ULS : LC4 N=-15,13 Mx=403,47 My=-23,01 Fx=-5,36 Fy=-95,04
5/ ULS : LC5 N=-29,08 Mx=347,70 My=15,18 Fx=3,53 Fy=-83,15
6/ ULS : LC6 N=-35,55 Mx=472,97 My=-10,11 Fx=-2,35 Fy=-112,79
7/ ULS : LC7 N=-5,80 Mx=463,74 My=-18,59 Fx=-4,33 Fy=-108,32
8/ ULS : LC8 N=-8,02 Mx=215,36 My=8,10 Fx=1,88 Fy=-50,73
9/ ULS : LC9 N=-7,84 Mx=502,60 My=-8,54 Fx=-1,99 Fy=-117,52
10/ ULS : LC10 N=-30,21 Mx=382,79 My=-29,97 Fx=-6,97 Fy=-91,39
11/ ULS : LC11 N=-11,71 Mx=304,75 My=21,10 Fx=4,90 Fy=-71,80
12/ ULS : LC12 N=-35,95 Mx=473,41 My=-10,09 Fx=-2,35 Fy=-112,92
13/ ULS : LC13 N=-4,64 Mx=148,11 My=1,92 Fx=0,44 Fy=-34,83
14/ ULS : LC14 N=-4,30 Mx=140,00 My=1,54 Fx=0,36 Fy=-32,92

15/ ULS : LC15 N=-8,01 Mx=441,34 My=-5,71 Fx=-1,34 Fy=-103,29
16/ ULS : LC16 N=-7,87 Mx=438,79 My=-6,18 Fx=-1,44 Fy=-102,69
17/ ULS : LC17 N=-35,96 Mx=473,67 My=-9,97 Fx=-2,32 Fy=-112,98
18/ ULS : LC18 N=-35,94 Mx=473,15 My=-10,23 Fx=-2,38 Fy=-112,86
19/ ULS : LC19 N=-7,55 Mx=504,31 My=-8,34 Fx=-1,95 Fy=-117,90
20/ ULS : LC20 N=-7,40 Mx=501,99 My=-8,86 Fx=-2,07 Fy=-117,35
21/ ULS : LC21 N=-35,96 Mx=473,67 My=-9,97 Fx=-2,32 Fy=-112,98
22/ ULS : LC22 N=-35,94 Mx=473,15 My=-10,23 Fx=-2,38 Fy=-112,86
23/ ULS : LC23 N=-7,50 Mx=330,82 My=-2,40 Fx=-0,56 Fy=-77,55
24/ ULS : LC24 N=-7,27 Mx=325,71 My=-3,05 Fx=-0,71 Fy=-76,34
25/ ULS : LC25 N=-21,81 Mx=337,93 My=-4,57 Fx=-1,07 Fy=-80,31
26/ ULS : LC26 N=-21,76 Mx=336,63 My=-4,96 Fx=-1,16 Fy=-80,00
27/ ULS : LC27 N=-7,57 Mx=372,42 My=-4,13 Fx=-0,97 Fy=-87,23
28/ ULS : LC28 N=-7,34 Mx=367,57 My=-4,89 Fx=-1,14 Fy=-86,08
29/ ULS : LC29 N=-21,81 Mx=337,93 My=-4,57 Fx=-1,07 Fy=-80,31
30/ ULS : LC30 N=-21,76 Mx=336,63 My=-4,96 Fx=-1,16 Fy=-80,00
31/ ULS : LC31 N=-7,43 Mx=228,37 My=-0,98 Fx=-0,23 Fy=-53,71
32/ ULS : LC32 N=-7,25 Mx=370,46 My=-1,29 Fx=-0,30 Fy=-86,74
33/ ULS : LC33 N=-8,22 Mx=403,41 My=-4,87 Fx=-1,14 Fy=-94,48
34/ ULS : LC34 N=-14,39 Mx=376,64 My=-18,88 Fx=-4,40 Fy=-88,73
35/ ULS : LC35 N=-25,18 Mx=313,37 My=12,55 Fx=2,92 Fy=-74,86
36/ ULS : LC36 N=-31,22 Mx=430,12 My=-8,39 Fx=-1,95 Fy=-102,48
37/ ULS : LC37 N=-6,14 Mx=424,19 My=-15,81 Fx=-3,68 Fy=-99,15
38/ ULS : LC38 N=-7,64 Mx=206,89 My=7,13 Fx=1,66 Fy=-48,73
39/ ULS : LC39 N=-7,96 Mx=459,77 My=-7,34 Fx=-1,71 Fy=-107,57
40/ ULS : LC40 N=-26,09 Mx=347,66 My=-24,84 Fx=-5,78 Fy=-82,90
41/ ULS : LC41 N=-10,84 Mx=285,51 My=18,00 Fx=4,18 Fy=-67,26
42/ ULS : LC42 N=-31,22 Mx=430,12 My=-8,39 Fx=-1,95 Fy=-102,48
43/ ULS : LC43 N=-4,97 Mx=147,35 My=1,91 Fx=0,44 Fy=-34,67
44/ ULS : LC44 N=-4,67 Mx=140,36 My=1,58 Fx=0,36 Fy=-33,02
45/ ULS : LC45 N=-8,29 Mx=404,77 My=-4,66 Fx=-1,09 Fy=-94,80
46/ ULS : LC46 N=-8,16 Mx=402,23 My=-5,07 Fx=-1,19 Fy=-94,20
47/ ULS : LC47 N=-31,23 Mx=430,37 My=-8,29 Fx=-1,93 Fy=-102,54
48/ ULS : LC48 N=-31,21 Mx=429,87 My=-8,50 Fx=-1,98 Fy=-102,42
49/ ULS : LC49 N=-8,02 Mx=460,84 My=-7,12 Fx=-1,66 Fy=-107,82
50/ ULS : LC50 N=-7,90 Mx=458,70 My=-7,54 Fx=-1,76 Fy=-107,31
51/ ULS : LC51 N=-31,23 Mx=430,37 My=-8,29 Fx=-1,93 Fy=-102,54
52/ ULS : LC52 N=-31,21 Mx=429,87 My=-8,50 Fx=-1,98 Fy=-102,42
53/ ULS : LC53 N=-7,61 Mx=306,13 My=-1,72 Fx=-0,40 Fy=-71,81
54/ ULS : LC54 N=-7,41 Mx=301,50 My=-2,24 Fx=-0,53 Fy=-70,71
55/ ULS : LC55 N=-19,01 Mx=308,15 My=-3,46 Fx=-0,81 Fy=-73,16
56/ ULS : LC56 N=-18,96 Mx=306,91 My=-3,79 Fx=-0,89 Fy=-72,87
57/ ULS : LC57 N=-7,75 Mx=343,05 My=-3,19 Fx=-0,75 Fy=-80,40
58/ ULS : LC58 N=-7,54 Mx=338,62 My=-3,80 Fx=-0,89 Fy=-79,36
59/ ULS : LC59 N=-19,01 Mx=308,15 My=-3,46 Fx=-0,81 Fy=-73,16
60/ ULS : LC60 N=-18,96 Mx=306,91 My=-3,79 Fx=-0,89 Fy=-72,87
61/ SLS : LC61 N=-6,81 Mx=208,33 My=-0,19 Fx=-0,05 Fy=-49,00
62/ SLS : LC62 N=-7,21 Mx=319,19 My=-1,11 Fx=-0,26 Fy=-74,81
63/ SLS : LC63 N=-7,90 Mx=347,08 My=-3,24 Fx=-0,76 Fy=-81,35
64/ SLS : LC64 N=-12,54 Mx=331,78 My=-12,81 Fx=-2,98 Fy=-78,16
65/ SLS : LC65 N=-18,82 Mx=258,85 My=8,83 Fx=2,05 Fy=-61,68
66/ SLS : LC66 N=-24,14 Mx=361,33 My=-5,70 Fx=-1,33 Fy=-85,93
67/ SLS : LC67 N=-6,45 Mx=362,33 My=-11,33 Fx=-2,64 Fy=-84,79
68/ SLS : LC68 N=-7,03 Mx=193,36 My=5,71 Fx=1,33 Fy=-45,53
69/ SLS : LC69 N=-7,91 Mx=392,61 My=-5,23 Fx=-1,22 Fy=-91,94
70/ SLS : LC70 N=-19,99 Mx=292,36 My=-17,32 Fx=-4,03 Fy=-69,57
71/ SLS : LC71 N=-9,48 Mx=254,93 My=13,49 Fx=3,13 Fy=-60,04
72/ SLS : LC72 N=-24,14 Mx=361,33 My=-5,70 Fx=-1,33 Fy=-85,93
73/ SLS : LC73 N=-4,94 Mx=146,59 My=1,87 Fx=0,43 Fy=-34,49
74/ SLS : LC74 N=-4,71 Mx=141,22 My=1,61 Fx=0,37 Fy=-33,23
75/ SLS : LC75 N=-7,95 Mx=348,07 My=-3,11 Fx=-0,73 Fy=-81,59
76/ SLS : LC76 N=-7,86 Mx=346,08 My=-3,38 Fx=-0,79 Fy=-81,12
77/ SLS : LC77 N=-24,14 Mx=361,56 My=-5,63 Fx=-1,31 Fy=-85,99
78/ SLS : LC78 N=-24,13 Mx=361,11 My=-5,78 Fx=-1,35 Fy=-85,88
79/ SLS : LC79 N=-7,95 Mx=393,54 My=-5,07 Fx=-1,19 Fy=-92,16
80/ SLS : LC80 N=-7,86 Mx=391,69 My=-5,37 Fx=-1,26 Fy=-91,73
81/ SLS : LC81 N=-24,14 Mx=361,56 My=-5,63 Fx=-1,31 Fy=-85,99
82/ SLS : LC82 N=-24,13 Mx=361,11 My=-5,78 Fx=-1,35 Fy=-85,88
83/ SLS : LC83 N=-7,14 Mx=268,89 My=-0,77 Fx=-0,18 Fy=-63,11
84/ SLS : LC84 N=-6,98 Mx=265,06 My=-1,14 Fx=-0,27 Fy=-62,21

85/	SLS :	LC85 N=-14,86 Mx=261,61 My=-1,78 Fx=-0,42 Fy=-62,02
86/	SLS :	LC86 N=-14,81 Mx=260,46 My=-2,02 Fx=-0,47 Fy=-61,75
87/	SLS :	LC87 N=-7,35 Mx=298,37 My=-1,85 Fx=-0,43 Fy=-69,98
88/	SLS :	LC88 N=-7,18 Mx=294,68 My=-2,27 Fx=-0,53 Fy=-69,11
89/	SLS :	LC89 N=-14,86 Mx=261,61 My=-1,78 Fx=-0,42 Fy=-62,02
90/	SLS :	LC90 N=-14,81 Mx=260,46 My=-2,02 Fx=-0,47 Fy=-61,75
91/*	ULS :	LC1 N=-7,47 Mx=241,57 My=-1,57 Fx=-0,37 Fy=-56,79
92/*	ULS :	LC2 N=-6,81 Mx=404,05 My=-1,28 Fx=-0,30 Fy=-94,52
93/*	ULS :	LC3 N=-7,94 Mx=440,07 My=-5,94 Fx=-1,39 Fy=-102,99
94/*	ULS :	LC4 N=-15,13 Mx=403,47 My=-23,01 Fx=-5,36 Fy=-95,04
95/*	ULS :	LC5 N=-29,08 Mx=347,70 My=15,18 Fx=3,53 Fy=-83,15
96/*	ULS :	LC6 N=-35,55 Mx=472,97 My=-10,11 Fx=-2,35 Fy=-112,79
97/*	ULS :	LC7 N=-5,80 Mx=463,74 My=-18,59 Fx=-4,33 Fy=-108,32
98/*	ULS :	LC8 N=-8,02 Mx=215,36 My=8,10 Fx=1,88 Fy=-50,73
99/*	ULS :	LC9 N=-7,84 Mx=502,60 My=-8,54 Fx=-1,99 Fy=-117,52
100/*	ULS :	LC10 N=-30,21 Mx=382,79 My=-29,97 Fx=-6,97 Fy=-91,39
101/*	ULS :	LC11 N=-11,71 Mx=304,75 My=21,10 Fx=4,90 Fy=-71,80
102/*	ULS :	LC12 N=-35,95 Mx=473,41 My=-10,09 Fx=-2,35 Fy=-112,92
103/*	ULS :	LC13 N=-4,64 Mx=148,11 My=1,92 Fx=0,44 Fy=-34,83
104/*	ULS :	LC14 N=-4,30 Mx=140,00 My=1,54 Fx=0,36 Fy=-32,92
105/*	ULS :	LC15 N=-8,01 Mx=441,34 My=-5,71 Fx=-1,34 Fy=-103,29
106/*	ULS :	LC16 N=-7,87 Mx=438,79 My=-6,18 Fx=-1,44 Fy=-102,69
107/*	ULS :	LC17 N=-35,96 Mx=473,67 My=-9,97 Fx=-2,32 Fy=-112,98
108/*	ULS :	LC18 N=-35,94 Mx=473,15 My=-10,23 Fx=-2,38 Fy=-112,86
109/*	ULS :	LC19 N=-7,55 Mx=504,31 My=-8,34 Fx=-1,95 Fy=-117,90
110/*	ULS :	LC20 N=-7,40 Mx=501,99 My=-8,86 Fx=-2,07 Fy=-117,35
111/*	ULS :	LC21 N=-35,96 Mx=473,67 My=-9,97 Fx=-2,32 Fy=-112,98
112/*	ULS :	LC22 N=-35,94 Mx=473,15 My=-10,23 Fx=-2,38 Fy=-112,86
113/*	ULS :	LC23 N=-7,50 Mx=330,82 My=-2,40 Fx=-0,56 Fy=-77,55
114/*	ULS :	LC24 N=-7,27 Mx=325,71 My=-3,05 Fx=-0,71 Fy=-76,34
115/*	ULS :	LC25 N=-21,81 Mx=337,93 My=-4,57 Fx=-1,07 Fy=-80,31
116/*	ULS :	LC26 N=-21,76 Mx=336,63 My=-4,96 Fx=-1,16 Fy=-80,00
117/*	ULS :	LC27 N=-7,57 Mx=372,42 My=-4,13 Fx=-0,97 Fy=-87,23
118/*	ULS :	LC28 N=-7,34 Mx=367,57 My=-4,89 Fx=-1,14 Fy=-86,08
119/*	ULS :	LC29 N=-21,81 Mx=337,93 My=-4,57 Fx=-1,07 Fy=-80,31
120/*	ULS :	LC30 N=-21,76 Mx=336,63 My=-4,96 Fx=-1,16 Fy=-80,00
121/*	ULS :	LC31 N=-7,43 Mx=228,37 My=-0,98 Fx=-0,23 Fy=-53,71
122/*	ULS :	LC32 N=-7,25 Mx=370,46 My=-1,29 Fx=-0,30 Fy=-86,74
123/*	ULS :	LC33 N=-8,22 Mx=403,41 My=-4,87 Fx=-1,14 Fy=-94,48
124/*	ULS :	LC34 N=-14,39 Mx=376,64 My=-18,88 Fx=-4,40 Fy=-88,73
125/*	ULS :	LC35 N=-25,18 Mx=313,37 My=12,55 Fx=2,92 Fy=-74,86
126/*	ULS :	LC36 N=-31,22 Mx=430,12 My=-8,39 Fx=-1,95 Fy=-102,48
127/*	ULS :	LC37 N=-6,14 Mx=424,19 My=-15,81 Fx=-3,68 Fy=-99,15
128/*	ULS :	LC38 N=-7,64 Mx=206,89 My=7,13 Fx=1,66 Fy=-48,73
129/*	ULS :	LC39 N=-7,96 Mx=459,77 My=-7,34 Fx=-1,71 Fy=-107,57
130/*	ULS :	LC40 N=-26,09 Mx=347,66 My=-24,84 Fx=-5,78 Fy=-82,90
131/*	ULS :	LC41 N=-10,84 Mx=285,51 My=18,00 Fx=4,18 Fy=-67,26
132/*	ULS :	LC42 N=-31,22 Mx=430,12 My=-8,39 Fx=-1,95 Fy=-102,48
133/*	ULS :	LC43 N=-4,97 Mx=147,35 My=1,91 Fx=0,44 Fy=-34,67
134/*	ULS :	LC44 N=-4,67 Mx=140,36 My=1,58 Fx=0,36 Fy=-33,02
135/*	ULS :	LC45 N=-8,29 Mx=404,77 My=-4,66 Fx=-1,09 Fy=-94,80
136/*	ULS :	LC46 N=-8,16 Mx=402,23 My=-5,07 Fx=-1,19 Fy=-94,20
137/*	ULS :	LC47 N=-31,23 Mx=430,37 My=-8,29 Fx=-1,93 Fy=-102,54
138/*	ULS :	LC48 N=-31,21 Mx=429,87 My=-8,50 Fx=-1,98 Fy=-102,42
139/*	ULS :	LC49 N=-8,02 Mx=460,84 My=-7,12 Fx=-1,66 Fy=-107,82
140/*	ULS :	LC50 N=-7,90 Mx=458,70 My=-7,54 Fx=-1,76 Fy=-107,31
141/*	ULS :	LC51 N=-31,23 Mx=430,37 My=-8,29 Fx=-1,93 Fy=-102,54
142/*	ULS :	LC52 N=-31,21 Mx=429,87 My=-8,50 Fx=-1,98 Fy=-102,42
143/*	ULS :	LC53 N=-7,61 Mx=306,13 My=-1,72 Fx=-0,40 Fy=-71,81
144/*	ULS :	LC54 N=-7,41 Mx=301,50 My=-2,24 Fx=-0,53 Fy=-70,71
145/*	ULS :	LC55 N=-19,01 Mx=308,15 My=-3,46 Fx=-0,81 Fy=-73,16
146/*	ULS :	LC56 N=-18,96 Mx=306,91 My=-3,79 Fx=-0,89 Fy=-72,87
147/*	ULS :	LC57 N=-7,75 Mx=343,05 My=-3,19 Fx=-0,75 Fy=-80,40
148/*	ULS :	LC58 N=-7,54 Mx=338,62 My=-3,80 Fx=-0,89 Fy=-79,36
149/*	ULS :	LC59 N=-19,01 Mx=308,15 My=-3,46 Fx=-0,81 Fy=-73,16
150/*	ULS :	LC60 N=-18,96 Mx=306,91 My=-3,79 Fx=-0,89 Fy=-72,87
151/*	SLS :	LC61 N=-6,81 Mx=208,33 My=-0,19 Fx=-0,05 Fy=-49,00
152/*	SLS :	LC62 N=-7,21 Mx=319,19 My=-1,11 Fx=-0,26 Fy=-74,81
153/*	SLS :	LC63 N=-7,90 Mx=347,08 My=-3,24 Fx=-0,76 Fy=-81,35
154/*	SLS :	LC64 N=-12,54 Mx=331,78 My=-12,81 Fx=-2,98 Fy=-78,16

155/*	SLS :	LC65 N=-18,82 Mx=258,85 My=8,83 Fx=2,05 Fy=-61,68
156/*	SLS :	LC66 N=-24,14 Mx=361,33 My=-5,70 Fx=-1,33 Fy=-85,93
157/*	SLS :	LC67 N=-6,45 Mx=362,33 My=-11,33 Fx=-2,64 Fy=-84,79
158/*	SLS :	LC68 N=-7,03 Mx=193,36 My=5,71 Fx=1,33 Fy=-45,53
159/*	SLS :	LC69 N=-7,91 Mx=392,61 My=-5,23 Fx=-1,22 Fy=-91,94
160/*	SLS :	LC70 N=-19,99 Mx=292,36 My=-17,32 Fx=-4,03 Fy=-69,57
161/*	SLS :	LC71 N=-9,48 Mx=254,93 My=13,49 Fx=3,13 Fy=-60,04
162/*	SLS :	LC72 N=-24,14 Mx=361,33 My=-5,70 Fx=-1,33 Fy=-85,93
163/*	SLS :	LC73 N=-4,94 Mx=146,59 My=1,87 Fx=0,43 Fy=-34,49
164/*	SLS :	LC74 N=-4,71 Mx=141,22 My=1,61 Fx=0,37 Fy=-33,23
165/*	SLS :	LC75 N=-7,95 Mx=348,07 My=-3,11 Fx=-0,73 Fy=-81,59
166/*	SLS :	LC76 N=-7,86 Mx=346,08 My=-3,38 Fx=-0,79 Fy=-81,12
167/*	SLS :	LC77 N=-24,14 Mx=361,56 My=-5,63 Fx=-1,31 Fy=-85,99
168/*	SLS :	LC78 N=-24,13 Mx=361,11 My=-5,78 Fx=-1,35 Fy=-85,88
169/*	SLS :	LC79 N=-7,95 Mx=393,54 My=-5,07 Fx=-1,19 Fy=-92,16
170/*	SLS :	LC80 N=-7,86 Mx=391,69 My=-5,37 Fx=-1,26 Fy=-91,73
171/*	SLS :	LC81 N=-24,14 Mx=361,56 My=-5,63 Fx=-1,31 Fy=-85,99
172/*	SLS :	LC82 N=-24,13 Mx=361,11 My=-5,78 Fx=-1,35 Fy=-85,88
173/*	SLS :	LC83 N=-7,14 Mx=268,89 My=-0,77 Fx=-0,18 Fy=-63,11
174/*	SLS :	LC84 N=-6,98 Mx=265,06 My=-1,14 Fx=-0,27 Fy=-62,21
175/*	SLS :	LC85 N=-14,86 Mx=261,61 My=-1,78 Fx=-0,42 Fy=-62,02
176/*	SLS :	LC86 N=-14,81 Mx=260,46 My=-2,02 Fx=-0,47 Fy=-61,75
177/*	SLS :	LC87 N=-7,35 Mx=298,37 My=-1,85 Fx=-0,43 Fy=-69,98
178/*	SLS :	LC88 N=-7,18 Mx=294,68 My=-2,27 Fx=-0,53 Fy=-69,11
179/*	SLS :	LC89 N=-14,86 Mx=261,61 My=-1,78 Fx=-0,42 Fy=-62,02
180/*	SLS :	LC90 N=-14,81 Mx=260,46 My=-2,02 Fx=-0,47 Fy=-61,75

1.2 Geotechnical design

1.2.1 Assumptions

- Cohesion reduction coefficient: 0,00
- Take account of plastic redistribution of allowable stresses
- Sliding with soil pressure considered: for X and Y directions
- Design approach: 1

  A1 + M1 + R1

  $\gamma_{\phi'}$ = 1,00

  $\gamma_{c'}$ = 1,00

  γ_{cu} = 1,00

  γ_{qu} = 1,00

  γ_{γ} = 1,00

  $\gamma_{R,v}$ = 1,00

  $\gamma_{R,h}$ = 1,00

  A2 + M2 + R1

  $\gamma_{\phi'}$ = 1,25

  $\gamma_{c'}$ = 1,25

  γ_{cu} = 1,40

  γ_{qu} = 1,40

  γ_{γ} = 1,00

  $\gamma_{R,v}$ = 1,00

  $\gamma_{R,h}$ = 1,00

1.2.2 Soil:

Soil level:	N_1	= 1,30 (m)
Column pier level:	N_a	= 0,00 (m)

b_c = 1.00
b_q = 1.00
Soil profile parameters:
C = 0.01 (MPa)
ϕ = 22,0 (Deg)
γ = 1700.00 (kG/m3)
qu = 0,21 (MPa)
Design soil pressure:
qlim = qu / $\gamma_{R,v}$ = 0.21 (MPa)
$\gamma_{R,v}$ = 1,00

Stress in soil: qref = 0.12 (MPa)
Safety factor: qlim / qref = 1.725 > 1

Average settlement

Soil type under foundation: not layered
Design combination **SLS : LC79 N=-7,95 Mx=393,54 My=-5,07 Fx=-1,19 Fy=-92,16**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Weight of foundation and soil over it: Gr = 361,65 (kN)
Average stress caused by design load: q = 0,06 (MPa)
Thickness of the actively settling soil: z = 2,48 (m)
Stress on the level z:
- Additional: σ_{zd} = 0,01 (MPa)
- Caused by soil weight: $\sigma_{z\gamma}$ = 0,07 (MPa)

Settlement:
- Original s' = 0,1 (cm)
- Secondary s'' = 0,0 (cm)
- TOTAL S = 0,1 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)

Safety factor: 1.424 > 1

Settlement difference

Design combination **SLS : LC90 N=-14,81 Mx=260,46 My=-2,02 Fx=-0,47 Fy=-61,75**
Load factors: **1.00** * Foundation weight
1.00 * Soil weight
Settlement difference: S = 0,0 (cm) < Sadm = 0,2 (cm)
Safety factor: ∞

1.3 RC design

1.3.1 Assumptions

- Exposure : XC2
- Structure class : S3

1.3.2 Analysis of punching and shear

Punching

Design combination **ULS : LC19 N=-7,55 Mx=504,31 My=-8,34 Fx=-1,95 Fy=-117,90**

Load factors: **1.35** * Foundation weight
1.35 * Soil weight

Design load:

Nr = 480,68 (kN) Mx = 547,38 (kN*m) My = -9,02 (kN*m)

Length of critical circumference:	2,06 (m)
Punching force:	7,00 (kN)
Section effective height	h_{eff} = 0,28 (m)
Reinforcement ratio:	ρ = 0.19 %
Shear stress:	2,71 (MPa)
Admissible shear stress:	1,31 (MPa)
Safety factor:	0.482 > 1

1.3.3 Required reinforcement

Spread footing:

bottom:

ULS : LC7 N=-5,80 Mx=463,74 My=-18,59 Fx=-4,33 Fy=-108,32
My = 3,16 (kN*m) A_{sx}= 3,64 (cm2/m)

ULS : LC19 N=-7,55 Mx=504,31 My=-8,34 Fx=-1,95 Fy=-117,90
Mx = 292,71 (kN*m) A_{sy}= 7,62 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 3,64 (cm2/m)

top:

ULS : LC10 N=-30,21 Mx=382,79 My=-29,97 Fx=-6,97 Fy=-91,39
My = -25,70 (kN*m) A'_{sx} = 3,64 (cm2/m)

ULS : LC17 N=-35,96 Mx=473,67 My=-9,97 Fx=-2,32 Fy=-112,98
Mx = -159,75 (kN*m) A'_{sy} = 4,07 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 3,64 (cm2/m)

Project	Spreadsheets to EC2	The Concrete Centre	Made by	Date	Page
Client	Advisory Group		rmw	06-dez-2019	198
Location	Column B2		Checked	Revision	Job No
	PUNCHING SHEAR to BS EN 1992-1: 2004	EDGE	chg	-	FB625
	Originated from TCC13.xls v4.0 on CD	© 2003-19 TCC COLUMN			

MATERIALS

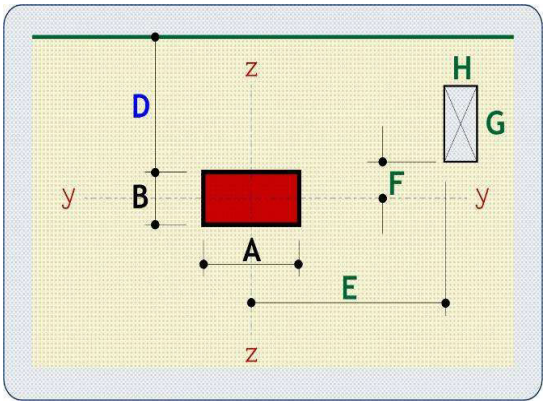
fck	N/mm²	25	
fyk	N/mm²	500	
Steel class		B	

STATUS

VALID DESIGN

.

LEGEND



DIMENSIONS

A	mm	500	E	mm	0
B	mm	500	F	mm	0
			G	mm	0
D	mm	283	H	mm	0

LOADING

V_{Ed}	kN	157
ult UDL	kN/m²	

ß = 1.400 braced structure, adjacent spans differ no more than 25%

SLAB

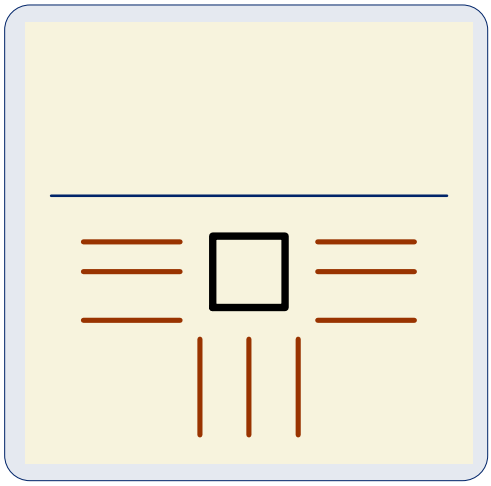
			dx	mm	450	Asx	mm²/m	559	in B + 3d+E	ρx = 0.124
h	mm	500	dy	mm	450	Asy	mm²/m	559	in A + 6d	ρy = 0.124
			d	mm	450				100ρL % =	0.124

RESULTS

βV_{Ed} =	219.8	kN	$v_{Rd,c}$ =	0.3765	N/mm²	*Equation (6.47)*
At col. face, vEd =	0.326	N/mm²	At 2d perimeter, $v_{Ed,red}$ =	0.0998	N/mm²	
			Uout required =	1297	(≈ See Fig 6.22B)	*quation (6.54)*

links required

SPUR PLAN



Project	Spreadsheets to EC2	The Concrete Centre	Made by	Date	Page
Client	Advisory Group		rmw	06-dez-2019	198
Location	Column B2		Checked	Revision	Job No
	PUNCHING SHEAR to BS EN 1992-1: 2004	EDGE	chg	-	FB625
	Originated from TCC13.xls v4.0 on CD	© 2003-19 TCC COLUMN			

MATERIALS

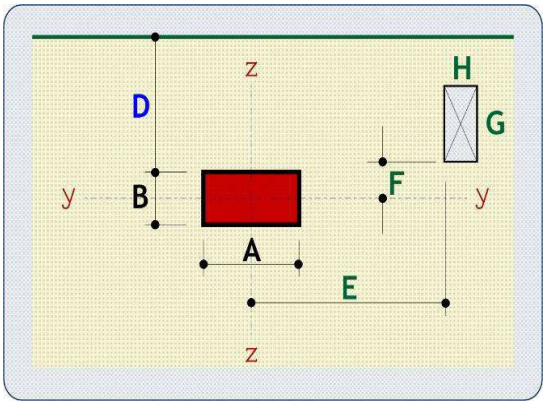
fck	N/mm²	25	
fyk	N/mm²	500	
Steel class		B	

STATUS

VALID DESIGN

.

LEGEND



DIMENSIONS

A	mm	500	E	mm	0
B	mm	500	F	mm	0
			G	mm	0
D	mm	283	H	mm	0

LOADING

V_{Ed}	kN	141
ult UDL	kN/m²	

ß = 1.400 braced structure, adjacent spans differ no more than 25%

SLAB

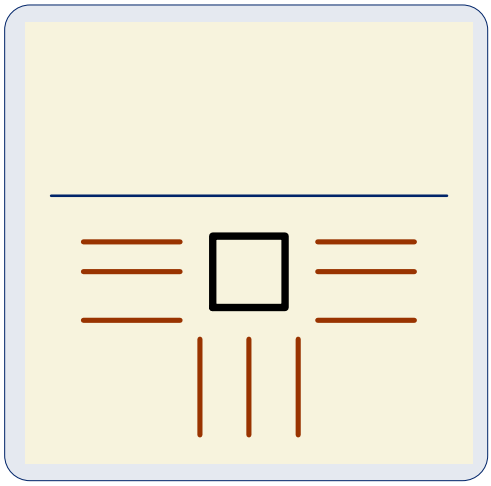
			dx	mm	450	Asx	mm²/m	559	in B + 3d+E	ρx = 0.124
h	mm	500	dy	mm	450	Asy	mm²/m	559	in A + 6d	ρy = 0.124
			d	mm	450				100ρL % =	0.124

RESULTS

βV_{Ed} =	197.4	kN	$v_{Rd,c}$ =	0.3765	N/mm²	*Equation (6.47)*
At col. face, vEd =	0.292	N/mm²	At 2d perimeter, $v_{Ed,red}$ =	0.0896	N/mm²	
			Uout required =	1165	(≈ See Fig 6.22B)	*quation (6.54)*

links required

SPUR PLAN



Project	Spreadsheets to EC2	The Concrete Centre	Made by	Date	Page
Client	Advisory Group		rmw	06-dez-2019	198
Location	Column B2		Checked	Revision	Job No
	PUNCHING SHEAR to BS EN 1992-1: 2004	EDGE	chg	-	FB625
	Originated from TCC13.xls v4.0 on CD	© 2003-19 TCC COLUMN			

MATERIALS

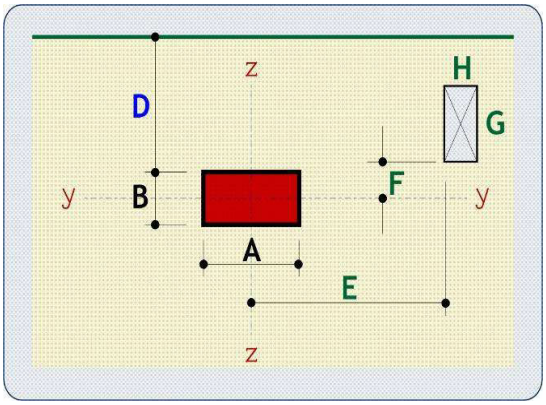
fck	N/mm²	25	
fyk	N/mm²	500	
Steel class		B	

STATUS

VALID DESIGN

.

LEGEND



DIMENSIONS

A	mm	500	E	mm	0
B	mm	500	F	mm	0
			G	mm	0
D	mm	283	H	mm	0

LOADING

V_{Ed}	kN	164
ult UDL	kN/m²	

ß = 1.400 braced structure, adjacent spans differ no more than 25%

SLAB

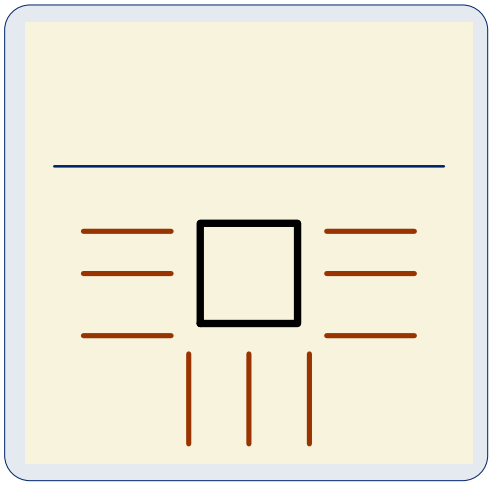
			dx	mm	300	Asx	mm²/m	364	in B + 3d+E	ρx = 0.121
h	mm	350	dy	mm	300	Asy	mm²/m	364	in A + 6d	ρy = 0.121
			d	mm	300				100ρL % =	0.121

RESULTS

βV_{Ed} =	229.6	kN	$v_{Rd,c}$ =	0.4284	N/mm²	*Equation (6.47)*
At col. face, vEd =	0.547	N/mm²	At 2d perimeter, $v_{Ed,red}$ =	0.1937	N/mm²	
			Uout required =	1786	(≈ See Fig 6.22B)	*quation (6.54)*

links required

SPUR PLAN



Project	Spreadsheets to EC2	The Concrete Centre			
Client	Advisory Group		Made by	Date	Page
Location	Column B2		rmw	06-dez-2019	198
	PUNCHING SHEAR to BS EN 1992-1: 2004	EDGE	Checked	Revision	Job No
	Originated from TCC13.xls v4.0 on CD	© 2003-19 TCC COLUMN	chg	-	FB625

MATERIALS

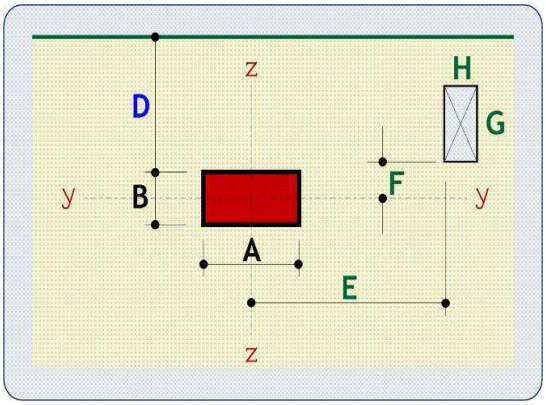
fck	N/mm²	25	
fyk	N/mm²	500	
Steel class		B	

STATUS

VALID DESIGN

.

LEGEND



DIMENSIONS

A	mm	500	E	mm	0
B	mm	500	F	mm	0
			G	mm	0
D	mm	283	H	mm	0

LOADING

V_{Ed}	kN	200
ult UDL	kN/m²	
ß =	1.400	braced structure, adjacent spans differ no more than 25%

SLAB

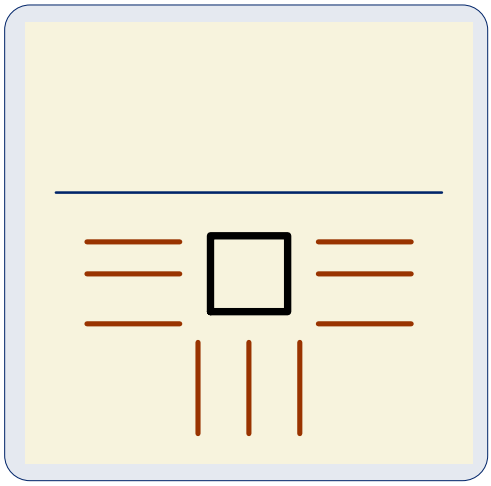
			dx	mm	400	Asx	mm²/m	494	in B + 3d+E	ρx = 0.124
h	mm	450	dy	mm	400	Asy	mm²/m	494	in A + 6d	ρy = 0.124
			d	mm	400				100ρL % =	0.124

RESULTS

βV_{Ed} =	280.0	kN	$v_{Rd,c}$ =	0.3903	N/mm²	*Equation (6.47)*
At col. face, vEd =	0.467	N/mm²	At 2d perimeter, $v_{Ed,red}$ =	0.1529	N/mm²	
			Uout required =	1793	(≈ See Fig 6.22B)	*quation (6.54)*

links required

SPUR PLAN



Project	Spreadsheets to EC2	The Concrete Centre			
Client	Advisory Group		Made by	Date	Page
Location	Column B2		rmw	06-dez-2019	198
	PUNCHING SHEAR to BS EN 1992-1: 2004	EDGE	Checked	Revision	Job No
	Originated from TCC13.xls v4.0 on CD	© 2003-19 TCC COLUMN	chg	-	FB625

MATERIALS

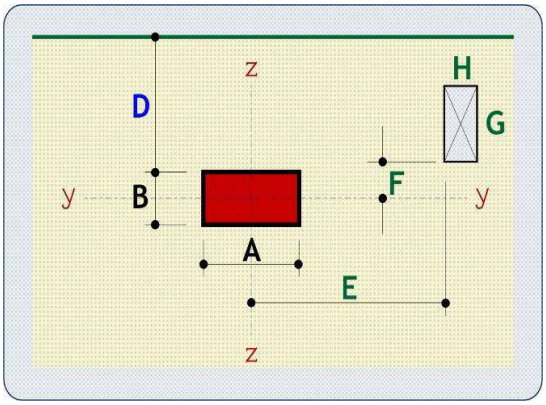
fck	N/mm²	25	
fyk	N/mm²	500	
Steel class		B	

STATUS

VALID DESIGN

.

LEGEND



DIMENSIONS

A	mm	500	E	mm	0
B	mm	500	F	mm	0
			G	mm	0
D	mm	283	H	mm	0

LOADING

V_{Ed}	kN	175
ult UDL	kN/m²	

ß = 1.400 braced structure, adjacent spans differ no more than 25%

SLAB

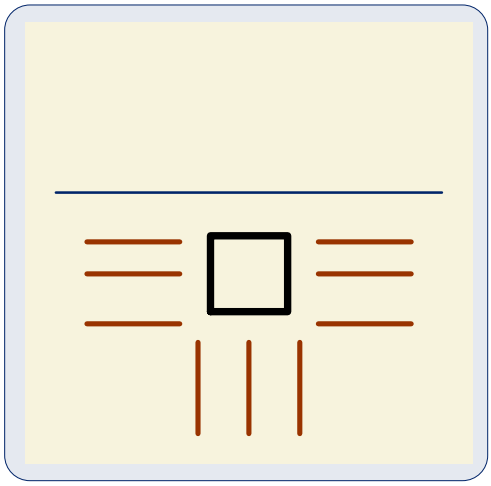
			dx	mm	400	Asx	mm²/m	494	in B + 3d+E	ρx = 0.124
h	mm	450	dy	mm	400	Asy	mm²/m	494	in A + 6d	ρy = 0.124
			d	mm	400				100ρL % =	0.124

RESULTS

βV_{Ed} =	245.0	kN	$v_{Rd,c}$ =	0.3903	N/mm^2	*Equation (6.47)*
At col. face, vEd =	0.408	N/mm^2	At 2d perimeter, $v_{Ed,red}$ =	0.1338	N/mm^2	
			Uout required =	1569	(≈ See Fig 6.22B)	*quation (6.54)*

links required

SPUR PLAN



ANEXO IV – CÁLCULO DE LIGAÇÕES

Project data

Project name	LIG_FUNDAÇÃO ASNAS
Project number	
Author	
Description	
Date	04/12/2019
Design code	EN

Material

Steel	S 275
Concrete	C25/30

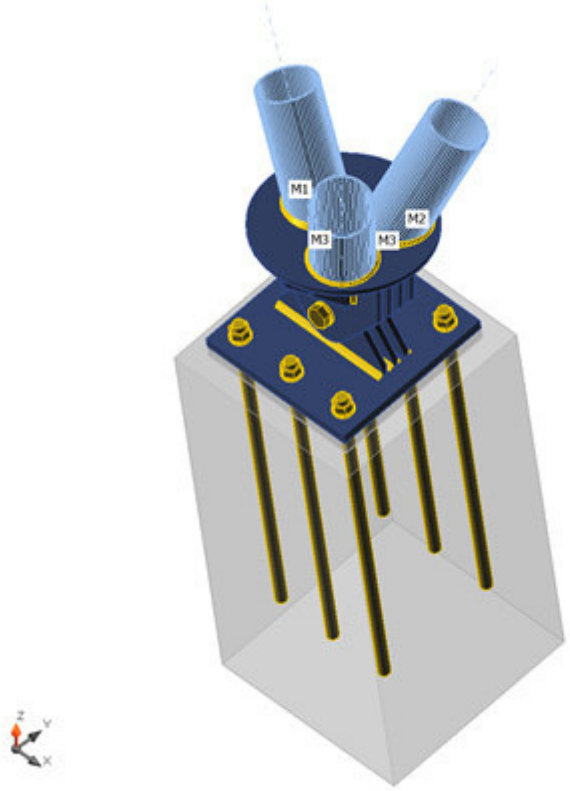
Project item TRELICA_S01

Design

Name	TRELICA_S01
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	180,0	-72,0	0,0	0	0	0	Node
M2	1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	46,0	-65,0	0,0	0	0	0	Node
M3	1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	-46,0	-65,0	0,0	0	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	S 275
5 - HEB120	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M30 8.8	M30 8.8	30	800,0	707
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LC1	M1	51,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	-79,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	-108,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC10	M1	-47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	70,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	60,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC11	M1	33,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	-71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	-11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC15	M1	113,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	-130,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	-160,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC18	M1	-56,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	60,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	89,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	1000	mm
Anchor	M27 8.8	
Anchoring length	800	mm
Shear force transfer	Shear lug	
Cross-section of shear lug	HEB120	
Length of shear lug	200	mm
Mortar joint	30	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,0 < 5%	OK
Bolts	19,9 < 100%	OK
Anchors	19,4 < 100%	OK
Welds	98,1 < 100%	OK
Concrete block	46,2 < 100%	OK
Shear	68,4 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

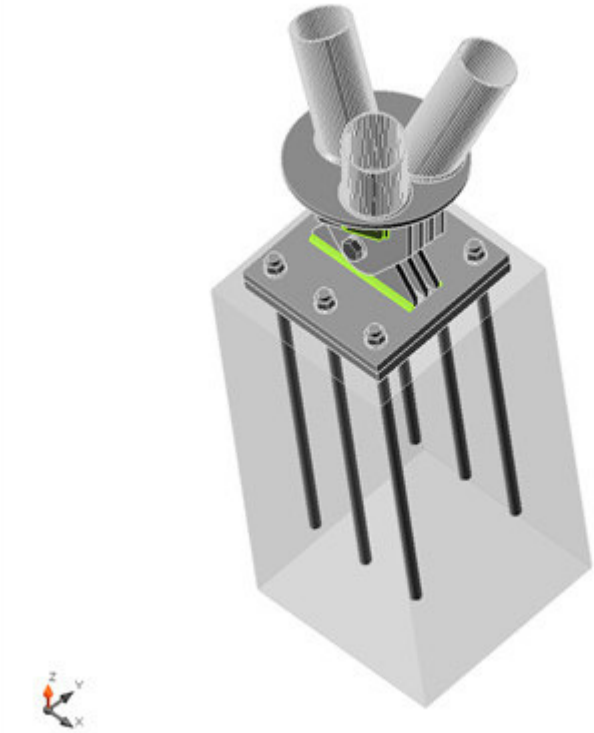
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	4,0	LC15	114,7	0,0	OK
M2	4,0	LC15	172,4	0,0	OK
M3	4,0	LC15	196,3	0,0	OK
Member 4-bfl 1	11,0	LC15	254,8	0,0	OK
Member 4-tfl 1	11,0	LC15	259,2	0,0	OK
Member 4-w 1	6,5	LC15	244,0	0,0	OK
SP1	15,0	LC15	120,9	0,0	OK
SP2	15,0	LC11	122,3	0,0	OK
SP3	15,0	LC15	112,5	0,0	OK
SP4	15,0	LC15	120,8	0,0	OK
SP5	15,0	LC15	122,8	0,0	OK
SP6	15,0	LC15	112,9	0,0	OK
SP7	15,0	LC15	125,2	0,0	OK
SP8	15,0	LC15	85,8	0,0	OK
SP9	10,0	LC15	135,6	0,0	OK
SP10	10,0	LC15	39,9	0,0	OK
SP11	10,0	LC11	28,2	0,0	OK
SP12	10,0	LC15	166,6	0,0	OK
SP13	10,0	LC10	96,2	0,0	OK
SP14	10,0	LC15	139,2	0,0	OK
SP15	25,0	LC18	174,6	0,0	OK

Design data

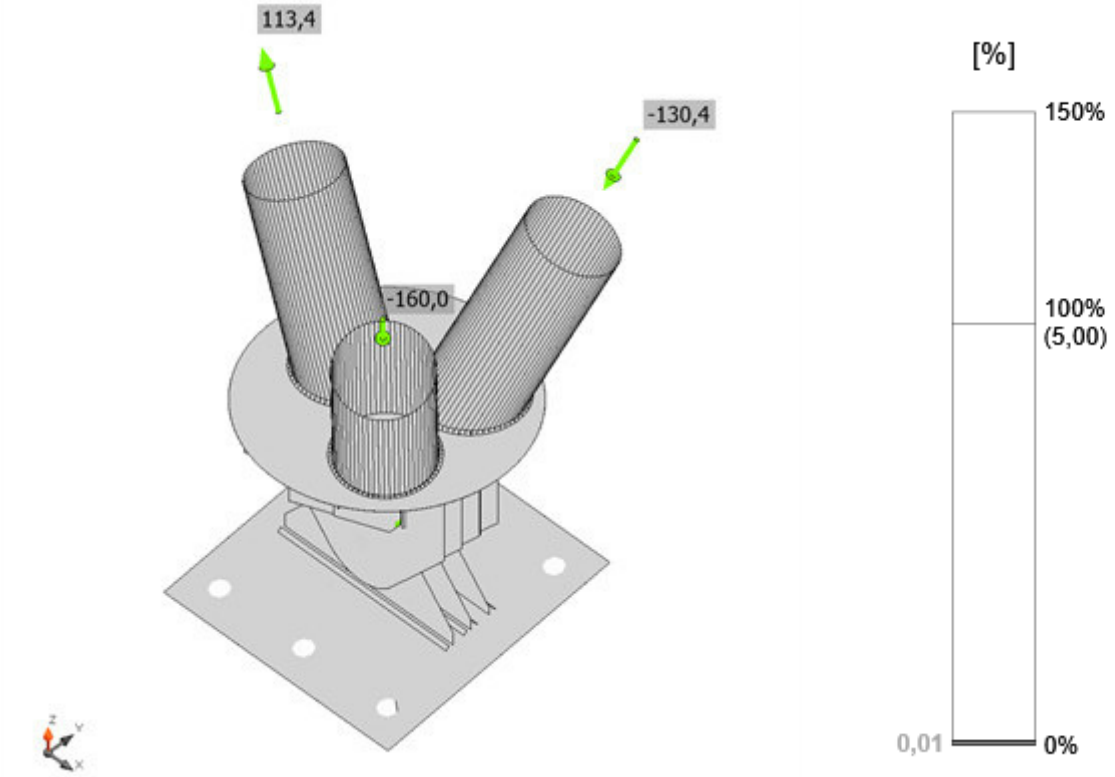
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

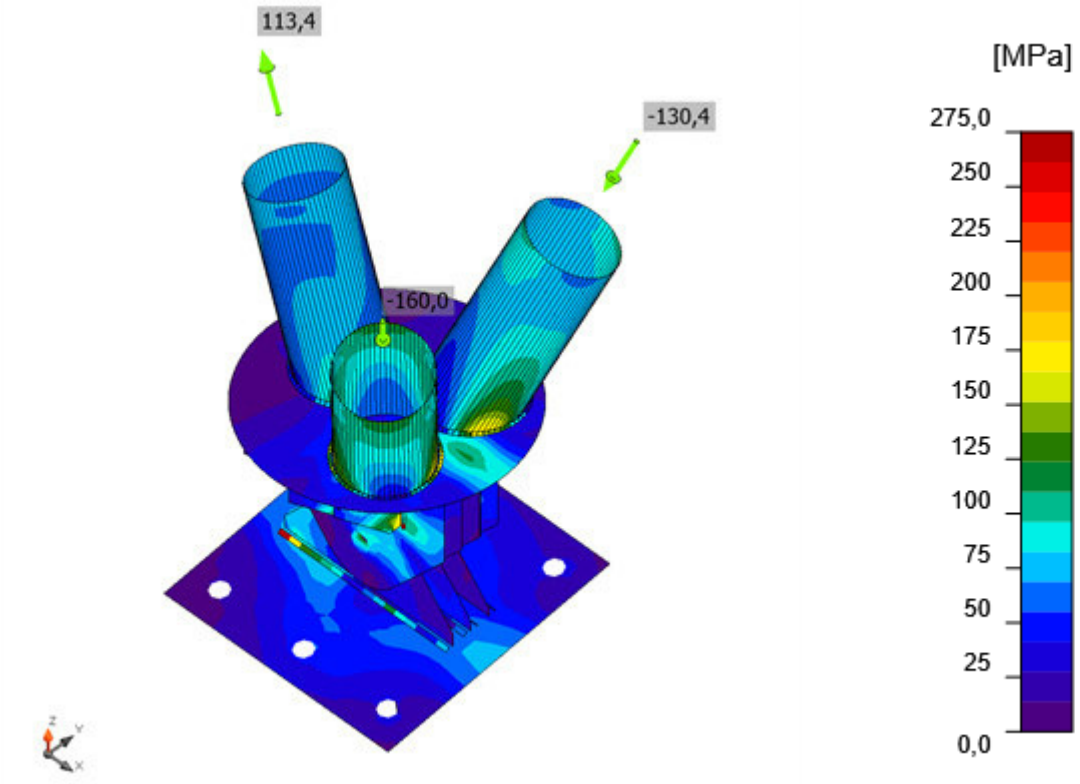
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LC15

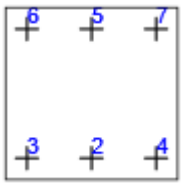


Strain check, LC15



Equivalent stress, LC15

Anchors

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
	A2	LC10	26,2	0,1	0,0	11,7	580,5	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A3	LC18	43,7	0,1	0,0	19,4	338,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A4	LC15	19,2	0,1	0,0	8,5	363,7	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A5	LC18	26,9	0,2	0,0	12,0	580,5	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A6	LC18	43,0	0,2	0,0	19,1	328,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A7	LC15	17,2	0,3	0,0	7,6	331,1	0,0	0,0	0,0	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M27 8.8 - 2	224,7	697,1	176,3	0,0	557

Detailed result for A2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 11{,}7 \quad \%$$

Detailed result for A3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 19{,}4 \quad \%$$

Detailed result for A4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 8{,}5 \quad \%$$

Detailed result for A5

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 12{,}0 \quad \%$$

Detailed result for A6

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 19{,}1 \quad \%$$

Detailed result for A7

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 43$ mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p = 25$ mm – Thickness

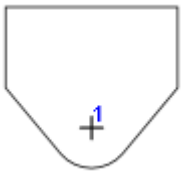
$f_u = 430{,}0$ MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} = 1{,}25$ – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}, N_{Rd,c})} = \quad 7{,}6 \quad \%$$

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B1	LC15	3,2	43,0	1,0	387,0	19,9	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M30 8.8 - 1	323,1	471,7	215,4

Detailed result for B1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 323,1 kN ≥ $F_t =$ 3,2 kN

where:

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 561 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 471,7 kN ≥ $F_t =$ 3,2 kN

where:

$d_m =$ 49 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 15 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} =$ 215,4 kN ≥ $V =$ 43,0 kN

where:

$\beta_p =$ 1,00 – Reducing factor

$\alpha_v =$ 0,60 – Reducing factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A =$ 561 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 387,0 kN ≥ $V =$ 69,7 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 1,00 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 30 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 15 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} = \quad 0{,}0 \quad \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd})} = \quad 1{,}0 \quad \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd})} = \quad 19{,}9 \quad \%$$

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete cone breakout resistance not applied
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	SP11	◢5,0◣	101	LC11	46,0	0,0	20,5	8,2	22,3	11,4	3,1	OK
		◢5,0◣	101	LC11	35,3	0,0	18,6	-4,0	-16,9	8,7	2,7	OK
SP1	SP14	◢5,0◣	101	LC15	68,2	0,0	-24,2	22,1	-29,5	16,9	9,7	OK
		◢5,0◣	101	LC15	135,3	0,0	-40,4	58,2	46,6	33,4	22,2	OK
SP1	SP12	◢5,0◣	101	LC15	70,5	0,0	8,1	-39,6	8,1	17,4	11,6	OK
		◢5,0◣	101	LC15	130,6	0,0	-43,4	57,8	41,5	32,3	22,5	OK
SP7	SP11	◢5,0◣	101	LC18	48,2	0,0	13,1	-24,8	10,2	11,9	2,8	OK
		◢5,0◣	101	LC11	39,0	0,0	11,6	18,4	-11,1	9,6	3,5	OK
SP7	SP14	◢5,0◣	131	LC15	187,3	0,0	-67,3	54,2	-85,2	46,3	16,4	OK
		◢5,0◣	131	LC15	188,2	0,0	-86,4	-68,0	68,4	46,5	15,6	OK
SP7	SP12	◢5,0◣	101	LC15	354,9	0,0	-108,9	166,5	-101,6	87,7	25,4	OK
		◢5,0◣	101	LC15	321,1	0,0	-90,4	-148,8	97,4	79,3	16,8	OK
SP1	SP10	◢5,0◣	101	LC18	35,8	0,0	-19,3	-2,6	-17,2	8,9	3,3	OK
		◢5,0◣	101	LC15	58,5	0,0	27,1	-10,3	-28,1	14,5	4,8	OK
SP1	SP13	◢5,0◣	101	LC15	90,9	0,0	-29,3	-41,2	-27,8	22,5	15,6	OK
		◢5,0◣	101	LC15	41,7	0,0	-15,5	-9,4	20,3	10,3	6,2	OK
SP1	SP9	◢5,0◣	101	LC15	94,5	0,0	-31,1	-42,0	-29,8	23,3	16,0	OK
		◢5,0◣	101	LC15	55,3	0,0	14,5	27,5	-13,9	13,7	8,4	OK
SP8	SP9	◢5,0◣	101	LC15	218,9	0,0	-61,1	101,1	-67,1	54,1	11,2	OK
		◢5,0◣	101	LC15	242,9	0,0	-75,0	-114,2	69,0	60,0	17,7	OK
SP8	SP13	◢5,0◣	131	LC11	122,9	0,0	-55,5	40,5	-48,7	30,4	9,3	OK
		◢5,0◣	131	LC11	125,2	0,0	-49,0	-36,2	55,8	30,9	9,8	OK
SP8	SP10	◢5,0◣	101	LC15	41,5	0,0	12,1	-19,6	11,9	10,3	4,5	OK
		◢5,0◣	101	LC11	44,8	0,0	-14,0	-21,4	12,0	11,1	3,7	OK
SP15	Member 4-bfl 1	◢5,0◣	120	LC10	396,7	0,0	-116,4	177,9	-127,5	98,0	33,0	OK
		◢5,0◣	120	LC10	396,8	0,1	-142,3	-165,5	135,4	98,1	37,9	OK
SP15	Member 4-tfl 1	◢5,0◣	120	LC15	269,1	0,0	-122,8	94,7	-100,7	66,5	49,1	OK
		◢5,0◣	120	LC18	195,0	0,0	-78,8	91,9	46,4	48,2	21,6	OK
SP15	Member 4-w 1	◢5,0◣	109	LC15	118,8	0,0	9,2	-67,6	10,1	29,4	26,6	OK
		◢5,0◣	109	LC15	132,1	0,0	6,7	75,9	-5,8	32,6	30,0	OK
SP15	SP5	◢7,0	300	LC15	353,5	0,0	-156,4	-121,1	-137,3	87,4	24,8	OK
SP15	SP2	◢7,0◣	300	LC15	186,6	0,0	-75,4	-75,3	-63,6	46,1	11,5	OK
		◢7,0◣	300	LC15	214,4	0,0	-75,5	71,8	90,9	53,0	14,5	OK
SP15	SP4	◢7,0	300	LC15	287,3	0,0	-105,3	97,8	119,4	71,0	20,0	OK
SP1	SP8	◢7,0	300	LC15	77,2	0,0	-31,0	7,2	40,2	19,1	8,8	OK
SP1	SP3	◢7,0	300	LC15	123,9	0,0	-60,4	18,8	59,6	30,6	14,4	OK
SP1	SP6	◢7,0	300	LC15	124,5	0,0	-62,6	-23,9	-57,4	30,8	14,8	OK
SP1	SP7	◢7,0	300	LC15	92,0	0,0	37,7	-25,3	41,3	22,7	11,8	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	M1	◢6,0	431	LC15	103,1	0,0	57,6	-17,5	-46,2	25,5	15,7	OK
SP1	M2	◢6,0	442	LC15	156,0	0,0	-67,0	-40,7	70,4	38,5	18,0	OK
SP1	M3	◢6,0	442	LC15	178,7	0,0	-76,3	49,4	79,1	44,1	22,3	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Detailed result for SP1 SP11

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} =$ 46,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_{\perp}| =$ 20,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 11,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 35,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 18,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 8,7 %

Detailed result for SP1 SP14

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 68,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 24,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 16,9 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 135,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 40,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 33,4 %

Detailed result for SP1 SP12

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 70,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 8,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 17,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 130,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 43,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 32,3 %

Detailed result for SP7 SP11

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 48,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 13,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 11,9 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 39,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 11,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 9,6 %

Detailed result for SP7 SP14

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 187,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 67,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 46,3 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 188,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 86,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 46,5 %

Detailed result for SP7 SP12

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 354,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 108,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 87,7 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 321,1 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 90,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 79,3 %

Detailed result for SP1 SP10

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 35,8 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 19,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 8,9 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 58,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 27,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 14,5 %

Detailed result for SP1 SP13

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 90,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 29,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 22,5 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 41,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 15,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 10,3 %

Detailed result for SP1 SP9

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 94,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 31,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 23,3 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 55,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 14,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 13,7 %

Detailed result for SP8 SP9

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 218,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 61,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 54,1 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 242,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 75,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 60,0 %

Detailed result for SP8 SP13

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 122,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 55,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 30,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 125,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 49,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 30,9 %

Detailed result for SP8 SP10

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 41,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 12,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 10,3 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 44,8 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 14,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 11,1 %

Detailed result for SP15 Member 4-bfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 396,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 116,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,0 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 396,8 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 142,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,1 %

Detailed result for SP15 Member 4-tfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 269,1 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 122,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 66,5 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 195,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 78,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 48,2 %

Detailed result for SP15 Member 4-w 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 118,8 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 9,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 29,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 132,1 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 6,7 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 32,6 %

Detailed result for SP15 SP5

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 353,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 156,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 87,4 %

Detailed result for SP15 SP2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 186,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 75,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 46,1 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 214,4 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 75,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 53,0 %

Detailed result for SP15 SP4

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 287,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 105,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 71,0 %

Detailed result for SP1 SP8

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 77,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 31,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 19,1 %

Detailed result for SP1 SP3

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 123,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 60,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 30,6 %

Detailed result for SP1 SP6

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 124,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 62,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 30,8 %

Detailed result for SP1 SP7

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 92,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 37,7 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 22,7 %

Detailed result for SP1 M1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 103,1 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 57,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 25,5 %

Detailed result for SP1 M2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 156,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 67,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 38,5 %

Detailed result for SP1 M3

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 178,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 76,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 44,1 %

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A_{eff} [mm^2]	σ [MPa]	k_j [-]	F_{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LC18	41	3816	15,5	3,00	33,5	46,2	OK

Symbol explanation

c	Bearing width
A_{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k_j	Concentration factor
F_{jd}	The ultimate bearing strength of the concrete block
Ut	Utilization

Detailed result for CB 1

Concrete block compressive resistance check (EN 1993-1-8 6.2.5)

$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} =$ 15,5 MPa

$F_{jd} = \alpha_{cc}\beta_j k_j f_{ck}/\gamma_c =$ 33,5 MPa

where:

$N =$ 59,1 kN – Design normal force

$A_{eff} =$ 3816 mm^2 – Effective area, on which the column force N is distributed

$\alpha_{cc} =$ 1,00 – Long-term effects on Fcd

$\beta_j =$ 0,67 – Joint coefficient βj

$k_j =$ 3,00 – Concentration factor

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} =$ 46,2 %

Shear in contact plane

Name	Loads	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Ut [%]	Status
SP15	LC15	-12,6	119,1	419,2	174,1	336,5	68,4	OK

Symbol explanation

V_y	Shear force in base plate Vy
V_z	Shear force in base plate Vz
$V_{Rd,y}$	Shear resistance
$V_{Rd,z}$	Shear resistance
$V_{c,Rd}$	Concrete bearing resistance
Ut	Utilization

Detailed result for SP15

Shear lug steel resistance (EN 1993-1-1 - 6.2.6)

$V_{Rd,y} = A_{vy} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 419,2 kN

$V_{Rd,z} = A_{vz} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 174,1 kN

where:

$A_{vy} =$ 2640 mm^2 – Shear area Ay of shear lug cross-section

$A_{vz} =$ 1097 mm^2 – Shear area Az of shear lug cross-section

$f_y =$ 275,0 MPa – Yield strength

$\gamma_{M0} =$ 1,00 – Safety factor

Concrete bearing resistance (EN 1992-1-1 - Cl. 6.5.4)

$V_{c,Rd} = A\sigma_{Rd,max} =$ 336,5 kN

Where:

$A = lb =$ 22434 mm^2 – Projected area of the shear lug excluding the portion above concrete

$l =$ 170 mm – Length of the shear lug excluding the portion above concrete

$b =$ 132 mm – Projected width of the shear lug in the direction of shear load

$\sigma_{Rd,max} = k_1 v' f_{ck} / \gamma_c =$ 15,0 MPa – Maximum stress which can be applied at the edges of the node

$k_1 =$ 1,00 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.60)

$v' = 1 - f_{ck}/250 =$ 0,90 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.57N)

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic resistance of concrete in compression

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

Utilization in shear

$U_t = \max(\frac{V_y}{V_{Rd,y}}, \frac{V_z}{V_{Rd,z}}, \frac{V}{V_{cRd}}) =$ 68,4 %

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

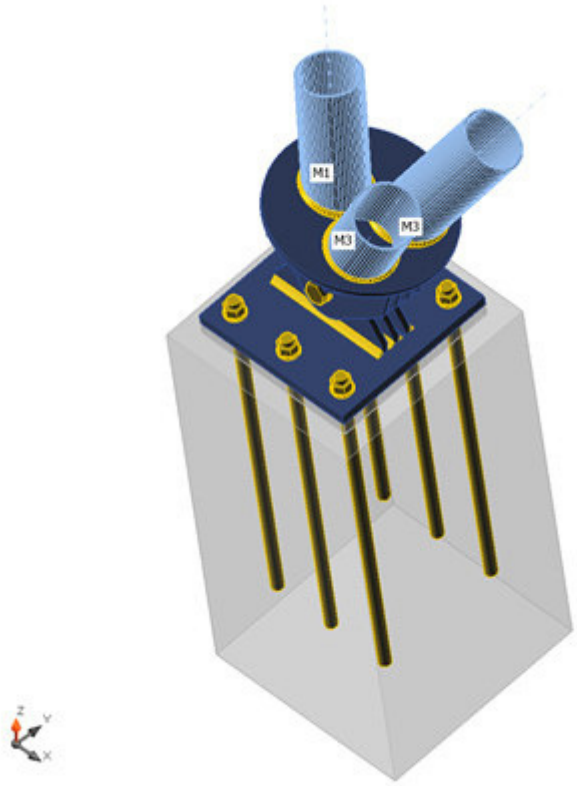
Project item TRELICA_S2

Design

Name	TRELICA_S2
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	180,0	-86,0	0,0	0	0	0	Node
M2	1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	29,0	-56,0	0,0	0	0	0	Node
M3	1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	-29,0	-56,0	0,0	0	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 139,7X4(CHS137,7,4)	S 275
5 - HEB120	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M30 8.8	M30 8.8	30	800,0	707
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LC1	M1	74,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	-82,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	-87,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC11	M1	-46,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	102,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	60,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC15	M1	93,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	-113,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	-168,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC18	M1	-47,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	94,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	76,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC20	M1	91,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	-132,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	-142,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	1000	mm
Anchor	M27 8.8	
Anchoring length	800	mm
Shear force transfer	Shear lug	
Cross-section of shear lug	HEB120	
Length of shear lug	200	mm
Mortar joint	30	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,0 < 5%	OK
Bolts	20,4 < 100%	OK
Anchors	26,2 < 100%	OK
Welds	98,2 < 100%	OK
Concrete block	45,5 < 100%	OK
Shear	81,9 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

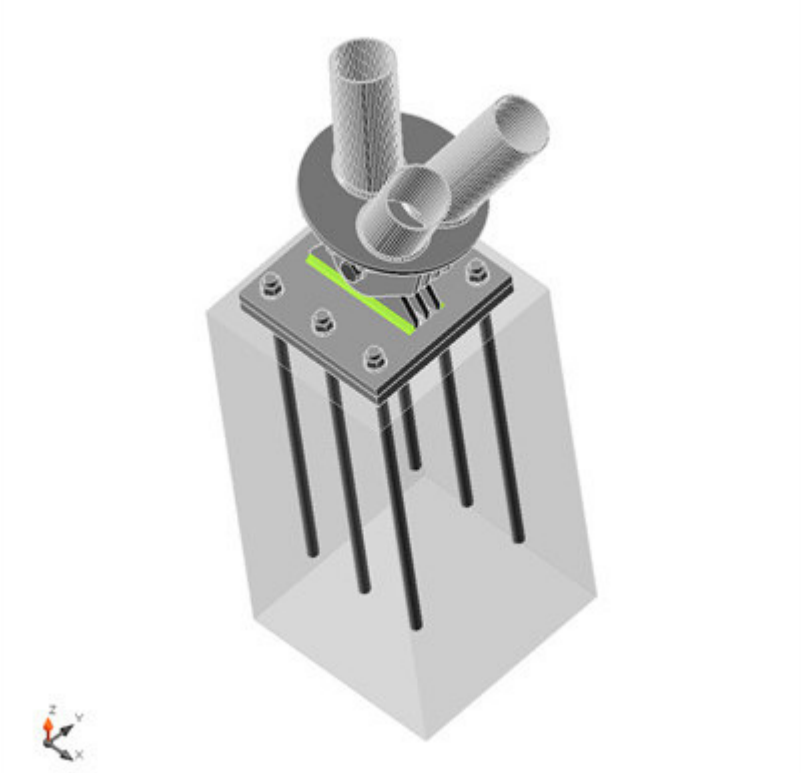
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	4,0	LC15	104,8	0,0	OK
M2	4,0	LC20	164,0	0,0	OK
M3	4,0	LC15	187,9	0,0	OK
Member 4-bfl 1	11,0	LC18	254,8	0,0	OK
Member 4-tfl 1	11,0	LC20	275,1	0,0	OK
Member 4-w 1	6,5	LC15	275,1	0,0	OK
SP1	15,0	LC15	94,1	0,0	OK
SP2	15,0	LC15	157,1	0,0	OK
SP3	15,0	LC15	118,6	0,0	OK
SP4	15,0	LC15	127,6	0,0	OK
SP5	15,0	LC15	133,4	0,0	OK
SP6	15,0	LC15	119,4	0,0	OK
SP7	15,0	LC15	118,4	0,0	OK
SP8	15,0	LC11	95,6	0,0	OK
SP9	10,0	LC20	119,4	0,0	OK
SP10	10,0	LC15	40,7	0,0	OK
SP11	10,0	LC11	36,3	0,0	OK
SP12	10,0	LC15	177,8	0,0	OK
SP13	10,0	LC11	132,5	0,0	OK
SP14	10,0	LC15	140,2	0,0	OK
SP15	25,0	LC18	231,2	0,0	OK

Design data

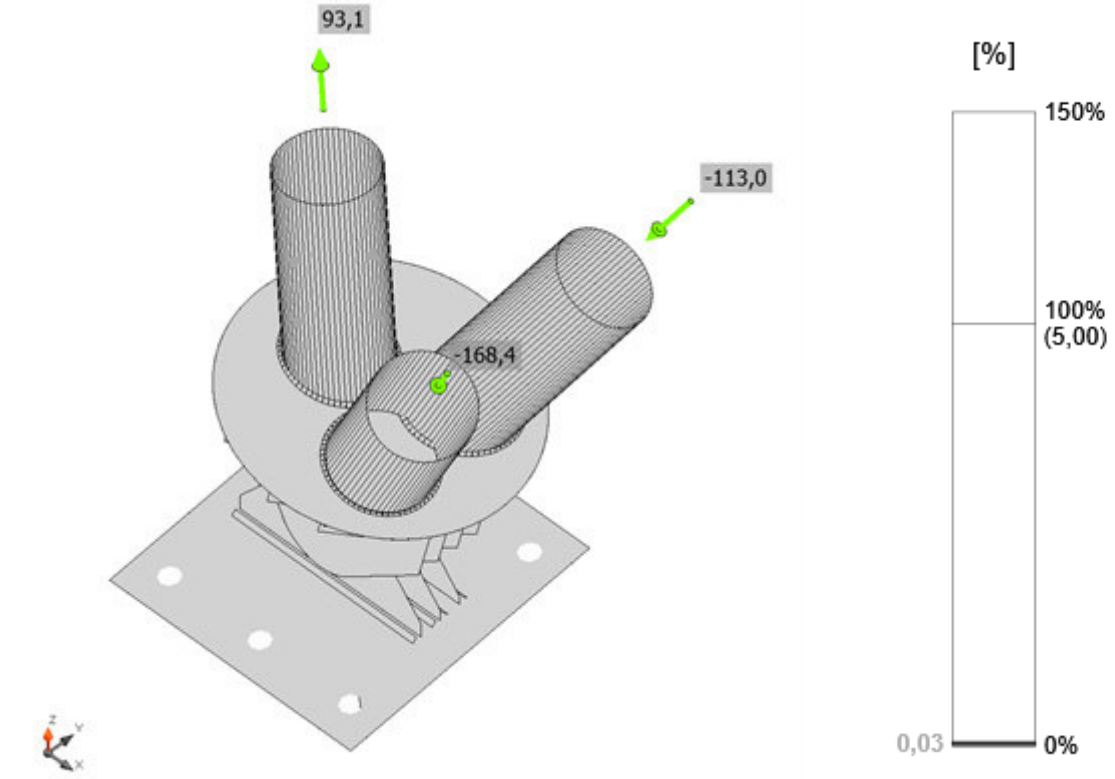
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

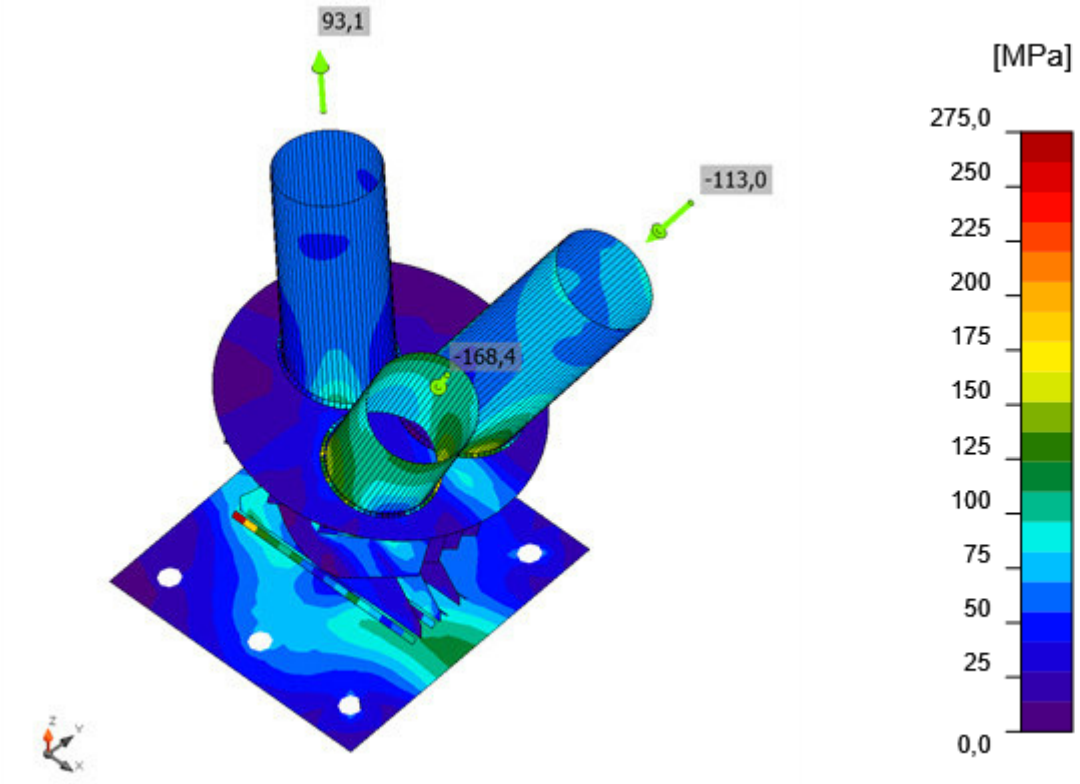
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LC15

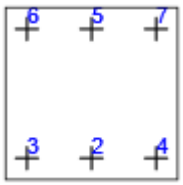


Strain check, LC15



Equivalent stress, LC15

Anchors

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
	A2	LC11	36,5	0,2	0,0	16,2	580,5	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A3	LC18	58,9	0,2	0,0	26,2	379,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A4	LC15	31,4	0,2	0,0	14,0	378,7	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A5	LC18	27,2	0,3	0,0	12,1	580,5	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A6	LC18	52,9	0,3	0,0	23,5	341,5	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A7	LC20	28,2	0,3	0,0	12,5	328,6	0,0	0,0	0,0	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M27 8.8 - 2	224,7	697,1	176,3	0,0	557

Detailed result for A2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 16{,}2 \quad \%$$

Detailed result for A3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 26{,}2 \quad \%$$

Detailed result for A4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 14{,}0 \quad \%$$

Detailed result for A5

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 12{,}1 \quad \%$$

Detailed result for A6

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 25 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 23{,}5 \quad \%$$

Detailed result for A7

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 224,7 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 892,3 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 697{,}1 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 43$ mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p = 25$ mm – Thickness

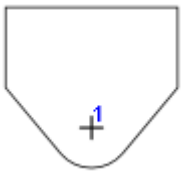
$f_u = 430{,}0$ MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} = 1{,}25$ – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}, N_{Rd,c})} = \quad 12{,}5 \quad \%$$

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B1	LC15	2,8	44,0	0,9	387,0	20,4	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M30 8.8 - 1	323,1	471,7	215,4

Detailed result for B1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 323,1 kN ≥ $F_t =$ 2,8 kN

where:

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 561 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 471,7 kN ≥ $F_t =$ 2,8 kN

where:

$d_m =$ 49 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 15 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} =$ 215,4 kN ≥ $V =$ 44,0 kN

where:

$\beta_p =$ 1,00 – Reducing factor

$\alpha_v =$ 0,60 – Reducing factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A =$ 561 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 387,0 kN ≥ $V =$ 70,5 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 1,00 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 30 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 15 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} = \quad 0{,}0 \quad \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd})} = \quad 0{,}9 \quad \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd})} = \quad 20{,}4 \quad \%$$

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete cone breakout resistance not applied
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	SP11	◢5,0◣	101	LC11	55,8	0,0	-24,9	-9,7	-27,2	13,8	4,2	OK
		◢5,0◣	101	LC11	35,6	0,0	-19,4	2,1	17,1	8,8	3,3	OK
SP1	SP14	◢5,0◣	100	LC15	79,0	0,0	-29,2	23,2	-35,5	19,5	10,2	OK
		◢5,0◣	100	LC15	143,7	0,0	-46,6	57,6	53,2	35,5	20,4	OK
SP1	SP12	◢5,0◣	100	LC15	82,4	0,0	-0,6	-47,6	-0,4	20,4	13,6	OK
		◢5,0◣	100	LC15	133,1	0,0	-50,3	51,5	49,1	32,9	21,5	OK
SP7	SP11	◢5,0◣	101	LC15	24,4	0,0	-7,9	11,4	-6,8	6,0	2,3	OK
		◢5,0◣	101	LC11	29,9	0,0	-0,1	-17,2	-0,6	7,4	4,3	OK
SP7	SP14	◢5,0◣	131	LC15	177,6	0,0	-67,2	49,6	-80,9	43,9	15,7	OK
		◢5,0◣	131	LC15	176,7	0,0	-81,7	-59,8	67,9	43,7	15,2	OK
SP7	SP12	◢5,0◣	101	LC15	334,7	0,0	-100,6	156,2	-97,8	82,7	23,7	OK
		◢5,0◣	101	LC15	313,0	0,0	-90,3	-146,0	92,9	77,3	16,9	OK
SP1	SP10	◢5,0◣	101	LC15	40,6	0,0	21,2	3,4	19,7	10,0	3,3	OK
		◢5,0◣	101	LC15	61,8	0,0	28,3	-10,9	-29,8	15,3	4,6	OK
SP1	SP13	◢5,0◣	100	LC11	93,5	0,0	28,6	38,4	34,2	23,1	14,5	OK
		◢5,0◣	100	LC11	52,4	0,0	17,8	16,6	-23,1	12,9	6,4	OK
SP1	SP9	◢5,0◣	100	LC20	94,9	0,0	-33,8	-38,9	-33,2	23,4	14,5	OK
		◢5,0◣	100	LC20	58,5	0,0	-22,6	20,9	23,1	14,5	9,2	OK
SP8	SP9	◢5,0◣	101	LC20	203,1	0,0	-57,8	94,8	-60,5	50,2	10,5	OK
		◢5,0◣	101	LC20	219,6	0,0	-66,2	-102,9	63,4	54,3	15,9	OK
SP8	SP13	◢5,0◣	131	LC11	163,7	0,0	67,2	-56,4	65,2	40,4	10,9	OK
		◢5,0◣	131	LC11	174,9	0,0	68,8	60,1	-70,8	43,2	12,8	OK
SP8	SP10	◢5,0◣	101	LC15	45,9	0,0	13,8	-21,5	13,3	11,4	4,7	OK
		◢5,0◣	101	LC11	52,3	0,0	14,1	26,6	-11,8	12,9	2,9	OK
SP15	Member 4-bfl 1	◢5,0◣	120	LC11	397,2	0,4	-131,4	167,2	-137,3	98,1	43,4	OK
		◢5,0◣	120	LC11	397,6	0,6	-153,9	-149,1	150,2	98,2	52,3	OK
SP15	Member 4-tfl 1	◢5,0◣	120	LC15	396,7	0,1	-167,8	146,1	-147,4	98,0	61,8	OK
		◢5,0◣	120	LC15	320,0	0,0	-92,3	-130,7	119,2	79,1	26,8	OK
SP15	Member 4-w 1	◢5,0◣	109	LC20	141,5	0,0	14,8	-79,8	15,5	35,0	31,0	OK
		◢5,0◣	109	LC15	160,9	0,0	12,5	92,0	-11,0	39,8	35,8	OK
SP15	SP5	◢8,0	300	LC15	370,5	0,0	-164,3	-125,9	-144,6	91,6	27,3	OK
SP15	SP2	◢8,0◣	300	LC20	203,0	0,0	-82,5	-81,6	-69,4	50,2	12,3	OK
		◢8,0◣	300	LC15	237,7	0,0	-86,2	78,9	100,7	58,7	16,3	OK
SP15	SP4	◢8,0	300	LC15	307,6	0,0	-115,0	103,0	128,6	76,0	20,6	OK
SP1	SP8	◢7,0	300	LC15	60,7	0,0	-28,4	14,4	27,4	15,0	7,0	OK
SP1	SP3	◢7,0	300	LC20	114,7	0,0	-58,3	15,8	54,8	28,3	13,6	OK
SP1	SP6	◢7,0	300	LC15	124,0	0,0	-63,4	-17,1	-59,1	30,6	14,5	OK
SP1	SP7	◢7,0	300	LC15	81,7	0,0	30,2	-26,0	35,3	20,2	11,1	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	M1	◢6,0	431	LC15	93,2	0,0	53,3	-14,4	-41,7	23,0	13,0	OK
SP1	M2	◢6,0	438	LC20	155,5	0,0	-61,9	-43,6	69,9	38,4	18,1	OK
SP1	M3	◢6,0	438	LC15	174,8	0,0	-70,5	49,1	78,2	43,2	23,1	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Detailed result for SP1 SP11

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} =$ 55,8 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_{\perp}| =$ 24,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 13,8 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 35,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 19,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 8,8 %

Detailed result for SP1 SP14

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 79,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 29,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 19,5 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 143,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 46,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 35,5 %

Detailed result for SP1 SP12

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 82,4 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 0,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 20,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 133,1 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 50,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 32,9 %

Detailed result for SP7 SP11

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 24,4 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 7,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 6,0 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 29,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 0,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 7,4 %

Detailed result for SP7 SP14

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 177,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 67,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 43,9 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 176,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 81,7 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 43,7 %

Detailed result for SP7 SP12

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 334,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 100,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 82,7 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 313,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 90,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 77,3 %

Detailed result for SP1 SP10

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 40,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 21,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 10,0 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 61,8 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 28,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 15,3 %

Detailed result for SP1 SP13

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 93,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 28,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 23,1 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 52,4 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 17,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 12,9 %

Detailed result for SP1 SP9

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 94,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 33,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 23,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 58,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 22,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 14,5 %

Detailed result for SP8 SP9

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 203,1 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 57,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 50,2 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 219,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 66,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 54,3 %

Detailed result for SP8 SP13

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 163,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 67,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 40,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 174,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 68,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 43,2 %

Detailed result for SP8 SP10

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 45,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 13,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 11,4 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 52,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 14,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 12,9 %

Detailed result for SP15 Member 4-bfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 397,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 131,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,1 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 397,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 153,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,2 %

Detailed result for SP15 Member 4-tfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 396,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 167,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,0 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 320,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 92,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 79,1 %

Detailed result for SP15 Member 4-w 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 141,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 14,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 35,0 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 160,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 12,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 39,8 %

Detailed result for SP15 SP5

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 370,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 164,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 91,6 %

Detailed result for SP15 SP2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 203,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 82,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 50,2 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 237,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 86,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 58,7 %

Detailed result for SP15 SP4

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 307,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 115,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 76,0 %

Detailed result for SP1 SP8

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 60,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 28,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 15,0 %

Detailed result for SP1 SP3

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 114,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 58,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 28,3 %

Detailed result for SP1 SP6

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 124,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 63,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 30,6 %

Detailed result for SP1 SP7

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 81,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 30,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 20,2 %

Detailed result for SP1 M1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 93,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 53,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 23,0 %

Detailed result for SP1 M2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 155,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 61,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 38,4 %

Detailed result for SP1 M3

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 174,8 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 70,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 43,2 %

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A_{eff} [mm^2]	σ [MPa]	k_j [-]	F_{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LC18	47	7343	11,7	2,30	25,7	45,5	OK

Symbol explanation

c	Bearing width
A_{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k_j	Concentration factor
F_{jd}	The ultimate bearing strength of the concrete block
Ut	Utilization

Detailed result for CB 1

Concrete block compressive resistance check (EN 1993-1-8 6.2.5)

$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} =$ 11,7 MPa

$F_{jd} = \alpha_{cc}\beta_j k_j f_{ck}/\gamma_c =$ 25,7 MPa

where:

$N =$ 85,9 kN	– Design normal force
$A_{eff} =$ 7343 mm^2	– Effective area, on which the column force N is distributed
$\alpha_{cc} =$ 1,00	– Long-term effects on Fcd
$\beta_j =$ 0,67	– Joint coefficient βj
$k_j =$ 2,30	– Concentration factor
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor

Stress utilization

$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} =$ 45,5 %

Shear in contact plane

Name	Loads	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Ut [%]	Status
SP15	LC15	-4,7	142,6	419,2	174,1	315,8	81,9	OK

Symbol explanation

V_y	Shear force in base plate Vy
V_z	Shear force in base plate Vz
$V_{Rd,y}$	Shear resistance
$V_{Rd,z}$	Shear resistance
$V_{c,Rd}$	Concrete bearing resistance
Ut	Utilization

Detailed result for SP15

Shear lug steel resistance (EN 1993-1-1 - 6.2.6)

$V_{Rd,y} = A_{vy} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 419,2 kN

$V_{Rd,z} = A_{vz} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 174,1 kN

where:

$A_{vy} =$ 2640 mm^2 – Shear area Ay of shear lug cross-section

$A_{vz} =$ 1097 mm^2 – Shear area Az of shear lug cross-section

$f_y =$ 275,0 MPa – Yield strength

$\gamma_{M0} =$ 1,00 – Safety factor

Concrete bearing resistance (EN 1992-1-1 - Cl. 6.5.4)

$V_{c,Rd} = A\sigma_{Rd,max} =$ 315,8 kN

Where:

$A = lb =$ 21056 mm^2 – Projected area of the shear lug excluding the portion above concrete

$l =$ 170 mm – Length of the shear lug excluding the portion above concrete

$b =$ 124 mm – Projected width of the shear lug in the direction of shear load

$\sigma_{Rd,max} = k_1 v' f_{ck} / \gamma_c =$ 15,0 MPa – Maximum stress which can be applied at the edges of the node

$k_1 =$ 1,00 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.60)

$v' = 1 - f_{ck}/250 =$ 0,90 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.57N)

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic resistance of concrete in compression

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

Utilization in shear

$U_t = \max(\frac{V_y}{V_{Rd,y}}, \frac{V_z}{V_{Rd,z}}, \frac{V}{V_{cRd}}) =$ 81,9 %

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Joint coefficient βj	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0,10	-	

Item	Value	Unit	Reference
Friction coefficient - concrete	0,25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0,05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance	No		ETAG 001-C
Use calculated αb in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		
Local deformation check	No		
Local deformation limit	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	No		Large deformations for hollow sections

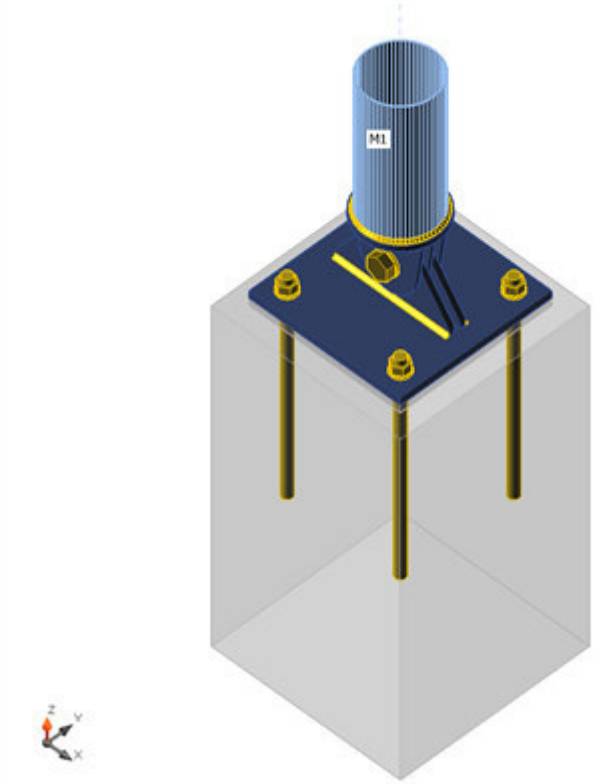
Project item PILAR_S03

Design

Name	PILAR_S03
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	-90,0	0,0	228	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573
M36 8.8	M36 8.8	36	800,0	1017

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	-164,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	900	mm
Anchor	M27 8.8	
Anchoring length	500	mm
Shear force transfer	Friction	
Mortar joint	20	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,0 < 5%	OK
Bolts	23,6 < 100%	OK
Anchors	1,1 < 100%	OK
Welds	68,8 < 100%	OK
Concrete block	19,4 < 100%	OK
Shear	0,0 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

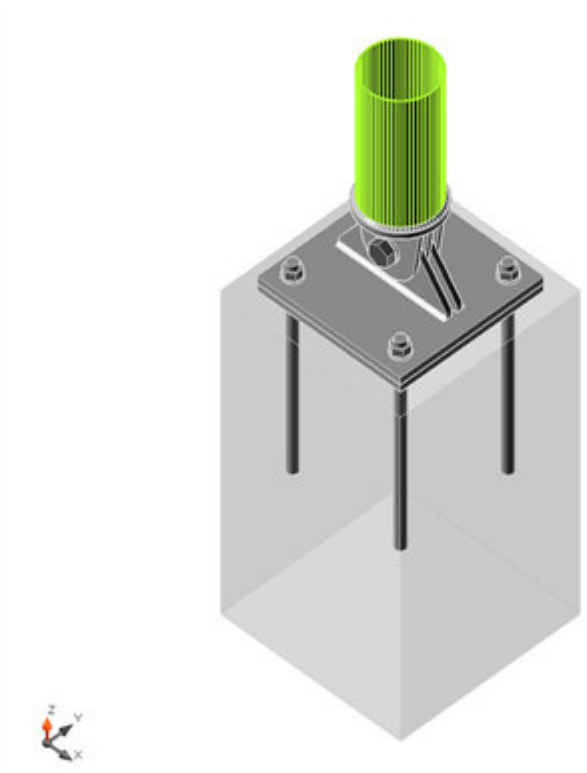
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	3,0	LE1	275,0	0,0	OK
SP1	20,0	LE1	51,9	0,0	OK
SP2	15,0	LE1	113,2	0,0	OK
SP3	12,0	LE1	127,6	0,0	OK
SP4	15,0	LE1	113,2	0,0	OK
SP5	12,0	LE1	94,0	0,0	OK
SP6	12,0	LE1	94,0	0,0	OK
SP7	15,0	LE1	119,2	0,0	OK

Design data

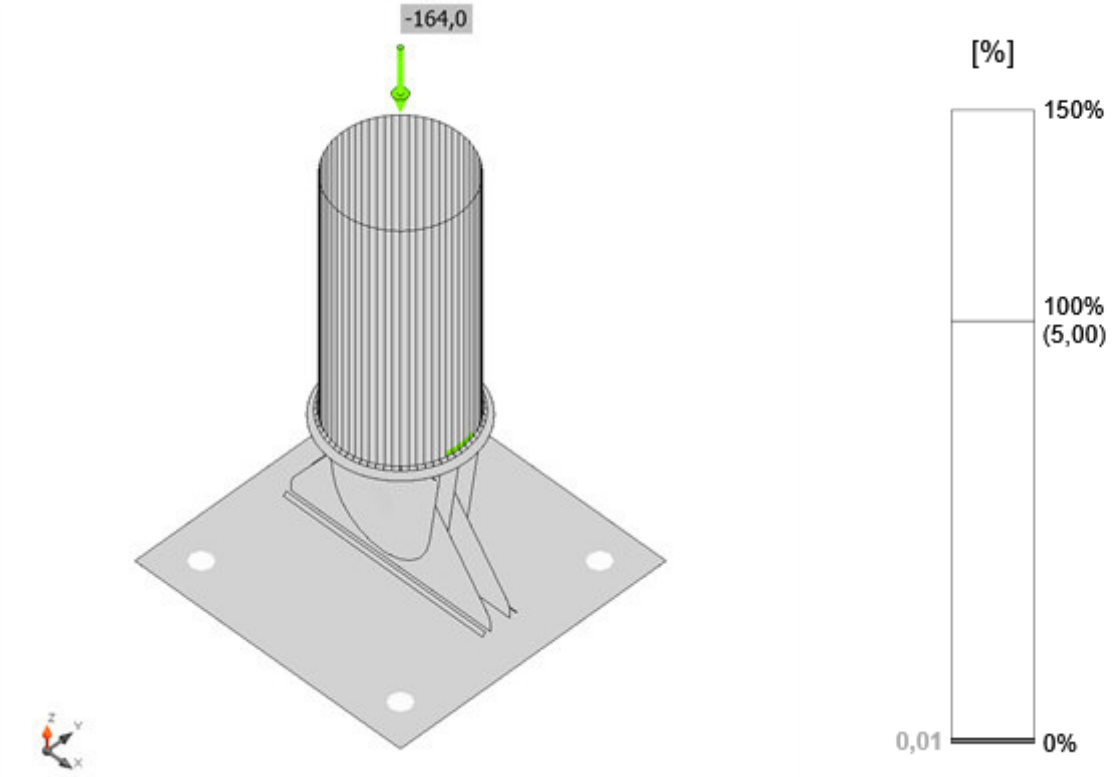
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

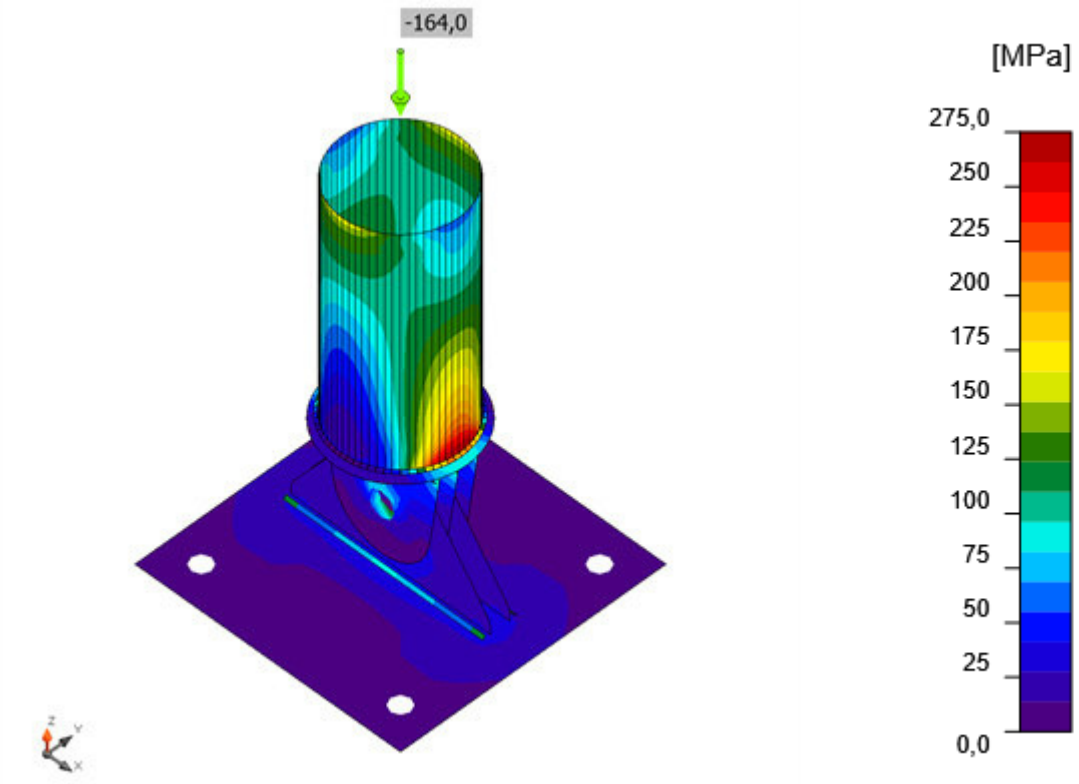
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LE1

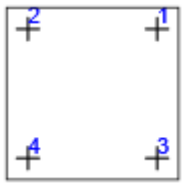


Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

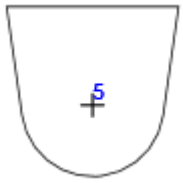
Anchors

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdc} [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
	A1	LE1	2,5	0,0	0,0	0,0	1,1	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A2	LE1	2,5	0,0	0,0	0,0	1,1	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A3	LE1	2,5	0,0	0,0	0,0	1,1	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A4	LE1	2,5	0,0	0,0	0,0	1,1	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M27 8.8 - 2	224,7	557,6	176,3	0,0	557

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B5	LE1	5,2	44,9	1,2	314,2	23,6	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M36 8.8 - 1	470,6	451,3	313,7

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete breakout resistance
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	SP2	◢6,0	300	LE1	114,3	0,0	-41,0	44,6	42,5	28,2	19,0	OK
SP1	SP4	◢6,0	300	LE1	114,2	0,0	-41,0	-44,5	-42,5	28,2	19,0	OK
SP7	SP5	◢5,0	177	LE1	278,0	0,0	-118,7	-67,6	128,5	68,7	23,3	OK
SP7	SP3	◢5,0◣	177	LE1	219,3	0,0	-91,8	69,0	-92,0	54,2	17,4	OK
		◢5,0◣	177	LE1	219,4	0,0	-92,0	-69,1	91,9	54,2	17,4	OK
SP7	SP6	◢5,0	177	LE1	278,4	0,0	-118,7	67,9	-128,6	68,8	23,3	OK
SP7	M1	◢5,0	549	LE1	213,6	0,0	-104,6	-11,3	106,9	52,8	21,6	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A_{eff} [mm^2]	σ [MPa]	k_j [-]	F_{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE1	47	55008	3,2	1,47	16,4	19,4	OK

Symbol explanation

c	Bearing width
A_{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k_j	Concentration factor
F_{jd}	The ultimate bearing strength of the concrete block
Ut	Utilization

Shear in contact plane

Name	Loads	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Ut [%]	Status
SP1	LE1	0,0	0,0	43,8	43,8	0,0	0,0	OK

Symbol explanation

V_y	Shear force in base plate Vy
V_z	Shear force in base plate Vz
$V_{Rd,y}$	Shear resistance
$V_{Rd,z}$	Shear resistance
$V_{c,Rd}$	Concrete bearing resistance
Ut	Utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

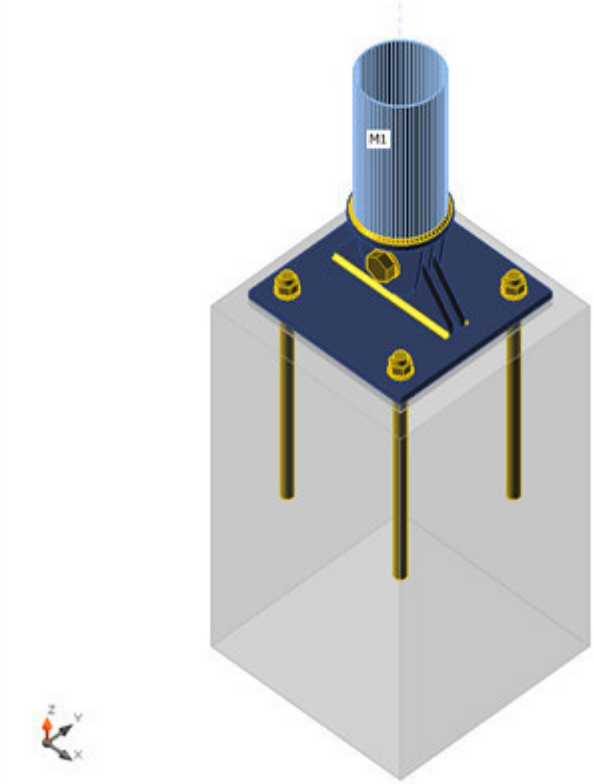
Project item PILAR_S04

Design

Name	PILAR_S04
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	-90,0	0,0	228	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573
M36 8.8	M36 8.8	36	800,0	1017

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	-200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	900	mm
Anchor	M27 8.8	
Anchoring length	500	mm
Shear force transfer	Friction	
Mortar joint	20	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,2 < 5%	OK
Bolts	28,8 < 100%	OK
Anchors	1,4 < 100%	OK
Welds	85,3 < 100%	OK
Concrete block	23,7 < 100%	OK
Shear	0,0 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

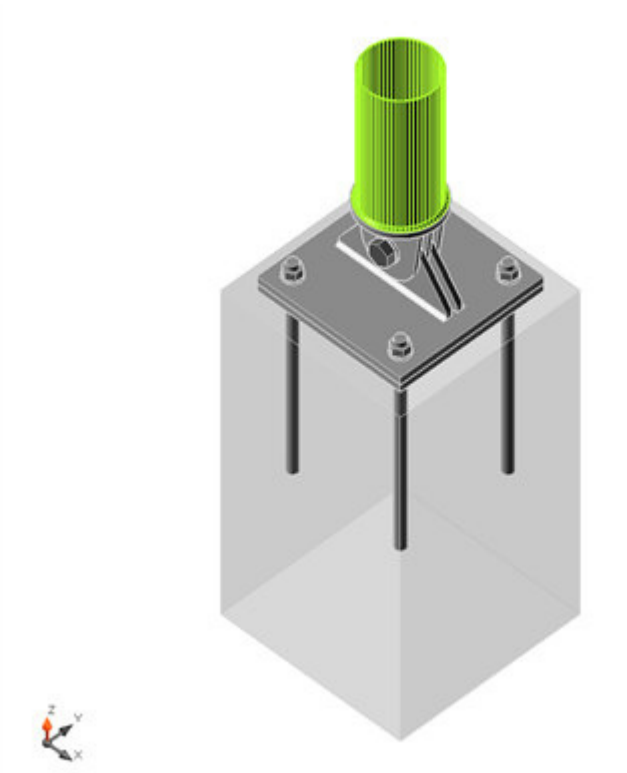
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	3,0	LE1	275,3	0,2	OK
SP1	20,0	LE1	63,3	0,0	OK
SP2	15,0	LE1	138,1	0,0	OK
SP3	12,0	LE1	155,4	0,0	OK
SP4	15,0	LE1	138,1	0,0	OK
SP5	12,0	LE1	116,1	0,0	OK
SP6	12,0	LE1	116,1	0,0	OK
SP7	15,0	LE1	148,5	0,0	OK

Design data

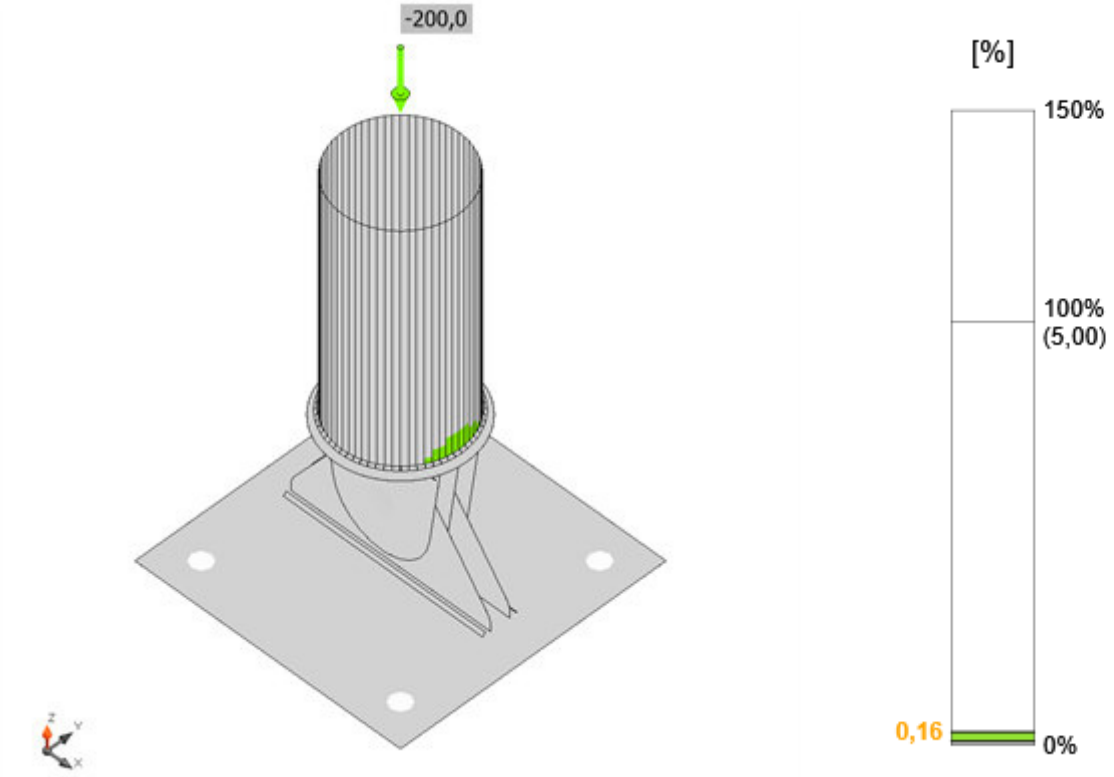
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

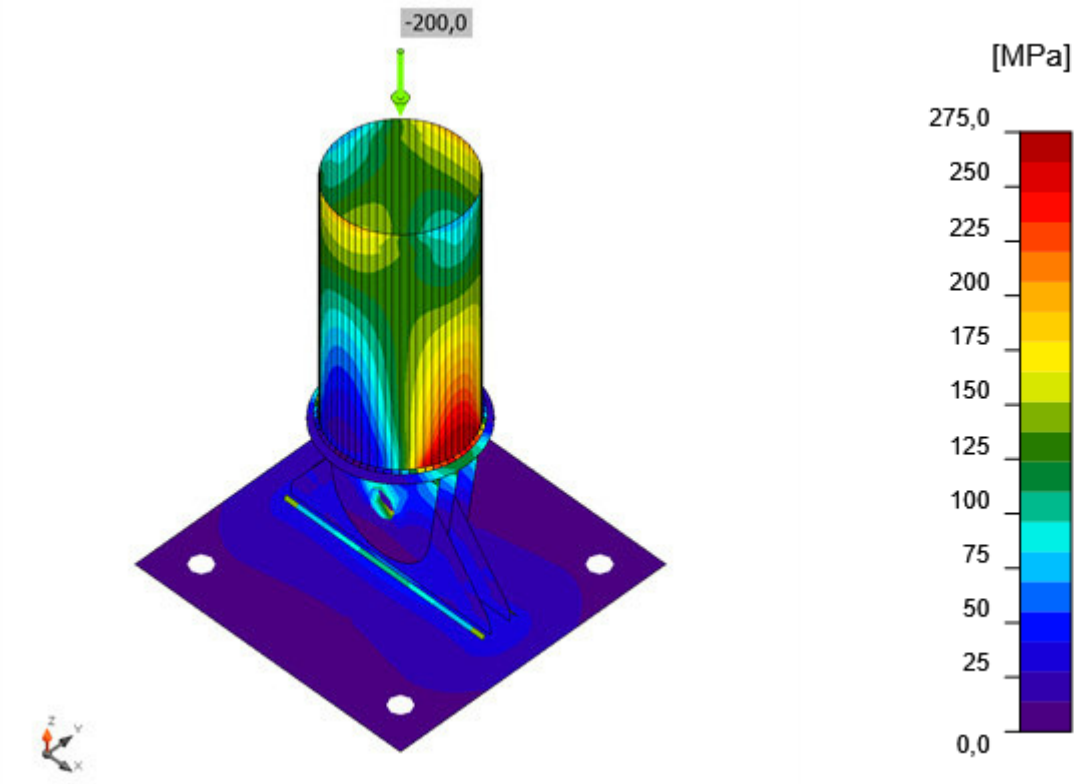
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LE1

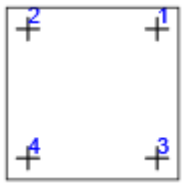


Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

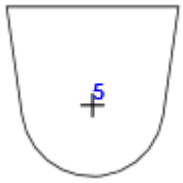
Anchors

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdc} [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
	A1	LE1	3,1	0,0	0,0	0,0	1,4	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A2	LE1	3,1	0,0	0,0	0,0	1,4	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A3	LE1	3,1	0,0	0,0	0,0	1,4	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
	A4	LE1	3,1	0,0	0,0	0,0	1,4	464,4	0,0	0,0	0,0	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M27 8.8 - 2	224,7	557,6	176,3	0,0	557

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B5	LE1	6,4	54,8	1,4	314,2	28,8	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M36 8.8 - 1	470,6	451,3	313,7

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete breakout resistance
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	SP2	◢6,0	300	LE1	139,4	0,0	-50,0	54,4	51,8	34,4	23,2	OK
SP1	SP4	◢6,0	300	LE1	139,3	0,0	-50,0	-54,3	-51,8	34,4	23,2	OK
SP7	SP5	◢5,0	177	LE1	344,7	0,0	-147,8	-83,1	159,4	85,2	29,0	OK
SP7	SP3	◢5,0◣	177	LE1	262,4	0,0	-110,0	82,3	-110,2	64,8	21,0	OK
		◢5,0◣	177	LE1	262,5	0,0	-110,2	-82,5	110,1	64,9	21,0	OK
SP7	SP6	◢5,0	177	LE1	345,3	0,0	-147,8	83,5	-159,7	85,3	29,0	OK
SP7	M1	◢5,0	549	LE1	251,7	0,0	-126,3	-6,8	125,5	62,2	26,1	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A_{eff} [mm^2]	σ [MPa]	k_j [-]	F_{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE1	47	55008	3,9	1,47	16,4	23,7	OK

Symbol explanation

c	Bearing width
A_{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k_j	Concentration factor
F_{jd}	The ultimate bearing strength of the concrete block
Ut	Utilization

Shear in contact plane

Name	Loads	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Ut [%]	Status
SP1	LE1	0,0	0,0	53,4	53,4	0,0	0,0	OK

Symbol explanation

V_y	Shear force in base plate Vy
V_z	Shear force in base plate Vz
$V_{Rd,y}$	Shear resistance
$V_{Rd,z}$	Shear resistance
$V_{c,Rd}$	Concrete bearing resistance
Ut	Utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

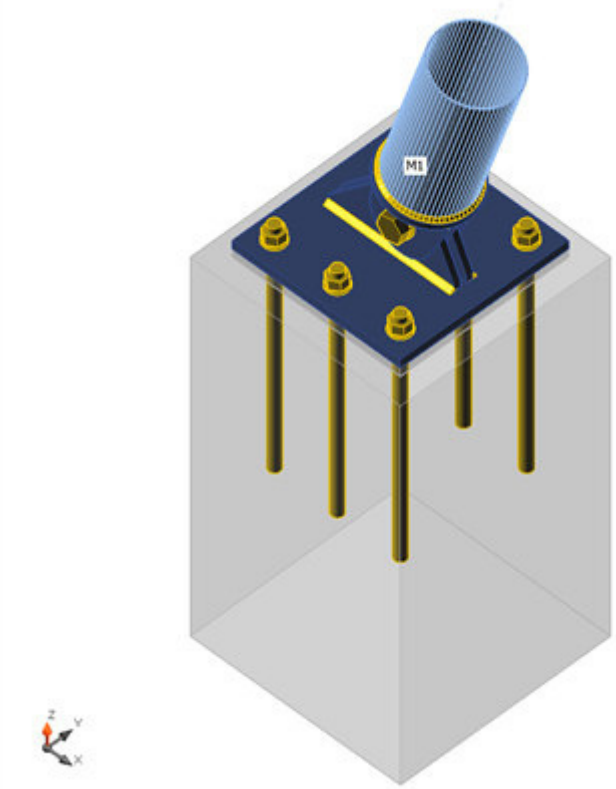
Project item PILAR S05

Design

Name	PILAR S05
Description	
Analysis	Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	-72,0	0,0	0	0	0	Bolts



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573
M36 8.8	M36 8.8	36	800,0	1017

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	-185,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	900	mm
Anchor	M27 8.8	
Anchoring length	500	mm
Shear force transfer	Anchors	
Mortar joint	20	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,0 < 5%	OK
Bolts	26,4 < 100%	OK
Anchors	87,7 < 100%	OK
Welds	57,4 < 100%	OK
Concrete block	21,1 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

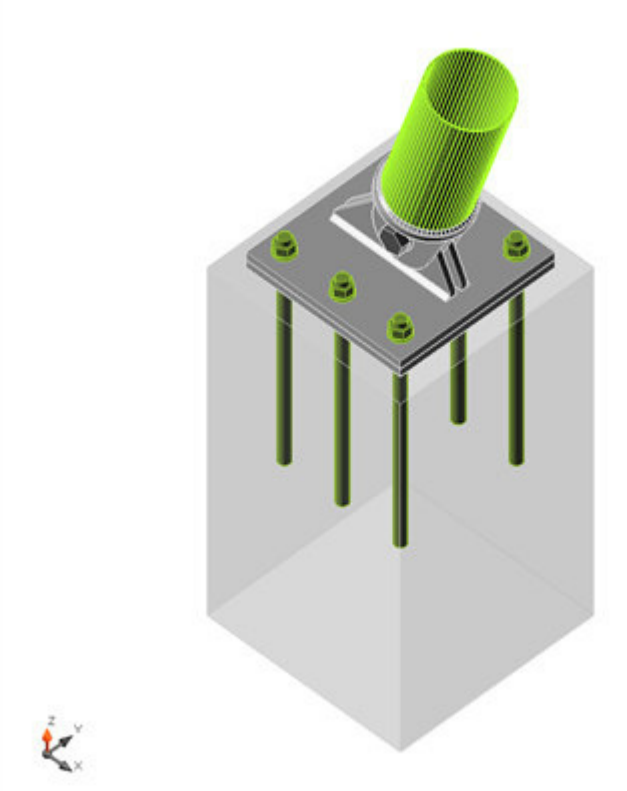
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	3,0	LE1	275,0	0,0	OK
SP1	20,0	LE1	53,6	0,0	OK
SP2	15,0	LE1	136,5	0,0	OK
SP3	15,0	LE1	106,4	0,0	OK
SP4	12,0	LE1	147,0	0,0	OK
SP5	12,0	LE1	156,6	0,0	OK
SP6	15,0	LE1	136,5	0,0	OK
SP7	12,0	LE1	156,8	0,0	OK

Design data

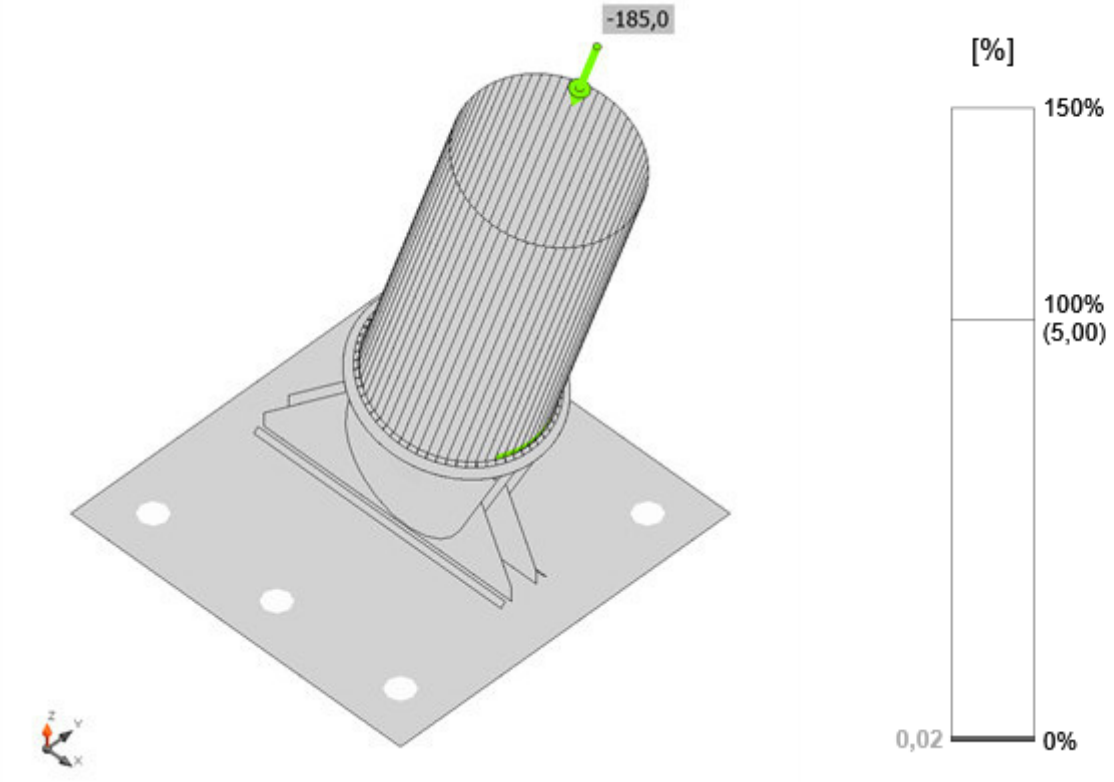
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

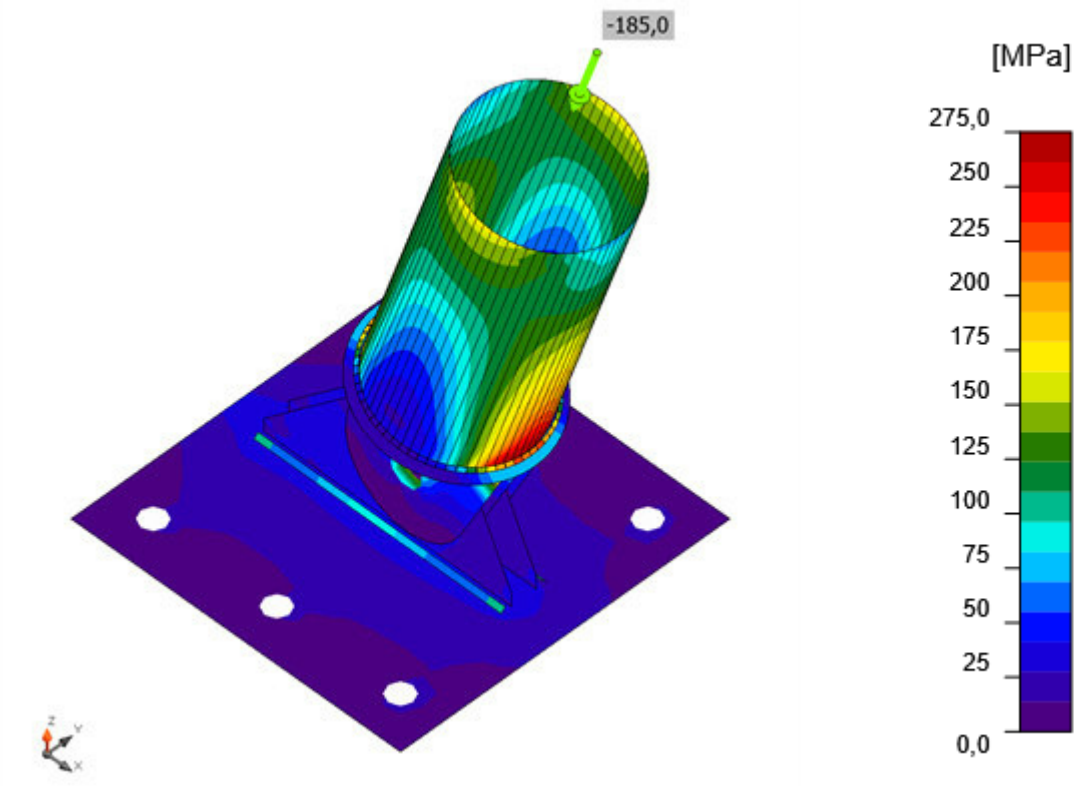
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LE1

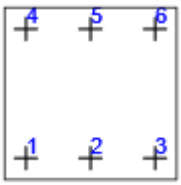


Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

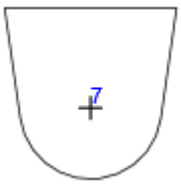
Anchors

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdc} [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
	A1	LE1	2,1	9,7	0,0	0,0	1,0	464,4	87,7	82,2	23,9	11,1	OK
	A2	LE1	2,5	9,6	0,0	0,0	1,1	464,4	86,7	80,9	23,9	11,1	OK
	A3	LE1	2,3	9,3	0,0	0,0	1,0	258,1	84,1	77,3	23,9	11,1	OK
	A4	LE1	2,1	9,7	0,0	0,0	1,0	464,4	87,7	82,2	23,9	11,1	OK
	A5	LE1	2,5	9,6	0,0	0,0	1,1	464,4	86,7	80,9	23,9	11,1	OK
	A6	LE1	2,3	9,3	0,0	0,0	1,0	258,1	84,1	77,3	23,9	11,1	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M27 8.8 - 2	224,7	557,6	146,9	50,2	557

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B7	LE1	4,3	50,3	1,0	319,5	26,4	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M36 8.8 - 1	470,6	451,3	313,7

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete breakout resistance
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	SP2	◢7,0	300	LE1	108,3	0,0	-35,9	45,9	-37,1	26,8	18,4	OK
SP3	SP5	◢5,0◣	178	LE1	202,1	0,0	-82,9	48,1	-95,0	49,9	22,8	OK
		◢5,0◣	178	LE1	140,9	0,0	-68,1	-43,7	56,2	34,8	16,0	OK
SP3	SP4	◢5,0◣	178	LE1	232,2	0,0	-94,9	77,3	-94,8	57,4	19,0	OK
		◢5,0◣	178	LE1	232,1	0,0	-94,7	-77,2	94,9	57,3	19,0	OK
SP3	SP7	◢5,0◣	178	LE1	140,0	0,0	-68,0	43,1	-55,9	34,6	16,0	OK
		◢5,0◣	178	LE1	201,3	0,0	-82,7	-47,4	94,7	49,7	22,7	OK
SP1	SP6	◢7,0	300	LE1	108,2	0,0	-35,9	-45,8	37,1	26,7	18,4	OK
SP3	M1	◢5,0	549	LE1	222,5	0,0	-110,3	9,5	111,2	55,0	24,2	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A_{eff} [mm^2]	σ [MPa]	k_j [-]	F_{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE1	47	55345	3,4	1,46	16,3	21,1	OK

Symbol explanation

c	Bearing width
A_{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k_j	Concentration factor
F_{jd}	The ultimate bearing strength of the concrete block
Ut	Utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Joint coefficient βj	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0,10	-	
Friction coefficient - concrete	0,25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0,05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3

Item	Value	Unit	Reference
Concrete breakout resistance	Yes		ETAG 001-C
Use calculated αb in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		
Local deformation check	No		
Local deformation limit	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	No		Large deformations for hollow sections

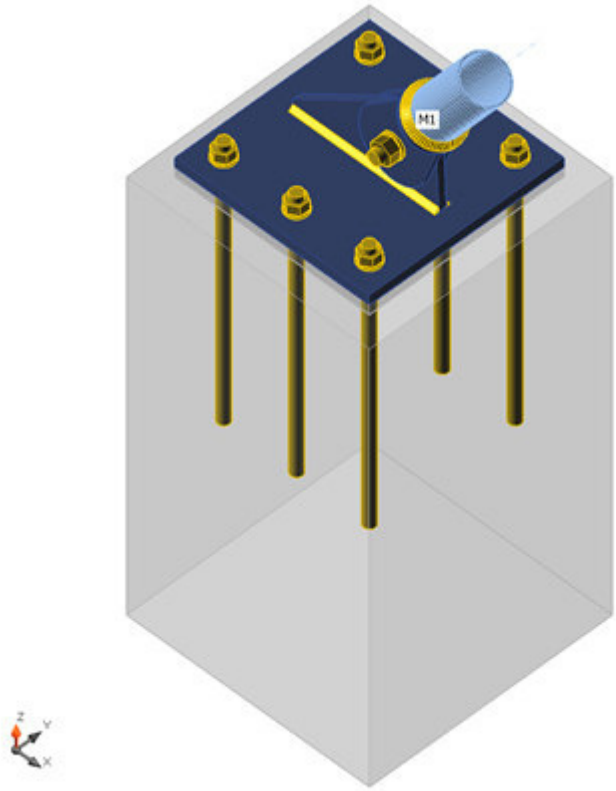
Project item TIRANTE S03

Design

Name	TIRANTE S03
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 88.9X4(CHS88.9,4)	0,0	-55,0	0,0	0	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 88.9X4(CHS88.9,4)	S 275
3 - IPE120	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M24 8.8	M24 8.8	24	800,0	452
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	900	mm
Anchor	M24 8.8	
Anchoring length	500	mm
Shear force transfer	Shear lug	
Cross-section of shear lug	IPE120	
Length of shear lug	150	mm
Mortar joint	20	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,1 < 5%	OK
Bolts	52,4 < 100%	OK
Anchors	31,6 < 100%	OK
Welds	73,4 < 100%	OK
Concrete block	Not calculated	
Shear	84,8 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

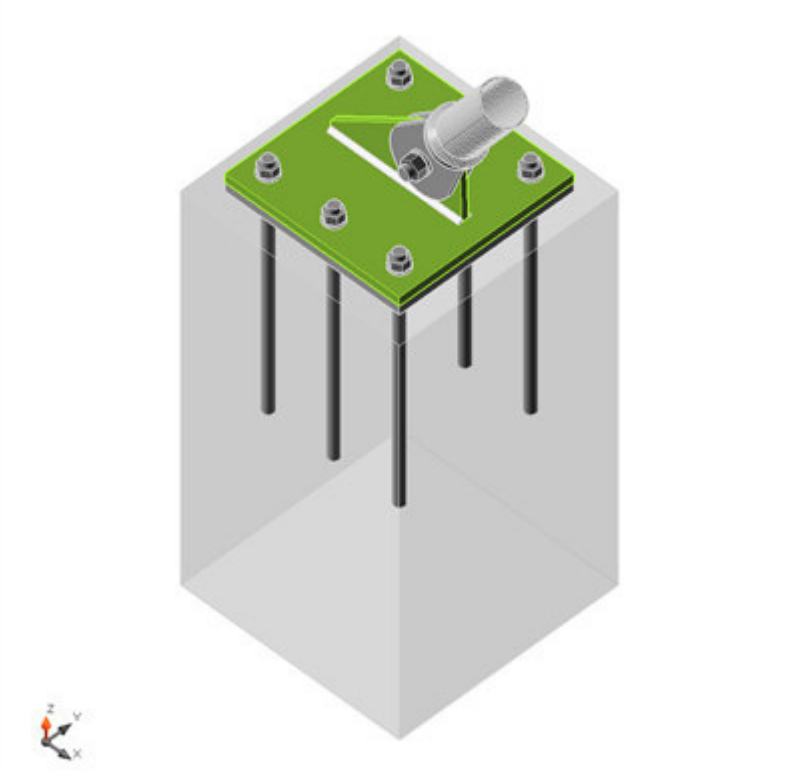
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	4,0	LE1	242,3	0,0	OK
Member 2-bfl 1	6,3	LE1	270,4	0,1	OK
Member 2-tfl 1	6,3	LE1	275,0	0,0	OK
Member 2-w 1	4,4	LE1	252,5	0,0	OK
SP1	20,0	LE1	275,0	0,0	OK
SP2	15,0	LE1	275,1	0,0	OK
CPL1a	15,0	LE1	138,0	0,0	OK
CPL1b	12,0	LE1	201,0	0,0	OK
CPL1c	12,0	LE1	201,0	0,0	OK

Design data

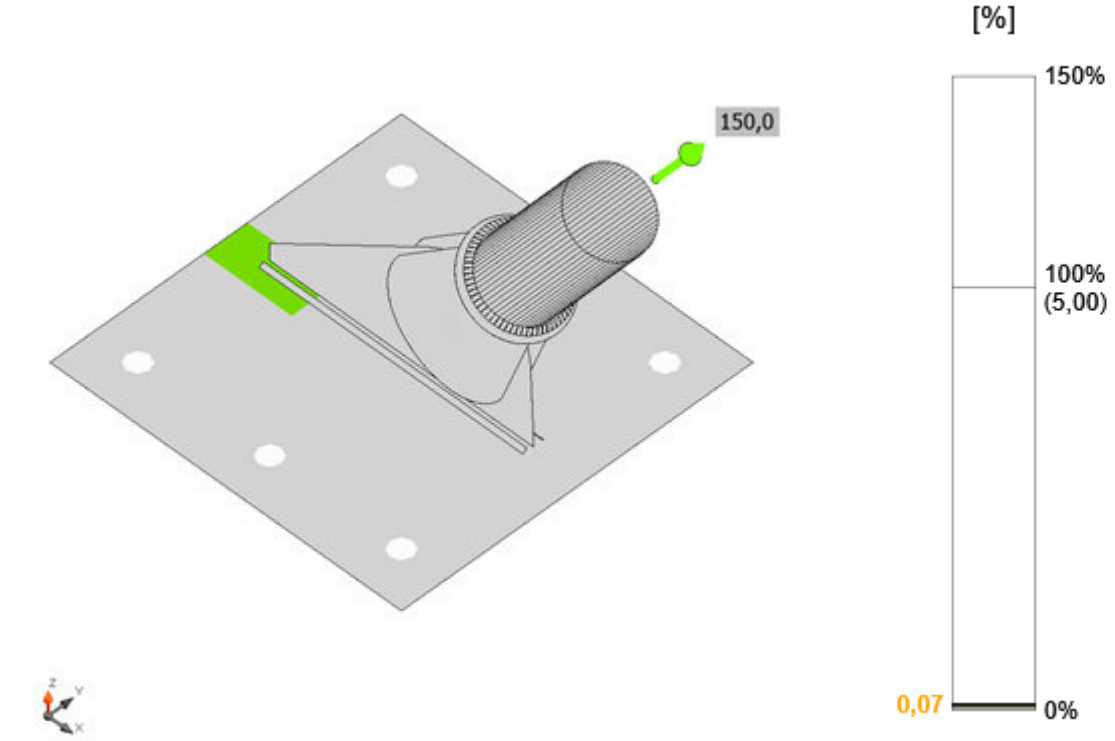
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

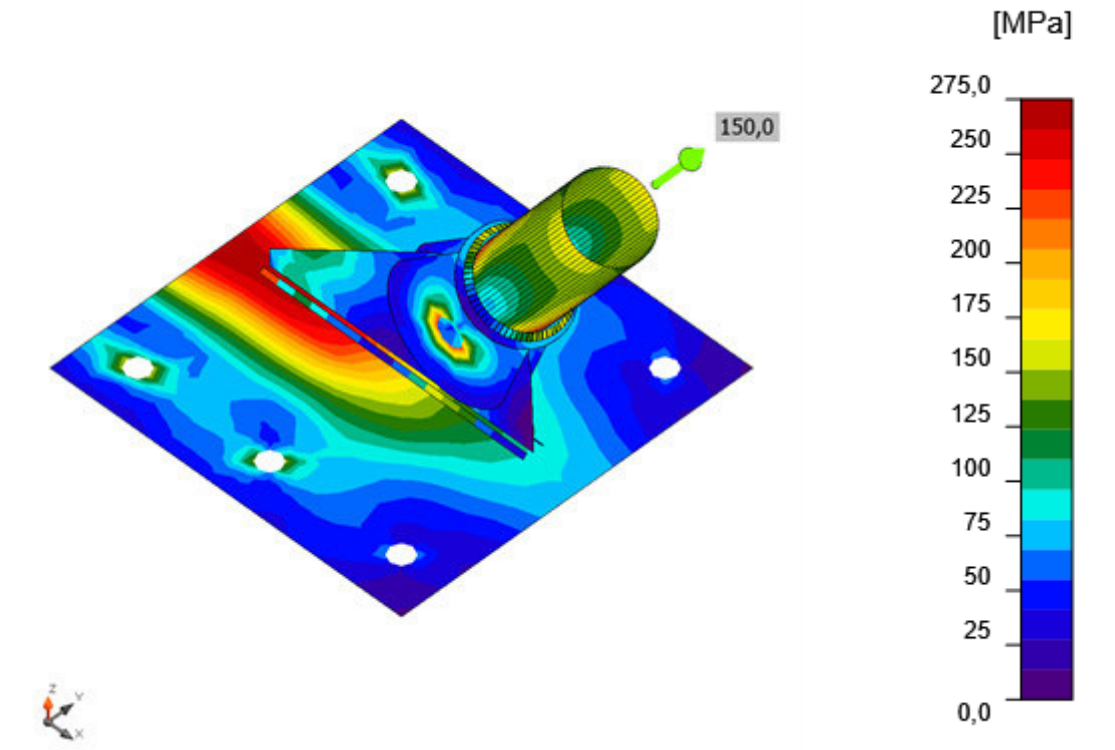
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LE1

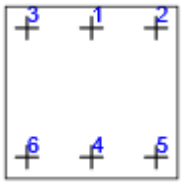


Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

Anchors



Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
A1	LE1	44,6	0,2	0,0	25,8	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A2	LE1	17,2	0,2	0,0	10,0	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A3	LE1	54,6	0,2	0,0	31,6	264,6	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A4	LE1	44,5	0,2	0,0	25,8	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A5	LE1	17,2	0,2	0,0	10,0	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A6	LE1	54,6	0,2	0,0	31,6	264,6	0,0	0,0	0,0	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M24 8.8 - 2	172,8	492,8	135,6	0,0	494

Detailed result for A1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50	– Cracked concrete
$A_h =$ 0 mm^2	– Bearing area
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_{Mc} =$ 1,80	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 25{,}8 \quad \%$$

Detailed result for A2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50	– Cracked concrete
$A_h =$ 0 mm^2	– Bearing area
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_{Mc} =$ 1,80	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 10{,}0 \quad \%$$

Detailed result for A3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50	– Cracked concrete
$A_h =$ 0 mm^2	– Bearing area
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_{Mc} =$ 1,80	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 31{,}6 \quad \%$$

Detailed result for A4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50	– Cracked concrete
$A_h =$ 0 mm^2	– Bearing area
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_{Mc} =$ 1,80	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 25{,}8 \quad \%$$

Detailed result for A5

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50	– Cracked concrete
$A_h =$ 0 mm^2	– Bearing area
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_{Mc} =$ 1,80	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 10{,}0 \quad \%$$

Detailed result for A6

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{c k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50	– Cracked concrete
$A_h =$ 0 mm^2	– Bearing area
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_{Mc} =$ 1,80	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p = 20$ mm – Thickness

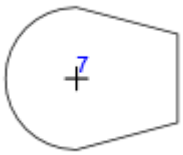
$f_u = 430{,}0$ MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} = 1{,}25$ – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 31{,}6 \quad \%$$

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B7	LE1	19,5	75,0	7,4	286,4	52,4	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	334,6	176,3

Detailed result for B7

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 264,4 kN ≥ $F_t =$ 19,5 kN

where:

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 334,6 kN ≥ $F_t =$ 19,5 kN

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 12 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} =$ 176,3 kN ≥ $V =$ 75,0 kN

where:

$\beta_p =$ 1,00 – Reducing factor

$\alpha_v =$ 0,60 – Reducing factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 286,4 kN ≥ $V =$ 150,0 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 0,82 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 27 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 15 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} = \quad 0{,}0 \quad \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd})} = \quad 7{,}4 \quad \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd})} = \quad 52{,}4 \quad \%$$

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete cone breakout resistance not applied
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	Member 2-bfl 1	◢5,0◣	64	LE1	243,0	0,0	-55,9	-112,8	-77,0	60,0	36,3	OK
		◢5,0◣	64	LE1	297,0	0,0	-115,1	127,1	94,0	73,4	51,7	OK
SP1	Member 2-tfl 1	◢5,0◣	64	LE1	200,3	0,0	120,8	-5,5	92,1	49,5	37,3	OK
		◢5,0◣	64	LE1	181,9	0,0	63,4	35,3	-91,9	45,0	35,8	OK
SP1	Member 2-w 1	◢5,0◣	114	LE1	149,3	0,0	-47,7	66,3	-47,6	36,9	26,4	OK
		◢5,0◣	114	LE1	149,3	0,0	-47,7	-66,3	47,6	36,9	26,4	OK
SP1	SP2	◢6,0◣	300	LE1	231,5	0,0	89,6	84,7	89,5	57,2	22,4	OK
		◢6,0◣	300	LE1	231,5	0,0	89,6	-84,7	-89,6	57,2	22,4	OK
CPL1a	CPL1b	◢8,0	89	LE1	260,1	0,0	123,5	27,6	129,3	64,3	38,5	OK
CPL1a	CPL1c	◢8,0	89	LE1	259,4	0,0	123,0	-27,6	-128,9	64,1	38,5	OK
CPL1a	M1	◢8,0	267	LE1	156,9	0,0	72,2	-7,5	-80,1	38,8	25,4	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Detailed result for SP1 Member 2-bfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 243,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 55,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 60,0 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 297,0 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 115,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 73,4 %

Detailed result for SP1 Member 2-tfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 200,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 120,8 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 49,5 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 181,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 63,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 45,0 %

Detailed result for SP1 Member 2-w 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 149,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 47,7 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 36,9 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 149,3 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 47,7 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 36,9 %

Detailed result for SP1 SP2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 231,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 89,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 57,2 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 231,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 89,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 57,2 %

Detailed result for CPL1a CPL1b

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 260,1 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 123,5 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 64,3 %

Detailed result for CPL1a CPL1c

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 259,4 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 123,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 64,1 %

Detailed result for CPL1a M1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 156,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 72,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 38,8 %

Shear in contact plane

Name	Loads	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Ut [%]	Status
SP1	LE1	0,0	-84,9	128,0	100,1	124,8	84,8	OK

Symbol explanation

V_y	Shear force in base plate Vy
V_z	Shear force in base plate Vz
$V_{Rd,y}$	Shear resistance
$V_{Rd,z}$	Shear resistance
$V_{c,Rd}$	Concrete bearing resistance
Ut	Utilization

Detailed result for SP1

Shear lug steel resistance (EN 1993-1-1 - 6.2.6)

$V_{Rd,y} = A_{vy} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 128,0 kN

$V_{Rd,z} = A_{vz} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 100,1 kN

where:

$A_{vy} =$ 806 mm^2 – Shear area Ay of shear lug cross-section

$A_{vz} =$ 631 mm^2 – Shear area Az of shear lug cross-section

$f_y =$ 275,0 MPa – Yield strength

$\gamma_{M0} =$ 1,00 – Safety factor

Concrete bearing resistance (EN 1992-1-1 - Cl. 6.5.4)

$V_{c,Rd} = A\sigma_{Rd,max} =$ 124,8 kN

Where:

$A = lb =$ 8320 mm^2 – Projected area of the shear lug excluding the portion above concrete

$l =$ 130 mm – Length of the shear lug excluding the portion above concrete

$b =$ 64 mm – Projected width of the shear lug in the direction of shear load

$\sigma_{Rd,max} = k_1 v' f_{ck} / \gamma_c =$ 15,0 MPa – Maximum stress which can be applied at the edges of the node

$k_1 =$ 1,00 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.60)

$v' = 1 - f_{ck}/250 =$ 0,90 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.57N)

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic resistance of concrete in compression

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

Utilization in shear

$U_t = \max(\frac{V_y}{V_{Rd,y}}, \frac{V_z}{V_{Rd,z}}, \frac{V}{V_{cRd}}) =$ 84,8 %

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

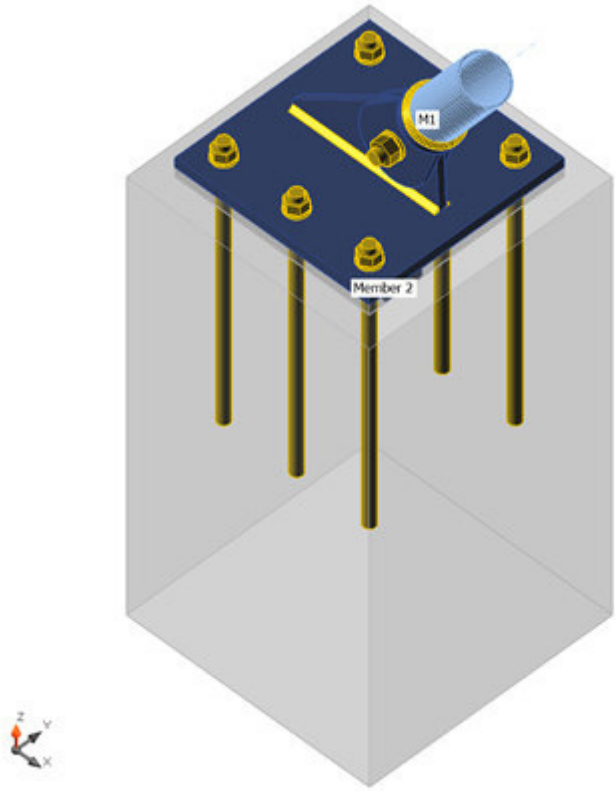
Project item TIRANTE S04

Design

Name	TIRANTE S04
Description	
Analysis	Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 88.9X4(CHS88.9,4)	0,0	-55,0	0,0	0	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 88.9X4(CHS88.9,4)	S 275
4 - IPE140	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M24 8.8	M24 8.8	24	800,0	452
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	178,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	900	mm
Anchor	M24 8.8	
Anchoring length	500	mm
Shear force transfer	Shear lug	
Cross-section of shear lug	IPE140	
Length of shear lug	200	mm
Mortar joint	20	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,3 < 5%	OK
Bolts	62,2 < 100%	OK
Anchors	40,6 < 100%	OK
Welds	98,0 < 100%	OK
Concrete block	Not calculated	
Shear	82,6 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

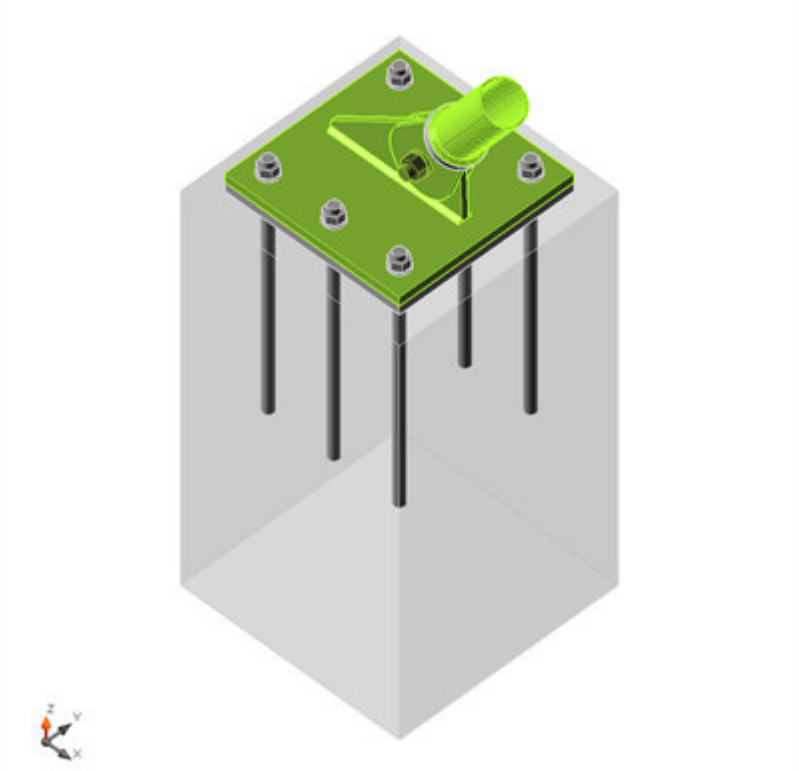
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	4,0	LE1	275,0	0,0	OK
Member 2-bfl 1	6,9	LE1	273,9	0,2	OK
Member 2-tfl 1	6,9	LE1	275,1	0,0	OK
Member 2-w 1	4,7	LE1	253,6	0,0	OK
SP1	20,0	LE1	275,1	0,1	OK
SP2	15,0	LE1	275,5	0,3	OK
CPL1a	15,0	LE1	165,7	0,0	OK
CPL1b	12,0	LE1	227,4	0,0	OK
CPL1c	12,0	LE1	227,4	0,0	OK

Design data

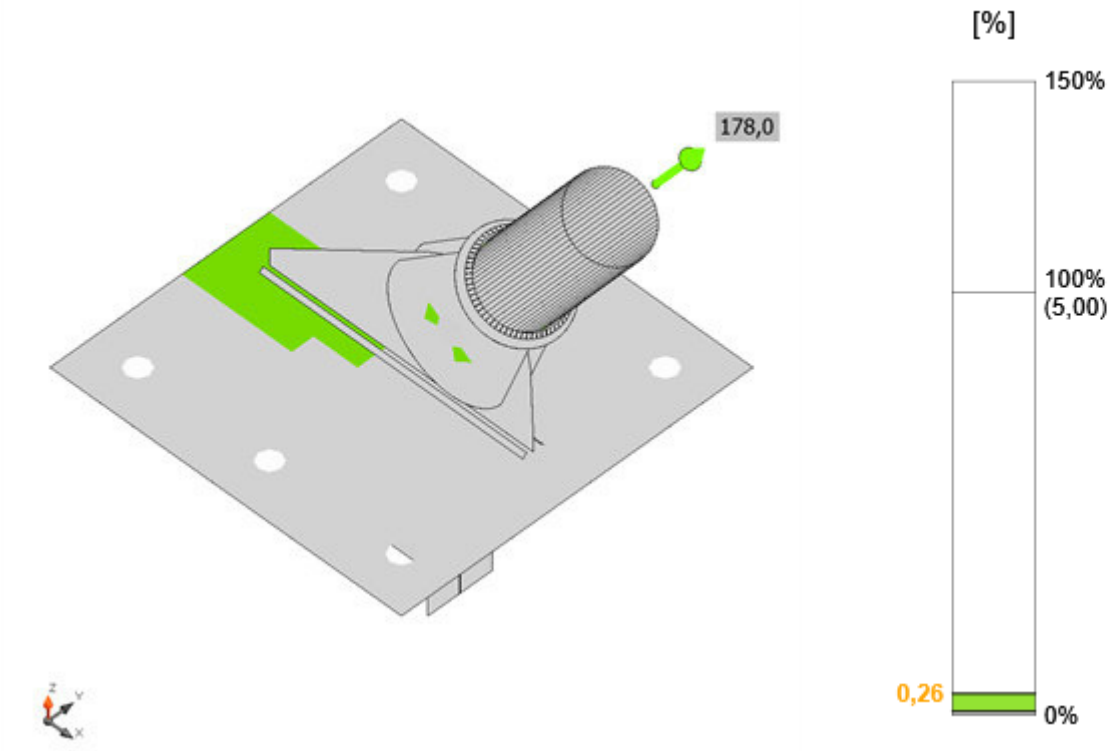
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

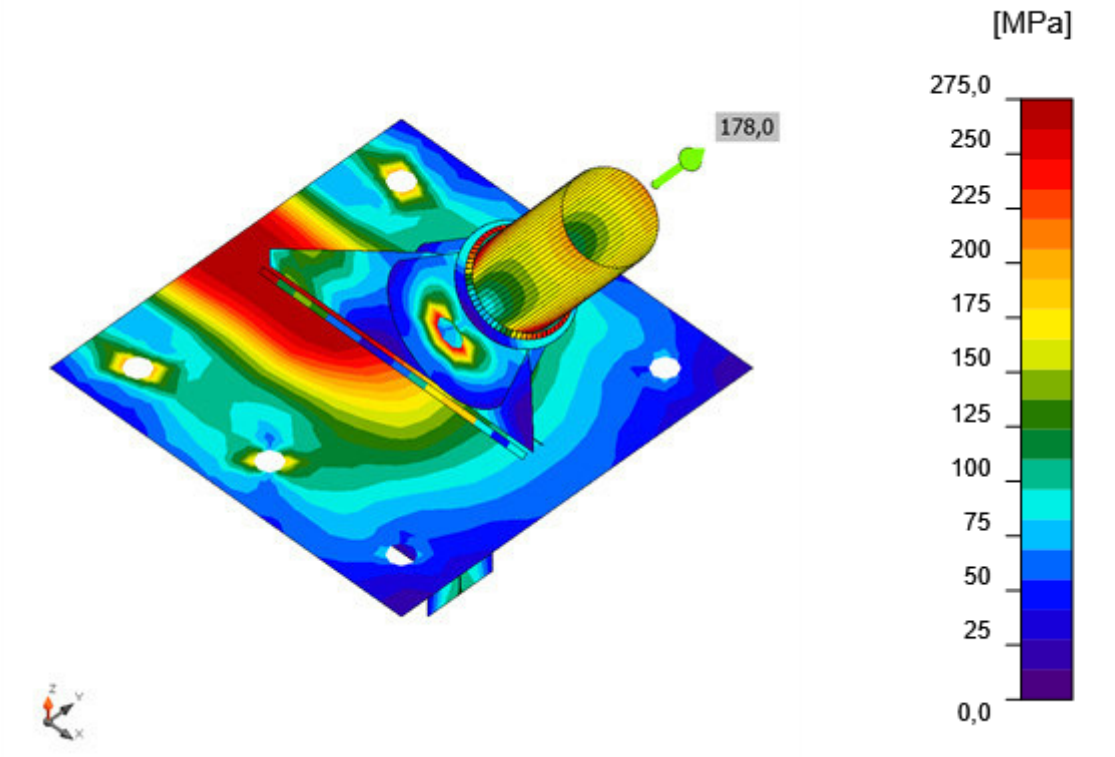
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LE1

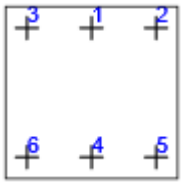


Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

Anchors



Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
A1	LE1	53,0	0,3	0,0	30,7	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A2	LE1	14,3	0,3	0,0	8,3	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A3	LE1	70,2	0,3	0,0	40,6	264,6	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A4	LE1	53,0	0,3	0,0	30,6	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A5	LE1	14,3	0,3	0,0	8,3	412,8	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
A6	LE1	70,2	0,3	0,0	40,6	264,6	0,0	0,0	0,0	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M24 8.8 - 2	172,8	492,8	135,6	0,0	494

Detailed result for A1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 30{,}7 \quad \%$$

Detailed result for A2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 8{,}3 \quad \%$$

Detailed result for A3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 40{,}6 \quad \%$$

Detailed result for A4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{c k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50	– Cracked concrete
$A_h =$ 0 mm^2	– Bearing area
$f_{ck} =$ 25,0 MPa	– Characteristic compressive concrete strength
$\gamma_{Mc} =$ 1,80	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 20$ mm	– Thickness
$f_u = 430{,}0$ MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} = 1{,}25$	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 30{,}6 \quad \%$$

Detailed result for A5

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m =$ 38 mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p =$ 20 mm	– Thickness
$f_u =$ 430,0 MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} = \quad 8{,}3 \quad \%$$

Detailed result for A6

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{c k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \quad 492{,}8 \quad \text{kN}$$

where:

$d_m = 38$ mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p = 20$ mm – Thickness

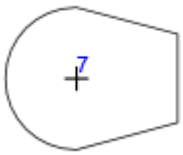
$f_u = 430{,}0$ MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} = 1{,}25$ – Safety factor

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}, N_{Rd,c})} = \quad 40{,}6 \quad \%$$

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B7	LE1	23,1	89,0	8,7	286,4	62,2	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	334,6	176,3

Detailed result for B7

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 264,4 kN ≥ $F_t =$ 23,1 kN

where:

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 334,6 kN ≥ $F_t =$ 23,1 kN

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 12 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} =$ 176,3 kN ≥ $V =$ 89,0 kN

where:

$\beta_p =$ 1,00 – Reducing factor

$\alpha_v =$ 0,60 – Reducing factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 286,4 kN ≥ $V =$ 178,0 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 0,82 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 27 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 15 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} = \quad 0{,}0 \quad \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd})} = \quad 8{,}7 \quad \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd})} = \quad 62{,}2 \quad \%$$

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete cone breakout resistance not applied
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	Member 2-bfl 1	◢5,0◣	73	LE1	363,9	0,0	-67,1	-185,0	-91,7	89,9	58,9	OK
		◢5,0◣	73	LE1	396,6	0,0	-123,7	192,3	101,8	98,0	65,8	OK
SP1	Member 2-tfl 1	◢5,0◣	73	LE1	230,9	0,0	131,2	-30,7	105,3	57,0	48,2	OK
		◢5,0◣	73	LE1	195,9	0,0	77,9	-7,0	-103,5	48,4	47,2	OK
SP1	Member 2-w 1	◢5,0◣	133	LE1	193,5	0,0	-63,3	84,6	-63,2	47,8	28,2	OK
		◢5,0◣	133	LE1	193,5	0,0	-63,3	-84,6	63,2	47,8	28,2	OK
SP1	SP2	◢6,0◣	300	LE1	324,2	0,0	128,0	115,0	127,9	80,1	28,2	OK
		◢6,0◣	300	LE1	324,2	0,0	127,9	-114,9	-127,9	80,1	28,2	OK
CPL1a	CPL1b	◢6,0	89	LE1	396,7	0,0	187,9	45,6	196,5	98,0	60,9	OK
CPL1a	CPL1c	◢6,0	89	LE1	396,7	0,0	187,9	-45,8	-196,4	98,0	60,9	OK
CPL1a	M1	◢6,0	267	LE1	248,2	0,0	114,6	-5,8	-127,0	61,3	40,1	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Detailed result for SP1 Member 2-bfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 363,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 67,1 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 89,9 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 396,6 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 123,7 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,0 %

Detailed result for SP1 Member 2-tfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 230,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 131,2 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 57,0 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 195,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 77,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 48,4 %

Detailed result for SP1 Member 2-w 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 193,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 63,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 47,8 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 193,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 63,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 47,8 %

Detailed result for SP1 SP2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 324,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 128,0 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 80,1 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 324,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 127,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 80,1 %

Detailed result for CPL1a CPL1b

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 396,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 187,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,0 %

Detailed result for CPL1a CPL1c

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 396,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 187,9 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 98,0 %

Detailed result for CPL1a M1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 248,2 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 114,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 61,3 %

Shear in contact plane

Name	Loads	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Ut [%]	Status
SP1	LE1	0,0	-100,3	159,9	121,4	197,1	82,6	OK

Symbol explanation

V_y	Shear force in base plate Vy
V_z	Shear force in base plate Vz
$V_{Rd,y}$	Shear resistance
$V_{Rd,z}$	Shear resistance
$V_{c,Rd}$	Concrete bearing resistance
Ut	Utilization

Detailed result for SP1

Shear lug steel resistance (EN 1993-1-1 - 6.2.6)

$V_{Rd,y} = A_{vy} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 159,9 kN

$V_{Rd,z} = A_{vz} \frac{f_y}{3^{0,5} \gamma_{M0}} =$ 121,4 kN

where:

$A_{vy} =$ 1007 mm^2 – Shear area Ay of shear lug cross-section

$A_{vz} =$ 764 mm^2 – Shear area Az of shear lug cross-section

$f_y =$ 275,0 MPa – Yield strength

$\gamma_{M0} =$ 1,00 – Safety factor

Concrete bearing resistance (EN 1992-1-1 - Cl. 6.5.4)

$V_{c,Rd} = A\sigma_{Rd,max} =$ 197,1 kN

Where:

$A = lb =$ 13140 mm^2 – Projected area of the shear lug excluding the portion above concrete

$l =$ 180 mm – Length of the shear lug excluding the portion above concrete

$b =$ 73 mm – Projected width of the shear lug in the direction of shear load

$\sigma_{Rd,max} = k_1 v' f_{ck} / \gamma_c =$ 15,0 MPa – Maximum stress which can be applied at the edges of the node

$k_1 =$ 1,00 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.60)

$v' = 1 - f_{ck}/250 =$ 0,90 – Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.57N)

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic resistance of concrete in compression

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

Utilization in shear

$U_t = \max(\frac{V_y}{V_{Rd,y}}, \frac{V_z}{V_{Rd,z}}, \frac{V}{V_{cRd}}) =$ 82,6 %

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

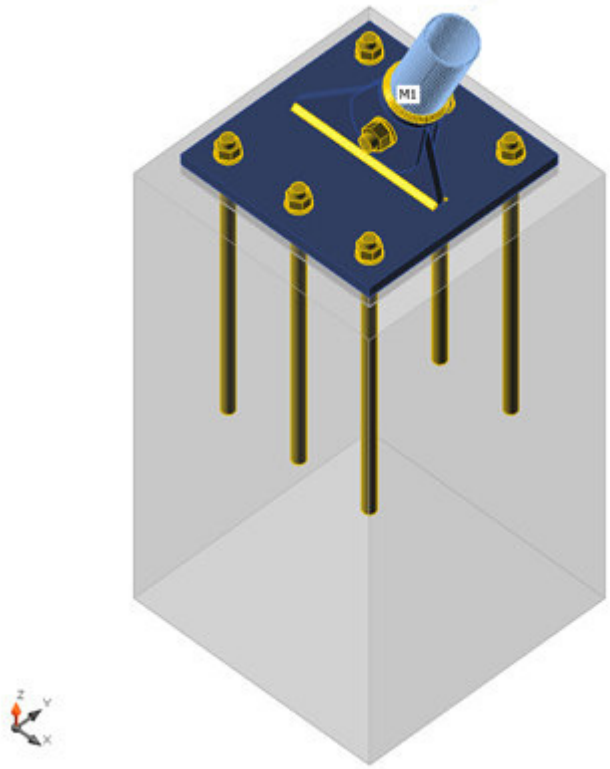
Project item TIRANTE S05

Design

Name	TIRANTE S05
Description	
Analysis	Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS 88.9X4(CHS88.9,4)	0,0	-65,0	0,0	0	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 88.9X4(CHS88.9,4)	S 275

Anchors / Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M24 8.8	M24 8.8	24	800,0	452
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	109,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	500 x 500	mm
Depth	900	mm
Anchor	M24 8.8	
Anchoring length	500	mm
Shear force transfer	Anchors	
Mortar joint	20	mm

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,0 < 5%	OK
Bolts	41,5 < 100%	OK
Anchors	73,9 < 100%	OK
Welds	63,4 < 100%	OK
Concrete block	Not calculated	
Buckling	Not calculated	

Plates

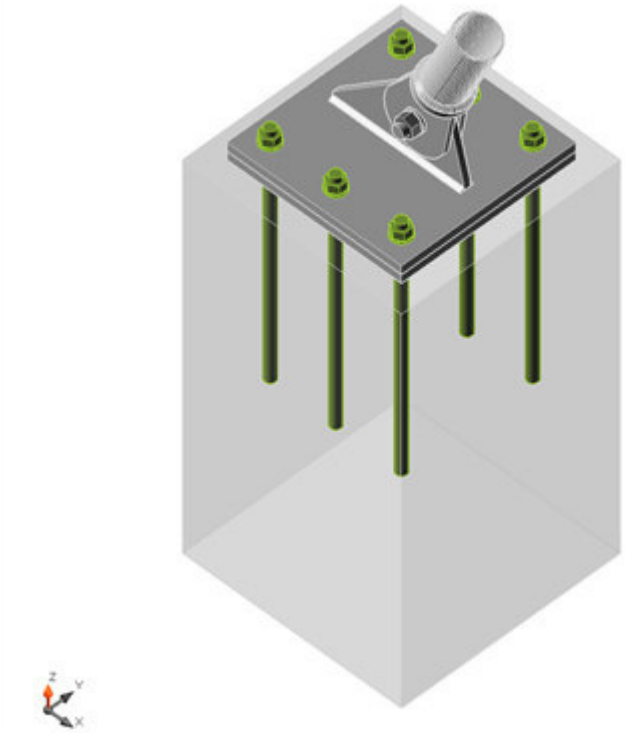
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	4,0	LE1	176,4	0,0	OK
SP1	20,0	LE1	166,0	0,0	OK
SP2	15,0	LE1	217,7	0,0	OK
CPL1a	15,0	LE1	100,8	0,0	OK
CPL1b	12,0	LE1	146,2	0,0	OK
CPL1c	12,0	LE1	146,2	0,0	OK

Design data

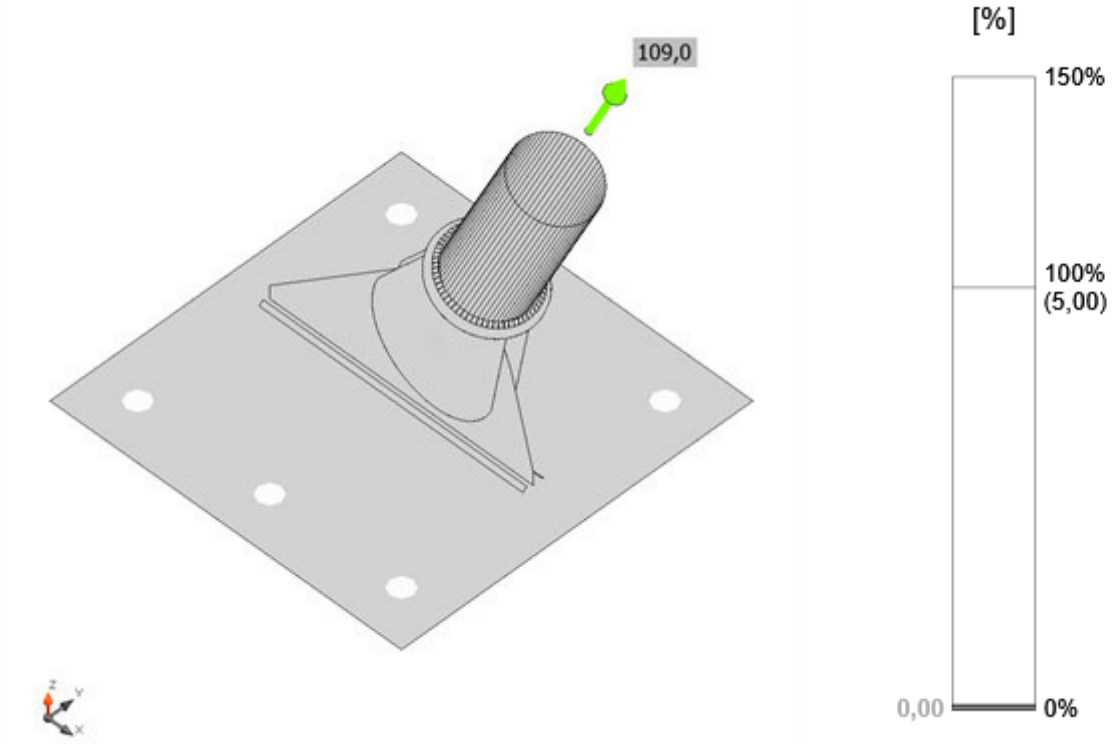
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

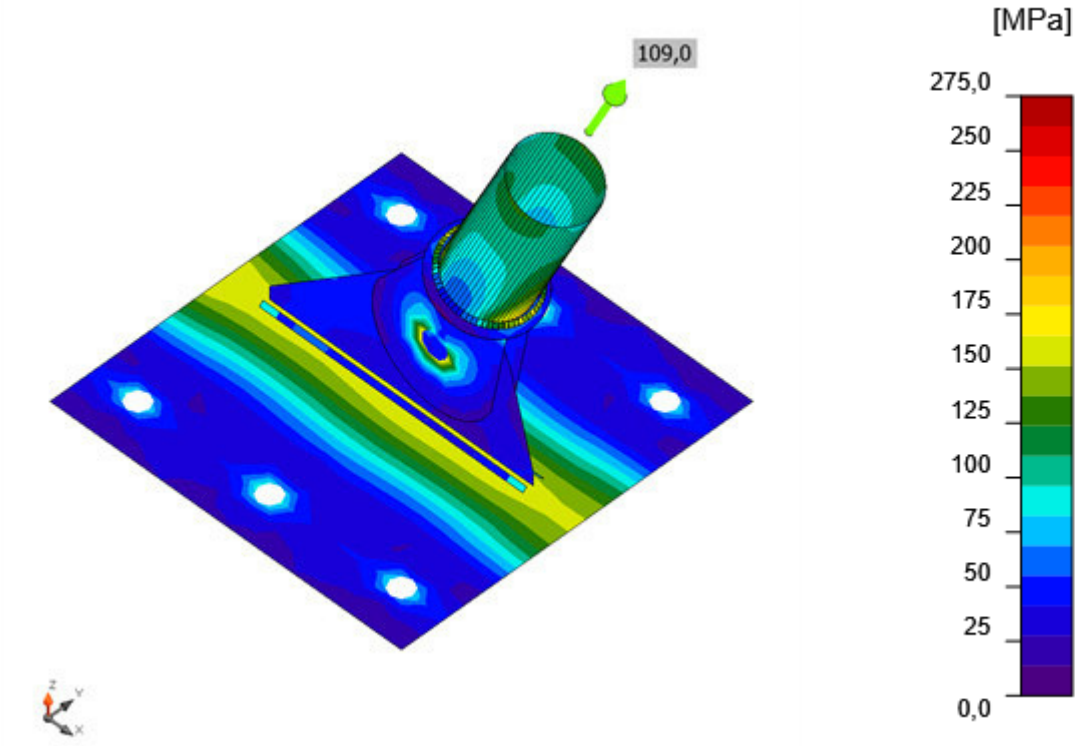
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LE1

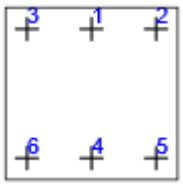


Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

Anchors

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdp} [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
	A1	LE1	35,6	7,7	0,0	20,6	412,8	73,9	72,8	23,9	10,5	OK
	A2	LE1	29,5	7,7	0,0	17,1	412,8	73,1	69,6	23,9	10,5	OK
	A3	LE1	29,5	7,7	0,0	17,1	265,2	73,2	69,7	23,9	10,5	OK
	A4	LE1	35,5	7,7	0,0	20,6	412,8	73,9	72,8	23,9	10,5	OK
	A5	LE1	29,5	7,7	0,0	17,0	412,8	73,1	69,6	23,9	10,5	OK
	A6	LE1	29,5	7,7	0,0	17,1	265,2	73,2	69,7	23,9	10,5	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M24 8.8 - 2	172,8	492,8	113,0	28,7	494

Detailed result for A1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 492,8 kN

where:

$d_m =$ 38 mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p =$ 20 mm	– Thickness
$f_u =$ 430,0 MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} =$ 28,7 kN

$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l} =$ 35,9 kN

where:

$\gamma_{MS} =$ 1,25 – Safety factor

$\alpha_M =$ 2,00 – Full restraint - ETAG 001 - Annex C - 4.2.2.4

$M_{Rk,s} =$ 0,7 kNm – Characteristic bending resistance lowered by normal force - ETAG 001 - Annex C 5.2.3.2

$l =$ 41 mm – Lever arm

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 412,8 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 1,00 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 24 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 20 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} =$ 10,5 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 15,7 kN

where:

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

$V^0_{Rk,c} =$ 23,1 kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor

$A_{c,V} =$ 25000 mm^2 – Actual area of concrete cone of anchorage

$A^0_{c,V} =$ 45000 mm^2 – Area of concrete cone of an individual anchor

$\psi_{s,V} =$ 1,00 – Factor of the distribution of stresses

$\psi_{h,V} =$ 1,22 – Factor of the decrease of shear resistance

$\psi_{\alpha,V} =$ 1,00 – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} =$ 1,00 – Factor of group effect

$\psi_{re,V} =$ 1,00 – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} =$ 23,9 kN

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} =$ 35,8 kN

where:

$N_{Rk,c} =$ 17,9 kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k =$ 2,00 – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$U_{tts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha =$ 72,8 %

where:

$\beta_N =$ 0,21 – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V =$ 0,74 – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha =$ 1,50 – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd},N_{Rd,c})} =$ 20,6 %

Utilization in shear

$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd};V_{Rd,s};V_{Rd,cp};V_{Rd,c})} =$ 73,9 %

Detailed result for A2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 492,8 kN

where:

$d_m =$ 38 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 20 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} =$ 29,9 kN

$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l} =$ 37,3 kN

where:

$\gamma_{MS} =$ 1,25 – Safety factor

$\alpha_M =$ 2,00 – Full restraint - ETAG 001 - Annex C - 4.2.2.4

$M_{Rk,s} =$ 0,8 kNm – Characteristic bending resistance lowered by normal force - ETAG 001 - Annex C 5.2.3.2

$l =$ 41 mm – Lever arm

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 412,8 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 1,00 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 24 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 20 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} =$ 10,5 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 15,7 kN

where:

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

$V^0_{Rk,c} =$ 23,1 kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor

$A_{c,V} =$ 25000 mm^2 – Actual area of concrete cone of anchorage

$A^0_{c,V} =$ 45000 mm^2 – Area of concrete cone of an individual anchor

$\psi_{s,V} =$ 1,00 – Factor of the distribution of stresses

$\psi_{h,V} =$ 1,22 – Factor of the decrease of shear resistance

$\psi_{\alpha,V} =$ 1,00 – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} =$ 1,00 – Factor of group effect

$\psi_{re,V} =$ 1,00 – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} =$ 23,9 kN

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} =$ 35,8 kN

where:

$N_{Rk,c} =$ 17,9 kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k =$ 2,00 – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$U_{tts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha =$ 69,6 %

where:

$\beta_N =$ 0,17 – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V =$ 0,73 – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha =$ 1,50 – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd};N_{Rd,c})} =$ 17,1 %

Utilization in shear

$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd};V_{Rd,s};V_{Rd,cp};V_{Rd,c})} =$ 73,1 %

Detailed result for A3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 492,8 kN

where:

$d_m =$ 38 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 20 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} =$ 29,8 kN

$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l} =$ 37,3 kN

where:

$\gamma_{MS} =$ 1,25 – Safety factor

$\alpha_M =$ 2,00 – Full restraint - ETAG 001 - Annex C - 4.2.2.4

$M_{Rk,s} =$ 0,8 kNm – Characteristic bending resistance lowered by normal force - ETAG 001 - Annex C 5.2.3.2

$l =$ 41 mm – Lever arm

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 265,2 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 0,64 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 24 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 20 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} =$ 10,5 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 15,7 kN

where:

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

$V^0_{Rk,c} =$ 23,1 kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor

$A_{c,V} =$ 25000 mm^2 – Actual area of concrete cone of anchorage

$A^0_{c,V} =$ 45000 mm^2 – Area of concrete cone of an individual anchor

$\psi_{s,V} =$ 1,00 – Factor of the distribution of stresses

$\psi_{h,V} =$ 1,22 – Factor of the decrease of shear resistance

$\psi_{\alpha,V} =$ 1,00 – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} =$ 1,00 – Factor of group effect

$\psi_{re,V} =$ 1,00 – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} =$ 23,9 kN

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} =$ 35,8 kN

where:

$N_{Rk,c} =$ 17,9 kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k =$ 2,00 – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$U_{tts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha =$ 69,7 %

where:

$\beta_N =$ 0,17 – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V =$ 0,73 – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha =$ 1,50 – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd};N_{Rd,c})} =$ 17,1 %

Utilization in shear

$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd};V_{Rd,s};V_{Rd,cp};V_{Rd,c})} =$ 73,2 %

Detailed result for A4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 492,8 kN

where:

$d_m =$ 38 mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p =$ 20 mm	– Thickness
$f_u =$ 430,0 MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} =$ 28,7 kN

$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l} =$ 35,9 kN

where:

$\gamma_{MS} =$ 1,25 – Safety factor

$\alpha_M =$ 2,00 – Full restraint - ETAG 001 - Annex C - 4.2.2.4

$M_{Rk,s} =$ 0,7 kNm – Characteristic bending resistance lowered by normal force - ETAG 001 - Annex C 5.2.3.2

$l =$ 41 mm – Lever arm

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 412,8 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 1,00 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 24 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 20 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} =$ 10,5 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 15,7 kN

where:

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

$V^0_{Rk,c} =$ 23,1 kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor

$A_{c,V} =$ 25000 mm^2 – Actual area of concrete cone of anchorage

$A^0_{c,V} =$ 45000 mm^2 – Area of concrete cone of an individual anchor

$\psi_{s,V} =$ 1,00 – Factor of the distribution of stresses

$\psi_{h,V} =$ 1,22 – Factor of the decrease of shear resistance

$\psi_{\alpha,V} =$ 1,00 – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} =$ 1,00 – Factor of group effect

$\psi_{re,V} =$ 1,00 – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} =$ 23,9 kN

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} =$ 35,8 kN

where:

$N_{Rk,c} =$ 17,9 kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k =$ 2,00 – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$U_{tts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha =$ 72,8 %

where:

$\beta_N =$ 0,21 – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V =$ 0,74 – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha =$ 1,50 – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd};N_{Rd,c})} =$ 20,6 %

Utilization in shear

$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd};V_{Rd,s};V_{Rd,cp};V_{Rd,c})} =$ 73,9 %

Detailed result for A5

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85 – Factor

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 353 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 492,8 kN

where:

$d_m =$ 38 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 20 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50 – Safety factor

$\gamma_{inst} =$ 1,20 – Safety factor

$A_{c,N} =$ 0 mm^2 – Actual area of concrete cone

$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2 – Area of concrete of an individual anchor with large spacing

$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN – Characteristic resistance of an anchor

$\psi_{s,N} =$ 1,00 – Factor of distribution of stresses in the concrete

$\psi_{re,N} =$ 1,00 – Shell spalling factor

$\psi_{ec,N} =$ 1,00 – Group effect factor

$h_{ef} =$ 67 mm – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} =$ 29,9 kN

$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l} =$ 37,3 kN

where:

$\gamma_{MS} =$ 1,25 – Safety factor

$\alpha_M =$ 2,00 – Full restraint - ETAG 001 - Annex C - 4.2.2.4

$M_{Rk,s} =$ 0,8 kNm – Characteristic bending resistance lowered by normal force - ETAG 001 - Annex C 5.2.3.2

$l =$ 41 mm – Lever arm

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 412,8 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 1,00 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 24 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 20 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} =$ 10,5 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 15,7 kN

where:

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

$V^0_{Rk,c} =$ 23,1 kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor

$A_{c,V} =$ 25000 mm^2 – Actual area of concrete cone of anchorage

$A^0_{c,V} =$ 45000 mm^2 – Area of concrete cone of an individual anchor

$\psi_{s,V} =$ 1,00 – Factor of the distribution of stresses

$\psi_{h,V} =$ 1,22 – Factor of the decrease of shear resistance

$\psi_{\alpha,V} =$ 1,00 – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} =$ 1,00 – Factor of group effect

$\psi_{re,V} =$ 1,00 – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} =$ 23,9 kN

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} =$ 35,8 kN

where:

$N_{Rk,c} =$ 17,9 kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k =$ 2,00 – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$U_{tts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha =$ 69,6 %

where:

$\beta_N =$ 0,17 – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V =$ 0,73 – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha =$ 1,50 – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd};N_{Rd,c})} =$ 17,0 %

Utilization in shear

$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd};V_{Rd,s};V_{Rd,cp};V_{Rd,c})} =$ 73,1 %

Detailed result for A6

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 172,8 kN

where:

$c =$ 0,85	– Factor
$k_2 =$ 0,90	– Factor
$f_{ub} =$ 800,0 MPa	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s =$ 353 mm^2	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 492,8 kN

where:

$d_m =$ 38 mm	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p =$ 20 mm	– Thickness
$f_u =$ 430,0 MPa	– Ultimate strength
$\gamma_{M2} =$ 1,25	– Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 0,0 kN

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} =$ 0,0 kN

where:

$\gamma_c =$ 1,50	– Safety factor
$\gamma_{inst} =$ 1,20	– Safety factor
$A_{c,N} =$ 0 mm^2	– Actual area of concrete cone
$A^0_{c,N} =$ 0 mm^2	– Area of concrete of an individual anchor with large spacing
$N^0_{Rk,c} =$ 440,9 kN	– Characteristic resistance of an anchor
$\psi_{s,N} =$ 1,00	– Factor of distribution of stresses in the concrete
$\psi_{re,N} =$ 1,00	– Shell spalling factor
$\psi_{ec,N} =$ 1,00	– Group effect factor
$h_{ef} =$ 67 mm	– Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} =$ 0,0 kN

where:

$k_2 =$ 7,50 – Cracked concrete

$A_h =$ 0 mm^2 – Bearing area

$f_{ck} =$ 25,0 MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_{Mc} =$ 1,80 – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} =$ 29,8 kN

$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l} =$ 37,3 kN

where:

$\gamma_{MS} =$ 1,25 – Safety factor

$\alpha_M =$ 2,00 – Full restraint - ETAG 001 - Annex C - 4.2.2.4

$M_{Rk,s} =$ 0,8 kNm – Characteristic bending resistance lowered by normal force - ETAG 001 - Annex C 5.2.3.2

$l =$ 41 mm – Lever arm

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 265,2 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 0,64 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 24 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 20 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} =$ 10,5 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 15,7 kN

where:

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

$V^0_{Rk,c} =$ 23,1 kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor

$A_{c,V} =$ 25000 mm^2 – Actual area of concrete cone of anchorage

$A^0_{c,V} =$ 45000 mm^2 – Area of concrete cone of an individual anchor

$\psi_{s,V} =$ 1,00 – Factor of the distribution of stresses

$\psi_{h,V} =$ 1,22 – Factor of the decrease of shear resistance

$\psi_{\alpha,V} =$ 1,00 – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} =$ 1,00 – Factor of group effect

$\psi_{re,V} =$ 1,00 – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} =$ 23,9 kN

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} =$ 35,8 kN

where:

$N_{Rk,c} =$ 17,9 kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k =$ 2,00 – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} =$ 1,50 – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$U_{tts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha =$ 69,7 %

where:

$\beta_N =$ 0,17 – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V =$ 0,73 – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha =$ 1,50 – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

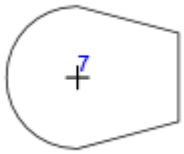
Utilization in tension

$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd};N_{Rd,c})} =$ 17,1 %

Utilization in shear

$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd};V_{Rd,s};V_{Rd,cp};V_{Rd,c})} =$ 73,2 %

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B7	LE1	14,0	54,5	5,3	262,7	41,5	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	334,6	176,3

Detailed result for B7

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} =$ 264,4 kN ≥ $F_t =$ 14,0 kN

where:

$k_2 =$ 0,90 – Factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} =$ 334,6 kN ≥ $F_t =$ 14,0 kN

where:

$d_m =$ 43 mm – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p =$ 12 mm – Thickness

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} =$ 176,3 kN ≥ $V =$ 54,5 kN

where:

$\beta_p =$ 1,00 – Reducing factor

$\alpha_v =$ 0,60 – Reducing factor

$f_{ub} =$ 800,0 MPa – Ultimate tensile strength of the bolt

$A =$ 459 mm^2 – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} =$ 262,7 kN ≥ $V =$ 109,0 kN

where:

$k_1 =$ 2,50 – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b =$ 0,75 – Factor

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$d =$ 27 mm – Nominal diameter of the fastener

$t =$ 15 mm – Thickness

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} = \quad 0{,}0 \quad \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd};B_{p,Rd})} = \quad 5{,}3 \quad \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd};F_{b,Rd})} = \quad 41{,}5 \quad \%$$

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
S_{tf}	Anchor longitudinal stiffness
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$N_{rd,c}$	Concrete cone breakout resistance not applied
$N_{rd,p}$	Pull-out resistance
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
C_{pf}	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
C_{ef}	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
SP1	SP2	◢6,0◣	300	LE1	92,5	0,0	31,3	39,4	31,3	22,9	13,0	OK
		◢6,0◣	300	LE1	92,5	0,0	31,3	-39,3	-31,3	22,9	13,0	OK
CPL1a	CPL1b	◢6,0	89	LE1	256,4	0,0	121,6	29,6	126,9	63,4	37,2	OK
CPL1a	CPL1c	◢6,0	89	LE1	255,9	0,0	121,4	-29,7	-126,6	63,2	37,2	OK
CPL1a	M1	◢6,0	267	LE1	152,7	0,0	70,6	-4,7	-78,0	37,7	24,6	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Detailed result for SP1 SP2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} =$ 92,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_{\perp}| =$ 31,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 22,9 %

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} =$ 92,5 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_{\perp}| =$ 31,3 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 22,9 %

Detailed result for CPL1a CPL1b

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 256,4 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 121,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 63,4 %

Detailed result for CPL1a CPL1c

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 255,9 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 121,4 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 63,2 %

Detailed result for CPL1a M1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) =$ 404,7 MPa ≥ $\sigma_{w,Ed} = [\sigma_\perp^2 + 3(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} =$ 152,7 MPa

$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u/\gamma_{M2} =$ 309,6 MPa ≥ $|\sigma_\perp| =$ 70,6 MPa

where:

$f_u =$ 430,0 MPa – Ultimate strength

$\beta_w =$ 0,85 – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} =$ 1,25 – Safety factor

Stress utilization

$U_t = \max(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_\perp|}{\sigma_{\perp,Rd}}) =$ 37,7 %

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Joint coefficient βj	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0,10	-	
Friction coefficient - concrete	0,25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0,05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance	No		ETAG 001-C
Use calculated αb in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		
Local deformation check	No		
Local deformation limit	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	No		Large deformations for hollow sections

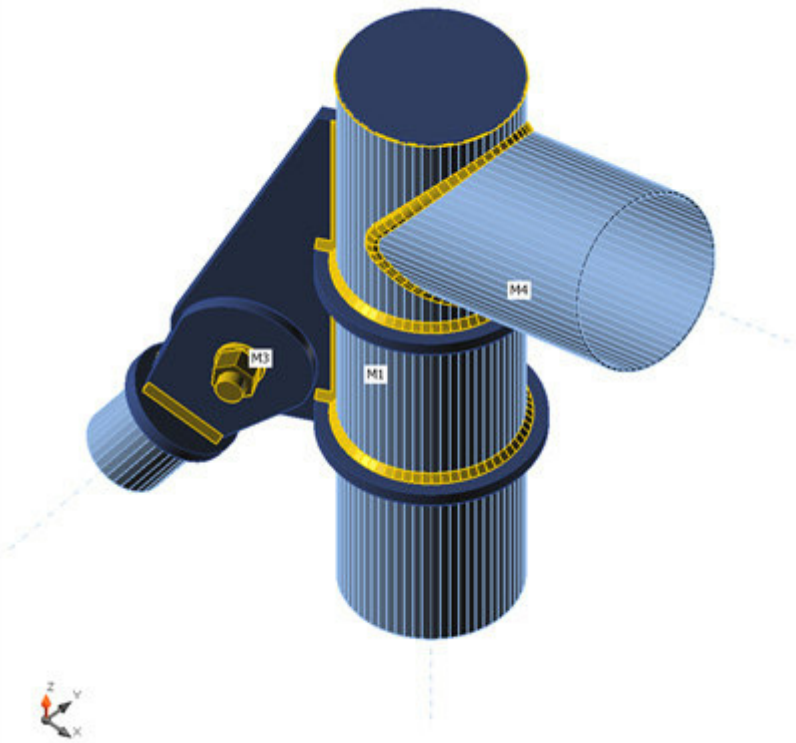
Project item CABECA_S03

Design

Name	CABECA_S03
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in	X [mm]
M1	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	90,0	0,0	-150	0	0	Node	0
M2	2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	151,0	55,0	0,0	0	0	0	Node	0
M3	2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	-151,0	55,0	0,0	0	0	0	Node	0
M4	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	-16,0	0,0	0	0	0	Position	168



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	S 275
2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	S 275

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	M1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	115,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	149,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4	141,8	6,9	17,5	0,0	0,0	0,0

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	1,5 < 5%	OK
Bolts	54,8 < 100%	OK
Welds	98,1 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	
GMNA	Not calculated	

Plates

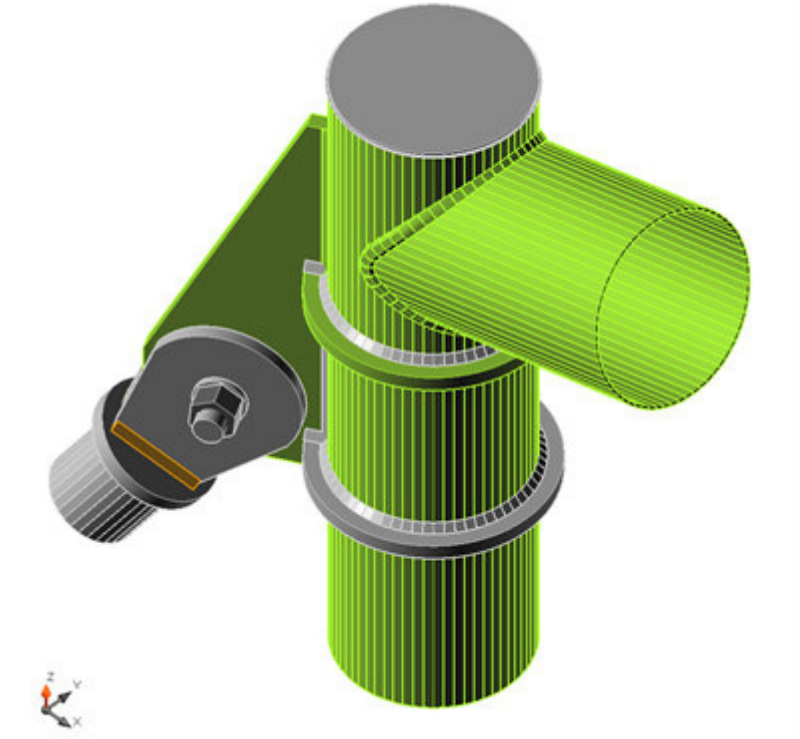
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	3,0	LE2	278,1	1,5	OK
M2	4,0	LE2	199,2	0,0	OK
M3	4,0	LE2	253,0	0,0	OK
M4	3,0	LE2	275,9	0,4	OK
CPL1a	15,0	LE2	229,9	0,0	OK
CPL1b	15,0	LE2	99,5	0,0	OK
CPL1c	12,0	LE2	155,1	0,0	OK
CPL1d	12,0	LE2	154,3	0,0	OK
CPL2a	15,0	LE2	275,1	0,0	OK
CPL2b	15,0	LE2	130,2	0,0	OK
CPL2c	12,0	LE2	199,4	0,0	OK
CPL2d	12,0	LE2	200,5	0,0	OK
STIFF1	3,0	LE2	148,0	0,0	OK
STIFF2a	15,0	LE2	215,7	0,1	OK
STIFF2b	15,0	LE2	171,2	0,0	OK

Design data

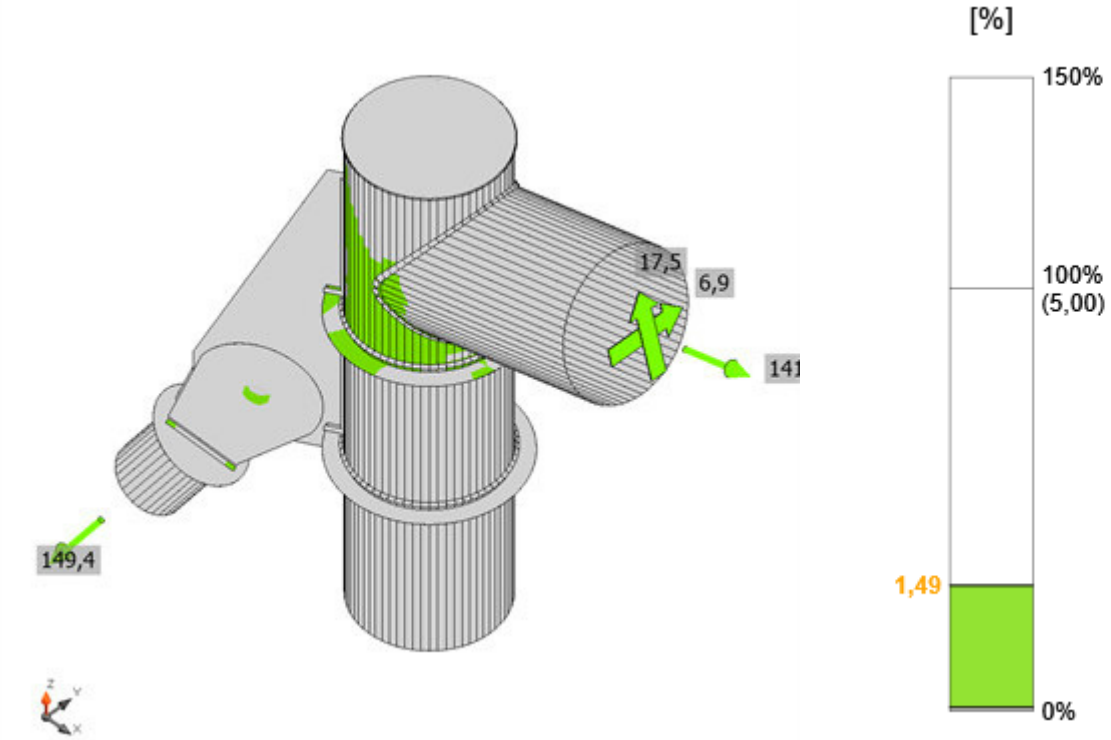
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

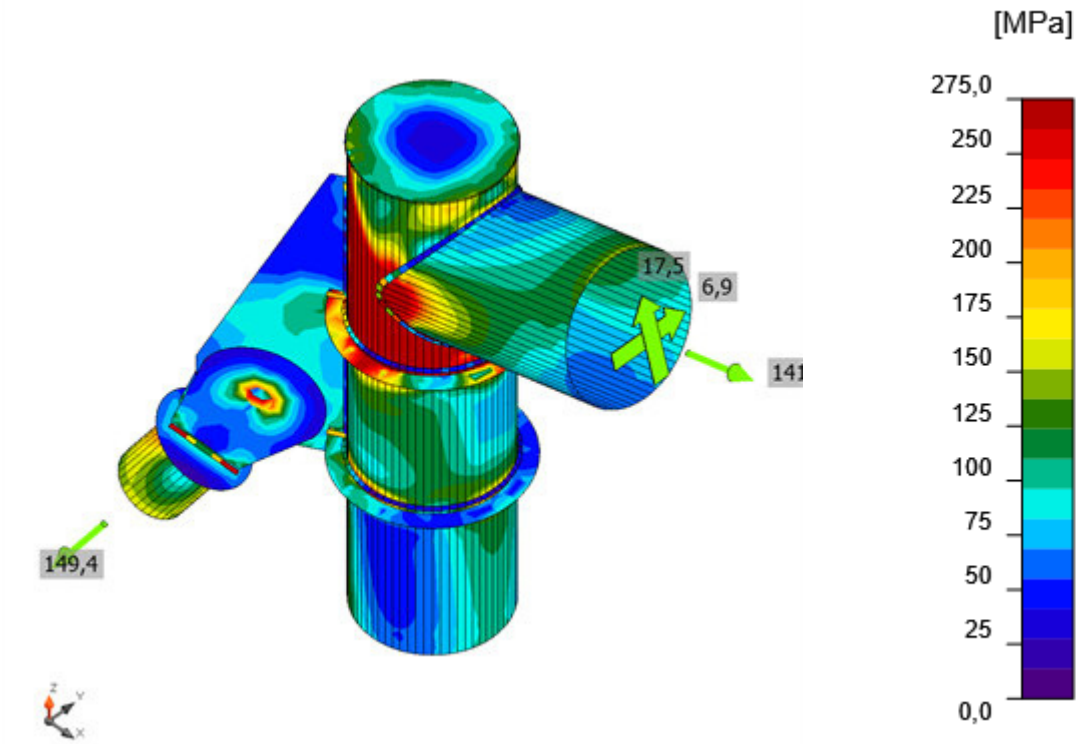
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LE2

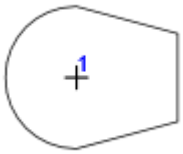
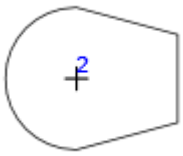


Strain check, LE2



Equivalent stress, LE2

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B1	LE2	15,2	57,9	5,7	272,6	42,4	36,9	OK
	B2	LE2	19,5	74,7	7,4	272,6	54,8	47,7	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	334,6	176,3

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 54	CPL1a	◢5,0◣	185	LE2	30,6	0,0	-16,5	13,4	6,5	7,6	5,2	OK
		◢5,0◣	185	LE2	55,5	0,0	10,6	-31,4	-1,7	13,7	10,8	OK
M1-arc 54	CPL1a	◢5,0◣	21	LE2	112,9	0,0	-1,1	60,2	-25,1	27,9	18,5	OK
		◢5,0◣	21	LE2	103,6	0,0	19,6	-58,5	-5,0	25,6	20,7	OK
M1-arc 54	CPL1a	◢5,0◣	167	LE2	195,6	0,0	3,9	112,8	-5,6	48,3	10,1	OK
		◢5,0◣	167	LE2	117,6	0,0	13,8	-66,3	12,4	29,1	8,9	OK
CPL1b	CPL1c	◢5,0	88	LE2	342,4	0,0	160,2	-48,3	167,9	84,6	48,1	OK
CPL1b	CPL1d	◢5,0	88	LE2	338,2	0,0	161,5	-46,5	-165,1	83,6	48,0	OK
M1-arc 43	CPL2a	◢5,0◣	185	LE2	80,6	0,0	-34,7	-2,1	41,9	19,9	12,6	OK
		◢5,0◣	185	LE2	82,1	0,0	-36,8	30,7	-29,2	20,3	7,8	OK
M1-arc 43	CPL2a	◢5,0◣	21	LE2	122,7	0,0	13,4	70,3	4,3	30,3	24,0	OK
		◢5,0◣	21	LE2	129,2	0,0	1,6	-71,7	20,3	31,9	23,1	OK
M1-arc 43	CPL2a	◢5,0◣	167	LE2	170,8	0,0	26,6	92,5	-30,4	42,2	12,5	OK
		◢5,0◣	167	LE2	310,4	0,0	-2,1	-179,1	-5,1	76,7	13,7	OK
CPL2b	CPL2c	◢5,0	88	LE2	396,7	0,1	189,3	54,4	193,8	98,0	62,0	OK
CPL2b	CPL2d	◢5,0	88	LE2	396,7	0,1	185,6	-55,0	-194,8	98,0	62,2	OK
M1-arc 1	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	27,7	0,0	4,2	-15,1	-4,6	6,8	6,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	23,9	0,0	5,6	-12,4	5,2	5,9	5,9	OK
M1-arc 2	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	52,2	0,0	25,3	-10,7	-24,1	12,9	12,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	51,8	0,0	23,7	-9,1	25,0	12,8	12,8	OK
M1-arc 3	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	53,4	0,0	24,5	-13,3	-23,9	13,2	13,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	43,6	0,0	21,3	1,8	21,9	10,8	10,8	OK
M1-arc 4	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	25,3	0,0	12,0	-3,8	-12,2	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	14,3	0,0	6,6	-3,5	6,4	3,5	3,5	OK
M1-arc 5	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	30,2	0,0	3,5	17,2	-1,9	7,5	7,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	36,9	0,0	-4,3	-21,0	-2,6	9,1	9,1	OK
M1-arc 6	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	49,2	0,0	7,5	27,9	-3,0	12,2	12,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	64,4	0,0	-1,7	-37,0	2,8	15,9	15,9	OK
M1-arc 7	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	42,1	0,0	3,2	24,2	0,6	10,4	10,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	58,2	0,0	-6,4	-33,3	-2,6	14,4	14,4	OK
M1-arc 8	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	43,4	0,0	0,4	24,7	4,2	10,7	10,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	62,6	0,0	-10,2	-35,2	-5,6	15,5	15,5	OK
M1-arc 9	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	37,6	0,0	-5,7	18,8	10,5	9,3	9,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	56,2	0,0	-15,2	-29,5	-10,5	13,9	13,9	OK
M1-arc 10	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	56,8	0,0	-9,0	30,4	11,1	14,0	14,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	76,0	0,0	-15,5	-40,8	-13,4	18,8	18,8	OK
M1-arc 11	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	35,5	0,0	-2,9	20,3	2,6	8,8	8,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	56,5	0,0	-5,5	-31,9	-5,9	14,0	14,0	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 12	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	34,5	0,0	-17,9	2,5	16,8	8,5	8,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	44,9	0,0	-17,8	-14,4	-18,9	11,1	11,1	OK
M1-arc 13	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	47,7	0,0	-23,0	10,3	21,8	11,8	11,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	59,0	0,0	-21,6	-22,0	-22,8	14,6	14,6	OK
M1-arc 14	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	23,7	0,0	-11,0	-8,5	8,7	5,9	5,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	20,6	0,0	-7,7	-4,5	-10,0	5,1	5,1	OK
M1-arc 15	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	61,7	0,0	-30,4	-14,8	27,2	15,3	15,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	57,5	0,0	-26,1	3,5	-29,4	14,2	14,2	OK
M1-arc 16	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	31,8	0,0	-18,2	-4,7	14,3	7,9	7,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	34,7	0,0	-13,7	-5,5	-17,6	8,6	8,6	OK
M1-arc 17	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	34,9	0,0	-17,8	-9,8	14,4	8,6	8,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	34,1	0,0	-14,3	2,3	-17,8	8,4	8,4	OK
M1-arc 18	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	55,8	0,0	-29,5	1,7	27,3	13,8	13,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	61,0	0,0	-28,3	-5,7	-30,7	15,1	15,1	OK
M1-arc 19	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	18,9	0,0	-9,5	-2,0	9,2	4,7	4,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	24,6	0,0	-11,9	2,6	-12,2	6,1	6,1	OK
M1-arc 20	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	54,5	0,0	-19,8	-19,1	22,2	13,5	13,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	57,7	0,0	-25,9	18,1	-23,6	14,3	14,3	OK
M1-arc 21	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	38,4	0,0	-13,6	-13,5	15,8	9,5	9,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	42,8	0,0	-21,5	9,0	-19,4	10,6	10,6	OK
M1-arc 22	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	54,5	0,0	1,2	-31,3	2,9	13,5	13,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	43,5	0,0	-10,0	23,7	-5,9	10,8	10,8	OK
M1-arc 23	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	73,6	0,0	-3,8	-41,4	9,3	18,2	18,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	60,6	0,0	-16,9	31,6	-11,5	15,0	15,0	OK
M1-arc 24	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	50,0	0,0	-0,1	-28,4	4,8	12,4	12,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	41,2	0,0	-12,7	21,1	-8,0	10,2	10,2	OK
M1-arc 25	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	53,2	0,0	6,1	-30,5	-1,2	13,2	13,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	45,6	0,0	-6,3	26,0	-1,4	11,3	11,3	OK
M1-arc 26	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	43,9	0,0	8,9	-24,3	-5,0	10,9	10,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	38,8	0,0	-2,2	22,3	1,6	9,6	9,6	OK
M1-arc 27	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	35,7	0,0	9,7	-18,8	-6,2	8,8	8,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	39,6	0,0	-2,2	22,8	1,3	9,8	9,8	OK
M1-arc 28	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	17,5	0,0	4,9	8,1	-5,3	4,3	4,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	12,2	0,0	-2,9	5,9	-3,4	3,0	3,0	OK
M1-arc 29	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	50,1	0,0	18,2	19,1	-19,0	12,4	12,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	23,6	0,0	12,4	0,5	11,6	5,8	5,8	OK
M1-arc 30	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	71,8	0,0	28,5	25,5	-28,3	17,8	17,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	49,9	0,0	24,6	-3,5	24,9	12,3	12,3	OK
M1-arc 31	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	72,0	0,0	28,8	25,0	-28,7	17,8	17,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	52,8	0,0	26,4	-0,6	26,4	13,1	13,1	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 32	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	28,6	0,0	3,0	15,7	-5,0	7,1	7,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	27,3	0,0	4,6	15,3	2,7	6,7	6,7	OK
M1-arc 33	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	66,8	0,0	-4,5	38,5	0,5	16,5	16,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	22,9	0,0	-0,8	-12,4	-4,7	5,7	5,7	OK
M1-arc 34	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	65,1	0,0	25,2	22,8	-26,1	16,1	16,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	61,7	0,0	30,4	-9,5	29,5	15,3	15,3	OK
M1-arc 35	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	95,1	0,0	31,3	36,2	-37,2	23,5	23,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	90,9	0,0	40,5	-31,7	34,7	22,5	22,5	OK
M1-arc 36	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	75,8	0,0	12,6	36,5	-23,0	18,7	18,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	89,1	0,0	29,2	-44,8	18,8	22,0	22,0	OK
M1-arc 37	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	66,2	0,0	-5,3	37,9	-3,2	16,4	16,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	93,5	0,0	11,7	-53,4	3,2	23,1	23,1	OK
M1-arc 38	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	115,0	0,0	-2,2	66,2	-4,4	28,4	28,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	152,0	0,0	15,4	-86,9	8,8	37,6	37,6	OK
M1-arc 39	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	126,8	0,0	-5,7	73,0	-3,6	31,3	31,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	167,0	0,0	15,0	-95,9	5,7	41,3	41,3	OK
M1-arc 40	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	158,6	0,0	-10,7	91,3	1,9	39,2	39,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	189,2	0,0	9,6	-109,1	0,8	46,7	46,7	OK
M1-arc 41	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	181,2	0,0	-29,3	103,0	6,2	44,8	44,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	206,8	0,0	-5,0	-116,0	-28,1	51,1	51,1	OK
M1-arc 42	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	253,4	0,0	-23,2	137,5	-48,2	62,6	62,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	270,4	0,0	32,4	-150,0	-39,0	66,8	66,8	OK
M1-arc 43	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	235,4	0,0	20,4	59,2	-121,8	58,2	58,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	132,1	0,0	98,8	-50,6	-2,6	32,6	32,6	OK
M1-arc 44	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	130,9	0,0	-8,1	-36,7	-65,9	32,3	32,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	108,6	0,0	46,5	49,6	-27,5	26,8	26,8	OK
M1-arc 45	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	62,8	0,0	-37,7	-29,0	-0,2	15,5	15,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	107,0	0,0	-6,5	42,7	-44,5	26,4	26,4	OK
M1-arc 46	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	88,3	0,0	-12,4	-50,4	-3,2	21,8	21,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	122,9	0,0	3,7	69,9	-11,9	30,4	30,4	OK
M1-arc 47	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	109,8	0,0	-26,9	-58,9	17,7	27,1	27,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	145,6	0,0	-14,8	80,1	-24,0	36,0	36,0	OK
M1-arc 48	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	62,6	0,0	-21,8	-30,3	15,1	15,5	15,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	94,8	0,0	-10,6	51,6	-17,3	23,4	23,4	OK
M1-arc 49	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	30,3	0,0	-17,6	-8,5	11,4	7,5	7,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	56,0	0,0	-6,9	29,3	-13,1	13,8	13,8	OK
M1-arc 50	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	38,4	0,0	-22,0	12,5	13,2	9,5	9,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	36,1	0,0	-10,4	5,5	-19,2	8,9	8,9	OK
M1-arc 51	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	27,9	0,0	-10,4	13,8	-5,7	6,9	6,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	19,1	0,0	5,6	1,0	-10,5	4,7	4,7	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 52	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	27,1	0,0	-20,0	0,1	-10,6	6,7	6,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	48,4	0,0	4,8	10,6	-25,7	12,0	12,0	OK
M1-arc 53	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	67,7	0,0	-14,3	-3,6	-38,0	16,7	16,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	55,4	0,0	24,3	6,4	-28,0	13,7	13,7	OK
M1-arc 54	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	128,2	0,0	-7,0	-39,1	-62,7	31,7	31,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	88,4	0,0	44,8	36,3	-24,9	21,8	21,8	OK
M1-arc 55	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	135,3	0,0	-13,9	-68,6	-36,5	33,4	33,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	150,3	0,0	23,5	81,4	-26,8	37,1	37,1	OK
M1-arc 56	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	131,3	0,0	-6,7	-75,1	-9,4	32,4	32,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	142,7	0,0	10,5	82,0	-5,6	35,3	35,3	OK
M1-arc 57	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	131,2	0,0	0,7	-75,4	-7,0	32,4	32,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	148,6	0,0	15,0	84,9	8,7	36,7	36,7	OK
M1-arc 58	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	103,3	0,0	3,6	-58,7	-10,4	25,5	25,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	125,7	0,0	19,1	70,7	12,4	31,1	31,1	OK
M1-arc 59	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	93,8	0,0	4,7	-53,1	-10,4	23,2	23,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	109,3	0,0	18,0	61,0	12,3	27,0	27,0	OK
M1-arc 60	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	51,5	0,0	0,0	-28,9	-7,1	12,7	12,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	59,1	0,0	14,3	32,3	7,2	14,6	14,6	OK
M1-arc 61	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	69,9	0,0	17,8	-29,7	-25,3	17,3	17,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	72,4	0,0	30,6	29,9	23,2	17,9	17,9	OK
M1-arc 62	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	75,1	0,0	27,3	-24,4	-32,2	18,6	18,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	74,1	0,0	37,4	17,3	32,6	18,3	18,3	OK
M1-arc 63	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	65,4	0,0	24,5	-16,7	-30,8	16,2	16,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	57,9	0,0	33,4	0,6	27,3	14,3	14,3	OK
M1-arc 64	STIFF2a	◢5,0◣	9	LE2	73,1	0,0	2,0	-41,5	-7,6	18,1	18,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	30,3	0,0	7,7	16,8	2,2	7,5	7,5	OK
M1-arc 1	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	20,2	0,0	-1,3	11,1	-3,3	5,0	5,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	15,5	0,0	8,2	-6,7	3,6	3,8	3,8	OK
M1-arc 2	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	25,1	0,0	6,2	10,3	-9,5	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	32,7	0,0	14,1	-13,2	10,8	8,1	8,1	OK
M1-arc 3	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	19,7	0,0	6,7	4,1	-9,9	4,9	4,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	29,8	0,0	13,4	-11,4	10,3	7,4	7,4	OK
M1-arc 4	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	10,4	0,0	1,7	0,4	-5,9	2,6	2,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	25,9	0,0	8,2	-13,6	4,0	6,4	6,4	OK
M1-arc 5	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	7,4	0,0	-1,2	4,2	-0,6	1,8	1,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	34,3	0,0	2,8	-19,7	1,1	8,5	8,5	OK
M1-arc 6	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	9,2	0,0	0,7	5,3	-0,8	2,3	2,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	45,2	0,0	2,8	-25,9	2,6	11,2	11,2	OK
M1-arc 7	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	6,4	0,0	-1,4	3,4	-1,0	1,6	1,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	40,9	0,0	0,9	-23,6	-1,5	10,1	10,1	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 8	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	7,3	0,0	-1,5	3,7	1,8	1,8	1,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	42,5	0,0	-1,8	-24,5	-1,6	10,5	10,5	OK
M1-arc 9	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	10,1	0,0	-2,6	1,7	5,4	2,5	2,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	38,7	0,0	-5,4	-22,0	-2,6	9,6	9,6	OK
M1-arc 10	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	13,4	0,0	-4,8	5,5	4,7	3,3	3,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	48,2	0,0	-6,9	-26,7	-7,0	11,9	11,9	OK
M1-arc 11	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	10,7	0,0	-1,9	5,1	3,3	2,7	2,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	38,3	0,0	-5,8	-21,4	-4,5	9,5	9,5	OK
M1-arc 12	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	18,4	0,0	-5,8	0,2	10,1	4,5	4,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	31,9	0,0	-12,2	-15,0	-8,0	7,9	7,9	OK
M1-arc 13	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	22,6	0,0	-8,2	5,9	10,6	5,6	5,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	37,6	0,0	-14,2	-16,3	-11,8	9,3	9,3	OK
M1-arc 14	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	11,3	0,0	-3,3	-0,3	6,2	2,8	2,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	20,3	0,0	-10,4	-6,7	-7,5	5,0	5,0	OK
M1-arc 15	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	26,4	0,0	-9,9	-4,2	13,5	6,5	6,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	29,6	0,0	-17,4	0,6	-13,8	7,3	7,3	OK
M1-arc 16	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	17,6	0,0	-6,0	0,0	9,6	4,4	4,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	22,4	0,0	-13,8	0,8	-10,2	5,5	5,5	OK
M1-arc 17	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	16,8	0,0	-5,6	-1,2	9,1	4,2	4,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	23,5	0,0	-13,2	5,5	-9,8	5,8	5,8	OK
M1-arc 18	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	24,3	0,0	-9,3	2,3	12,7	6,0	6,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	29,5	0,0	-16,3	5,9	-12,9	7,3	7,3	OK
M1-arc 19	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	10,0	0,0	-3,1	-0,8	5,4	2,5	2,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	25,3	0,0	-9,2	11,8	-6,8	6,2	6,2	OK
M1-arc 20	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	20,0	0,0	-6,9	-6,5	8,7	5,0	5,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	40,8	0,0	-11,8	20,2	-10,1	10,1	10,1	OK
M1-arc 21	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	15,2	0,0	-4,4	-1,7	8,2	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	36,4	0,0	-9,6	19,4	-5,8	9,0	9,0	OK
M1-arc 22	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	9,9	0,0	-1,6	-5,1	2,3	2,4	2,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	41,0	0,0	-4,0	23,4	-3,2	10,1	10,1	OK
M1-arc 23	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	9,9	0,0	-3,5	-4,8	2,5	2,4	2,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	48,1	0,0	-3,9	27,3	-4,9	11,9	11,9	OK
M1-arc 24	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	5,9	0,0	-0,6	-2,2	2,6	1,5	1,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	38,9	0,0	-1,7	22,4	0,2	9,6	9,6	OK
M1-arc 25	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	6,9	0,0	0,5	-3,9	-1,0	1,7	1,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	40,6	0,0	1,8	23,4	1,3	10,0	10,0	OK
M1-arc 26	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	9,8	0,0	0,8	-4,1	-3,8	2,4	2,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	38,2	0,0	4,7	21,8	1,7	9,4	9,4	OK
M1-arc 27	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	13,2	0,0	1,6	-7,0	-2,9	3,3	3,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	42,0	0,0	5,5	23,7	4,3	10,4	10,4	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 28	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	7,8	0,0	-1,0	-4,2	-1,5	1,9	1,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	26,6	0,0	4,7	14,9	2,3	6,6	6,6	OK
M1-arc 29	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	13,8	0,0	3,2	0,3	-7,7	3,4	3,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	19,1	0,0	10,9	6,4	6,3	4,7	4,7	OK
M1-arc 30	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	23,2	0,0	7,8	-3,9	-12,0	5,7	5,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	27,9	0,0	16,4	4,2	12,3	6,9	6,9	OK
M1-arc 31	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	27,9	0,0	6,4	-10,9	-11,3	6,9	6,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	26,6	0,0	16,3	4,0	11,4	6,6	6,6	OK
M1-arc 32	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	22,2	0,0	-2,9	-12,1	-3,9	5,5	5,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	13,0	0,0	9,6	-4,2	2,9	3,2	3,2	OK
M1-arc 33	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	8,6	0,0	-2,2	4,4	-1,9	2,1	2,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	48,9	0,0	9,4	-27,2	5,3	12,1	12,1	OK
M1-arc 34	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	19,6	0,0	5,4	4,3	-10,0	4,8	4,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	67,5	0,0	18,0	-35,1	13,5	16,7	16,7	OK
M1-arc 35	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	22,8	0,0	5,6	-0,7	-12,7	5,6	5,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	68,9	0,0	20,3	-35,7	13,2	17,0	17,0	OK
M1-arc 36	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	21,3	0,0	-2,4	-6,8	-10,1	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	78,3	0,0	16,7	-44,0	4,2	19,3	19,3	OK
M1-arc 37	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	7,9	0,0	-6,7	0,9	-2,2	2,2	1,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	101,6	0,0	10,1	-58,4	1,2	25,1	25,1	OK
M1-arc 38	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	6,5	0,0	-3,2	2,6	-2,0	1,6	1,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	127,1	0,0	12,0	-72,7	6,8	31,4	31,4	OK
M1-arc 39	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	15,8	0,0	-6,2	6,4	-5,4	3,9	3,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	114,8	0,0	11,5	-65,9	-0,1	28,4	28,4	OK
M1-arc 40	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	29,9	0,0	-6,4	16,8	-0,1	7,4	7,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	106,1	0,0	8,7	-61,0	2,2	26,2	26,2	OK
M1-arc 41	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	44,0	0,0	-12,8	23,7	-5,5	10,9	10,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	98,5	0,0	6,0	-55,4	-12,3	24,3	24,3	OK
M1-arc 42	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	93,5	0,0	-21,0	24,1	-46,8	23,1	23,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	114,6	0,0	30,2	-51,6	-37,5	28,3	28,3	OK
M1-arc 43	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	151,3	0,0	-12,3	21,3	-84,4	37,4	37,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	88,6	0,0	61,7	-11,0	-35,0	21,9	21,9	OK
M1-arc 44	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	99,5	0,0	-15,1	11,7	-55,6	24,6	24,6	OK
		◢5,0◣	9	LE2	68,1	0,0	38,3	3,1	-32,3	16,8	16,8	OK
M1-arc 45	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	37,5	0,0	-22,9	5,0	-16,4	9,3	9,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	56,7	0,0	9,9	13,3	-29,4	14,0	14,0	OK
M1-arc 46	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	21,5	0,0	-15,5	-6,9	-5,1	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	58,4	0,0	6,1	30,2	-14,5	14,4	14,4	OK
M1-arc 47	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	30,1	0,0	-20,6	-9,4	8,4	7,4	7,4	OK
		◢5,0◣	9	LE2	67,2	0,0	-4,4	35,0	-16,5	16,6	16,6	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 48	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	23,6	0,0	-16,9	0,8	9,5	5,8	5,8	OK
		◢5,0◣	9	LE2	47,1	0,0	-2,5	25,2	-10,0	11,6	11,6	OK
M1-arc 49	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	25,2	0,0	-15,7	7,3	8,7	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	32,2	0,0	-2,1	16,1	-9,2	8,0	8,0	OK
M1-arc 50	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	33,6	0,0	-18,5	14,1	8,0	8,3	8,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	26,2	0,0	-3,8	4,3	-14,3	6,5	6,5	OK
M1-arc 51	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	25,2	0,0	-13,1	11,7	-4,3	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	22,1	0,0	5,6	3,5	-11,9	5,5	5,5	OK
M1-arc 52	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	29,3	0,0	-18,2	1,5	-13,2	7,2	7,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	46,2	0,0	8,2	12,4	-23,2	11,4	11,4	OK
M1-arc 53	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	72,6	0,0	-11,9	-3,0	-41,2	17,9	17,9	OK
		◢5,0◣	9	LE2	57,3	0,0	28,8	15,0	-24,4	14,2	14,2	OK
M1-arc 54	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	110,2	0,0	-10,4	-12,0	-62,2	27,2	27,2	OK
		◢5,0◣	9	LE2	72,3	0,0	45,5	17,8	-27,1	17,9	17,9	OK
M1-arc 55	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	72,7	0,0	-15,2	-17,7	-37,1	18,0	18,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	92,7	0,0	23,8	43,1	-28,5	22,9	22,9	OK
M1-arc 56	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	38,2	0,0	-6,6	-20,5	-7,3	9,5	9,5	OK
		◢5,0◣	9	LE2	75,9	0,0	7,5	43,1	-6,4	18,7	18,7	OK
M1-arc 57	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	28,2	0,0	-0,8	-15,8	-3,9	7,0	7,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	79,8	0,0	9,9	45,4	5,2	19,7	19,7	OK
M1-arc 58	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	20,1	0,0	-0,3	-8,6	-7,8	5,0	5,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	85,1	0,0	12,5	48,4	4,4	21,0	21,0	OK
M1-arc 59	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	15,1	0,0	0,2	-7,3	-4,7	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LE2	94,7	0,0	12,0	53,7	7,5	23,4	23,4	OK
M1-arc 60	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	8,4	0,0	-3,8	-2,9	-3,2	2,1	2,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	70,2	0,0	9,5	40,1	2,5	17,4	17,4	OK
STIFF2a	CPL1a	◢5,0◣	21	LE2	230,6	0,0	63,6	114,3	57,5	57,0	57,0	OK
		◢5,0◣	21	LE2	318,8	0,0	50,9	-172,6	-56,8	78,8	78,8	OK
STIFF2a	CPL1a	◢5,0◣	21	LE2	82,8	0,0	31,8	-43,0	10,0	20,5	20,5	OK
		◢5,0◣	21	LE2	118,4	0,0	-27,5	66,2	5,7	29,3	29,3	OK
STIFF2a	CPL2a	◢5,0◣	21	LE2	396,8	0,1	76,6	210,2	79,6	98,1	98,1	OK
		◢5,0◣	21	LE2	396,6	0,0	98,0	-201,4	-93,2	98,0	98,0	OK
STIFF2a	CPL2a	◢5,0◣	21	LE2	198,3	0,0	-29,3	-113,2	-2,7	49,0	49,0	OK
		◢5,0◣	21	LE2	147,5	0,0	38,7	81,3	-12,1	36,4	36,4	OK
STIFF2b	CPL2a	◢5,0◣	21	LE2	205,7	0,0	4,0	117,8	15,1	50,8	50,8	OK
		◢5,0◣	21	LE2	216,7	0,0	7,0	-125,0	4,1	53,5	53,5	OK
STIFF2b	CPL2a	◢5,0◣	21	LE2	183,2	0,0	-116,2	20,8	-79,1	45,3	45,3	OK
		◢5,0◣	21	LE2	161,5	0,0	-45,6	34,6	82,5	39,9	39,9	OK
STIFF2b	CPL1a	◢5,0◣	21	LE2	166,3	0,0	6,3	94,9	-13,7	41,1	41,1	OK
		◢5,0◣	21	LE2	158,1	0,0	-9,7	-90,5	-10,3	39,1	39,1	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
STIFF2b	CPL1a	◢5,0◣	21	LE2	129,0	0,0	-29,5	-30,7	-65,7	31,9	31,9	OK
		◢5,0◣	21	LE2	146,2	0,0	-94,7	-26,9	58,4	36,1	36,1	OK
M1-arc 61	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	20,4	0,0	1,6	4,9	-10,7	5,0	5,0	OK
		◢5,0◣	9	LE2	50,2	0,0	16,1	26,5	7,0	12,4	12,4	OK
M1-arc 62	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	24,6	0,0	7,7	-0,3	-13,5	6,1	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LE2	48,5	0,0	19,7	21,5	14,0	12,0	12,0	OK
M1-arc 63	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	21,4	0,0	6,5	-4,8	-10,8	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	45,4	0,0	17,0	20,7	12,7	11,2	11,2	OK
M1-arc 64	STIFF2b	◢5,0◣	9	LE2	9,2	0,0	-2,0	-4,7	-2,3	2,3	2,3	OK
		◢5,0◣	9	LE2	26,7	0,0	8,3	14,1	4,1	6,6	6,6	OK
CPL1b	M2	◢5,0	266	LE2	199,6	0,0	95,6	28,9	-97,0	49,3	31,3	OK
CPL2b	M3	◢5,0	266	LE2	252,1	0,0	119,5	41,0	-121,4	62,3	40,5	OK
M1-arc 30	M4	◢5,0	640	LE2	277,0	0,0	201,6	51,7	-96,7	68,4	18,9	OK
		◢1,5◣	549	LE2	211,1	0,0	102,4	51,5	-93,3	52,2	21,3	OK
STIFF1	M1	◢1,5◣	549	LE2	211,8	0,0	-96,4	-63,2	-88,7	52,3	25,1	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

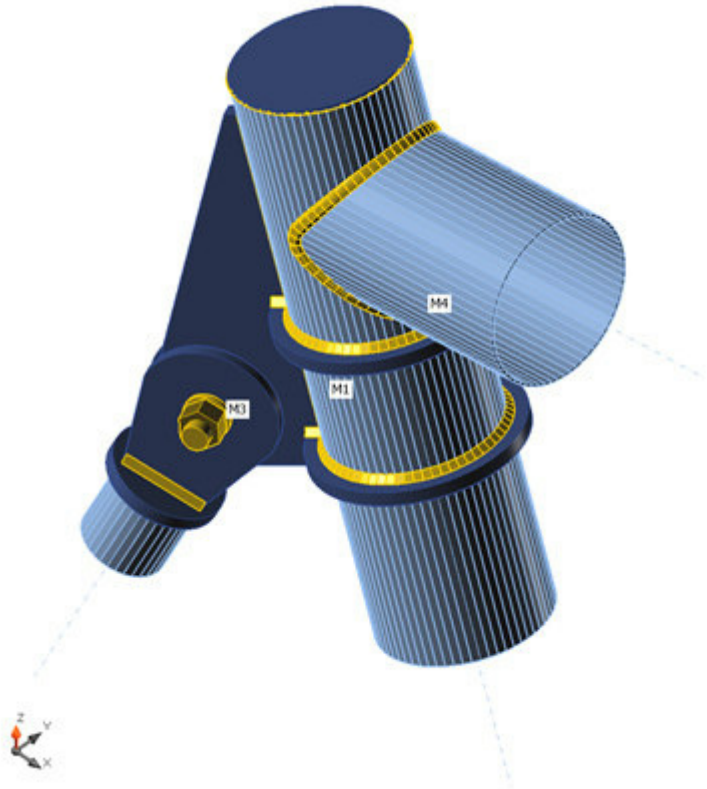
Project item CABECA_S05

Design

Name	CABECA_S05
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in	X [mm]
M1	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	72,0	0,0	-150	0	0	Node	0
M2	2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	135,0	65,0	0,0	0	0	0	Node	0
M3	2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	-135,0	65,0	0,0	0	0	0	Node	0
M4	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	-10,0	0,0	0	0	0	Position	120



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	S 275
2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	S 275

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LC17	M1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	108,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	99,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4	117,7	4,0	16,6	0,0	0,0	0,0

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	1,0 < 5%	OK
Bolts	52,7 < 100%	OK
Welds	97,9 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	
GMNA	Not calculated	

Plates

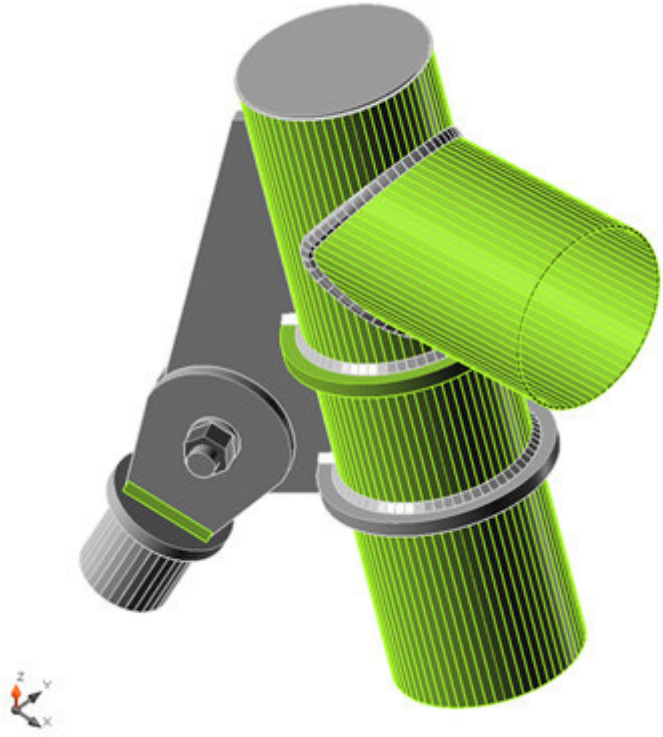
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	3,0	LC17	277,2	1,0	OK
M2	4,0	LC17	199,9	0,0	OK
M3	4,0	LC17	180,4	0,0	OK
M4	3,0	LC17	275,4	0,2	OK
CPL1a	15,0	LC17	219,0	0,0	OK
CPL1b	15,0	LC17	101,9	0,0	OK
CPL1c	12,0	LC17	145,0	0,0	OK
CPL1d	12,0	LC17	144,7	0,0	OK
CPL2a	15,0	LC17	200,9	0,0	OK
CPL2b	15,0	LC17	89,2	0,0	OK
CPL2c	12,0	LC17	132,9	0,0	OK
CPL2d	12,0	LC17	133,4	0,0	OK
STIFF1	3,0	LC17	150,8	0,0	OK
STIFF2a	15,0	LC17	255,9	0,1	OK
STIFF2b	15,0	LC17	131,3	0,0	OK

Design data

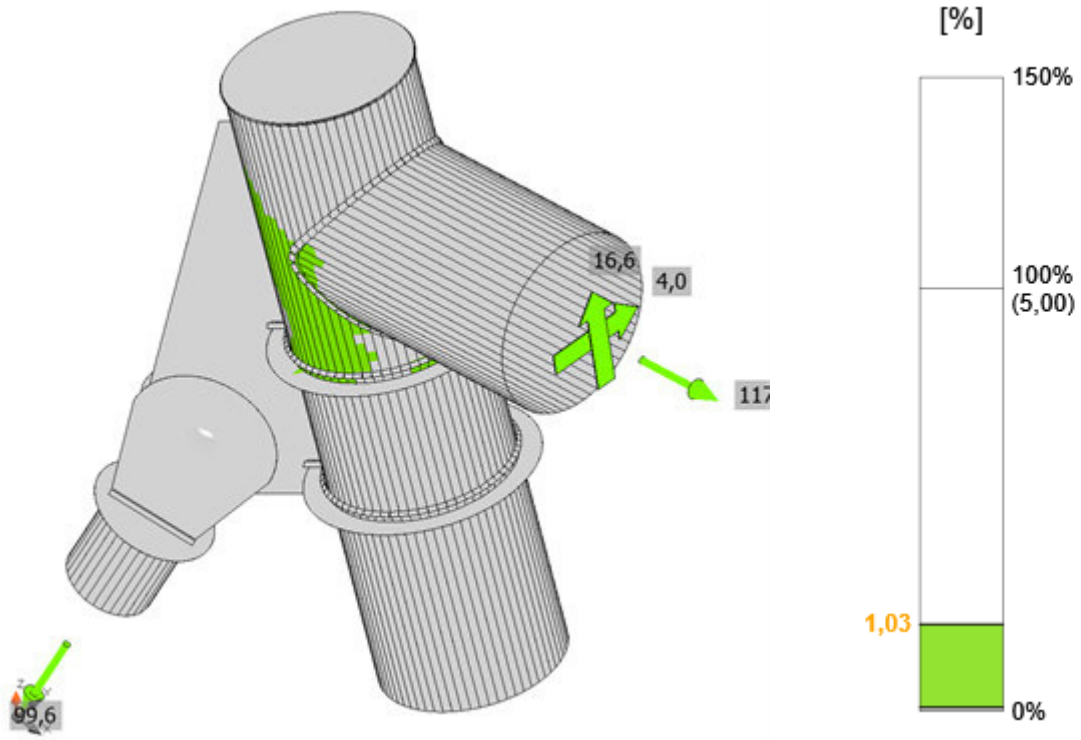
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

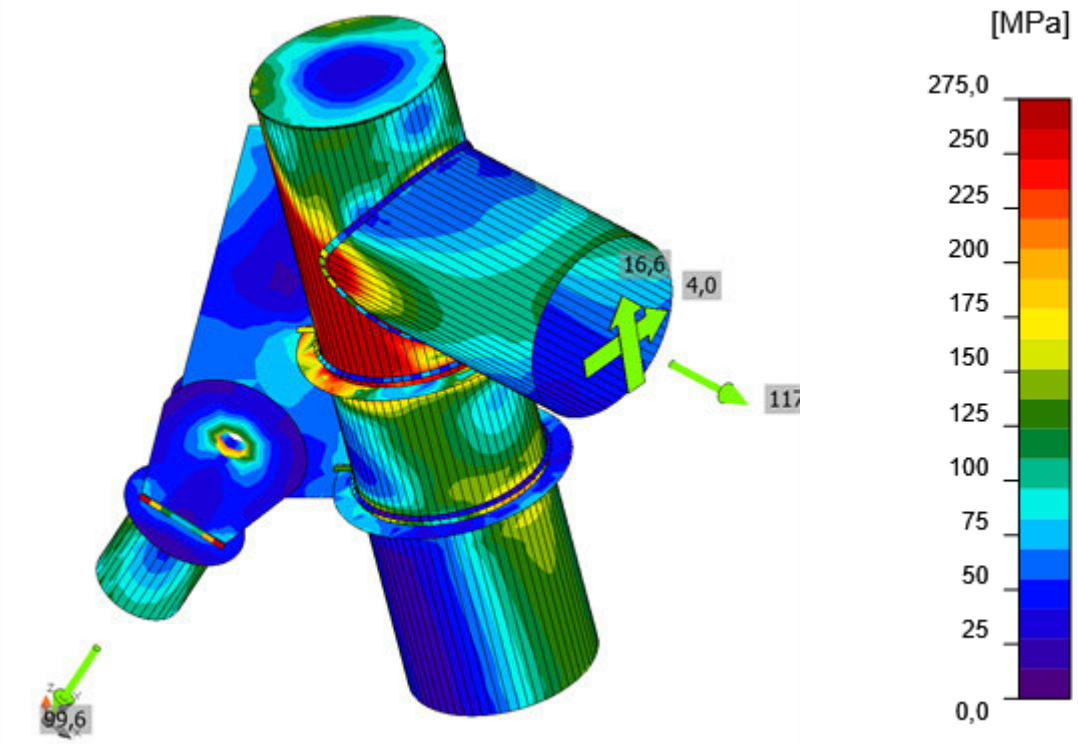
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LC17

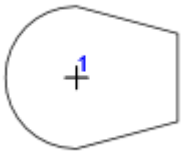
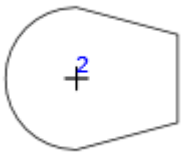


Strain check, LC17



Equivalent stress, LC17

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B1	LC17	14,2	54,1	5,4	205,3	52,7	0,0	OK
	B2	LC17	13,1	49,8	5,0	205,3	48,5	0,0	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	334,6	176,3

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 53	CPL1a	◢5,0◣	135	LC17	42,4	0,0	-42,4	-0,6	0,6	13,7	3,3	OK
		◢5,0◣	135	LC17	83,7	0,0	-0,5	14,0	-46,2	20,7	8,3	OK
M1-arc 53	CPL1a	◢5,0◣	21	LC17	76,2	0,0	-14,9	42,8	-5,7	18,8	12,3	OK
		◢5,0◣	21	LC17	77,1	0,0	14,6	-42,9	-8,2	19,1	16,3	OK
M1-arc 53	CPL1a	◢5,0◣	217	LC17	209,8	0,0	51,5	109,7	-41,9	51,8	10,1	OK
		◢5,0◣	217	LC17	91,7	0,0	-9,6	-52,6	2,9	22,7	8,7	OK
CPL1b	CPL1c	◢5,0	88	LC17	318,5	0,0	151,1	-47,1	154,9	78,7	44,6	OK
CPL1b	CPL1d	◢5,0	88	LC17	319,0	0,0	152,2	-47,3	-154,8	78,8	44,5	OK
M1-arc 44	CPL2a	◢5,0◣	135	LC17	70,3	0,0	1,0	-7,6	39,9	17,4	8,1	OK
		◢5,0◣	135	LC17	35,4	0,0	-35,1	0,6	2,3	11,3	3,1	OK
M1-arc 44	CPL2a	◢5,0◣	21	LC17	61,7	0,0	15,0	33,3	9,3	15,2	14,0	OK
		◢5,0◣	21	LC17	65,6	0,0	-14,3	-36,2	7,7	16,2	10,6	OK
M1-arc 44	CPL2a	◢5,0◣	217	LC17	84,7	0,0	-8,2	48,5	-4,0	20,9	8,3	OK
		◢5,0◣	217	LC17	195,4	0,0	46,2	-103,3	36,6	48,3	9,7	OK
CPL2b	CPL2c	◢5,0	88	LC17	290,5	0,0	139,2	39,2	141,9	71,8	40,9	OK
CPL2b	CPL2d	◢5,0	88	LC17	295,5	0,0	139,5	46,4	-143,1	73,0	41,0	OK
M1-arc 1	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	15,1	0,0	1,9	-7,5	-4,3	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	17,5	0,0	7,5	-7,6	5,0	4,3	4,3	OK
M1-arc 2	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	47,1	0,0	22,3	-7,7	-22,7	11,6	11,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	49,9	0,0	24,3	-7,9	23,9	12,3	12,3	OK
M1-arc 3	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	51,7	0,0	22,5	-13,3	-23,4	12,8	12,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	44,0	0,0	22,6	0,3	21,8	10,9	10,9	OK
M1-arc 4	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	30,4	0,0	10,9	-10,3	-12,7	7,5	7,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	16,3	0,0	9,0	-3,1	7,2	4,0	4,0	OK
M1-arc 5	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	15,8	0,0	1,8	9,0	-0,9	3,9	3,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	32,6	0,0	-3,6	-18,5	-2,6	8,0	8,0	OK
M1-arc 6	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	37,7	0,0	6,6	21,3	-2,3	9,3	9,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	62,5	0,0	-1,4	-35,9	2,9	15,4	15,4	OK
M1-arc 7	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	31,7	0,0	4,0	18,1	-1,0	7,8	7,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	56,0	0,0	-4,2	-32,2	-1,2	13,8	13,8	OK
M1-arc 8	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	32,7	0,0	2,1	18,6	2,7	8,1	8,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	58,7	0,0	-8,7	-33,3	-3,9	14,5	14,5	OK
M1-arc 9	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	29,5	0,0	-3,0	14,4	8,9	7,3	7,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	52,4	0,0	-13,9	-28,1	-8,0	13,0	13,0	OK
M1-arc 10	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	46,9	0,0	-6,6	24,7	10,3	11,6	11,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	70,6	0,0	-16,2	-37,7	-12,5	17,5	17,5	OK
M1-arc 11	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	35,5	0,0	-2,6	19,9	4,5	8,8	8,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	57,6	0,0	-9,9	-31,8	-8,0	14,2	14,2	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 12	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	34,6	0,0	-13,7	10,0	15,4	8,5	8,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	49,1	0,0	-19,4	-19,0	-17,8	12,1	12,1	OK
M1-arc 13	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	50,8	0,0	-18,4	19,4	19,3	12,5	12,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	60,5	0,0	-21,6	-25,3	-20,6	15,0	15,0	OK
M1-arc 14	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	19,1	0,0	-9,7	3,7	8,8	4,7	4,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	27,1	0,0	-10,7	-8,5	-11,6	6,7	6,7	OK
M1-arc 15	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	48,4	0,0	-25,3	-5,0	23,3	12,0	12,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	52,0	0,0	-24,4	2,4	-26,4	12,8	12,8	OK
M1-arc 16	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	30,4	0,0	-16,5	2,5	14,5	7,5	7,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	33,8	0,0	-15,2	-2,4	-17,2	8,3	8,3	OK
M1-arc 17	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	30,2	0,0	-16,6	-0,7	14,5	7,5	7,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	34,1	0,0	-15,1	3,9	-17,2	8,4	8,4	OK
M1-arc 18	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	49,1	0,0	-25,3	6,8	23,3	12,1	12,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	51,6	0,0	-24,3	-1,3	-26,2	12,7	12,7	OK
M1-arc 19	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	18,4	0,0	-9,8	-1,7	8,8	4,5	4,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	27,8	0,0	-10,4	9,5	-11,4	6,9	6,9	OK
M1-arc 20	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	48,7	0,0	-18,6	-17,4	19,3	12,0	12,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	61,0	0,0	-21,3	25,8	-20,6	15,1	15,1	OK
M1-arc 21	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	33,6	0,0	-13,9	-8,4	15,5	8,3	8,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	48,8	0,0	-19,0	19,3	-17,4	12,1	12,1	OK
M1-arc 22	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	34,0	0,0	-2,5	-19,1	4,3	8,4	8,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	58,5	0,0	-9,4	32,4	-7,6	14,4	14,4	OK
M1-arc 23	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	46,4	0,0	-7,0	-24,3	10,4	11,5	11,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	72,1	0,0	-15,9	38,6	-12,5	17,8	17,8	OK
M1-arc 24	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	30,0	0,0	-3,5	-14,4	9,3	7,4	7,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	53,8	0,0	-13,9	28,9	-8,1	13,3	13,3	OK
M1-arc 25	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	33,1	0,0	1,1	-18,8	3,3	8,2	8,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	60,2	0,0	-8,6	34,1	-4,3	14,9	14,9	OK
M1-arc 26	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	31,3	0,0	2,9	-18,0	-0,5	7,7	7,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	57,8	0,0	-4,4	33,2	-1,9	14,3	14,3	OK
M1-arc 27	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	36,9	0,0	6,2	-20,9	-2,1	9,1	9,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	65,5	0,0	-0,8	37,7	3,3	16,2	16,2	OK
M1-arc 28	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	19,9	0,0	2,1	-11,4	-1,0	4,9	4,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	40,0	0,0	-2,7	23,0	-1,6	9,9	9,9	OK
M1-arc 29	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	24,8	0,0	10,1	5,6	-11,8	6,1	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	20,6	0,0	8,4	8,6	6,6	5,1	5,1	OK
M1-arc 30	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	46,3	0,0	21,3	9,1	-21,9	11,4	11,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	41,8	0,0	21,2	3,4	20,5	10,3	10,3	OK
M1-arc 31	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	43,9	0,0	21,3	5,3	-21,6	10,9	10,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	49,9	0,0	23,7	9,9	23,3	12,3	12,3	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 32	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	14,7	0,0	2,9	6,5	-5,1	3,6	3,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	21,2	0,0	8,1	9,6	5,9	5,2	5,2	OK
M1-arc 33	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	58,9	0,0	1,6	33,3	-7,1	14,6	14,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	41,6	0,0	10,9	-22,5	5,5	10,3	10,3	OK
M1-arc 34	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	64,5	0,0	20,4	22,7	-27,1	15,9	15,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	64,6	0,0	32,8	-18,7	26,1	16,0	16,0	OK
M1-arc 35	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	69,9	0,0	22,2	22,0	-31,3	17,3	17,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	76,7	0,0	37,5	-26,2	28,4	18,9	18,9	OK
M1-arc 36	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	54,8	0,0	12,1	22,1	-21,5	13,6	13,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	77,0	0,0	29,6	-35,8	20,1	19,0	19,0	OK
M1-arc 37	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	62,0	0,0	-1,6	35,2	-6,2	15,3	15,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	93,4	0,0	14,8	-52,7	7,1	23,1	23,1	OK
M1-arc 38	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	97,5	0,0	3,0	55,4	-10,1	24,1	24,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	145,3	0,0	20,2	-82,0	13,0	35,9	35,9	OK
M1-arc 39	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	101,9	0,0	-0,5	58,1	-9,2	25,2	25,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	158,9	0,0	18,1	-90,7	8,3	39,3	39,3	OK
M1-arc 40	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	128,9	0,0	-2,0	74,2	-5,5	31,9	31,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	180,9	0,0	14,6	-103,9	6,9	44,7	44,7	OK
M1-arc 41	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	124,4	0,0	-7,8	71,4	-6,7	30,7	30,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	172,4	0,0	9,0	-99,2	-5,4	42,6	42,6	OK
M1-arc 42	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	129,7	0,0	-14,5	65,8	-34,8	32,0	32,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	175,2	0,0	22,5	-96,6	-26,8	43,3	43,3	OK
M1-arc 43	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	124,9	0,0	-4,4	28,1	-66,4	30,9	30,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	87,8	0,0	48,4	-35,9	-22,5	21,7	21,7	OK
M1-arc 44	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	79,2	0,0	-11,8	-9,3	-44,2	19,6	19,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	54,1	0,0	31,4	6,1	-24,6	13,4	13,4	OK
M1-arc 45	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	35,7	0,0	-20,2	-6,6	-15,7	8,8	8,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	47,1	0,0	9,5	3,4	-26,4	11,6	11,6	OK
M1-arc 46	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	44,2	0,0	-11,5	-23,4	-7,8	10,9	10,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	42,5	0,0	5,4	20,0	-13,9	10,5	10,5	OK
M1-arc 47	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	54,7	0,0	-23,0	-24,3	15,2	13,5	13,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	52,6	0,0	-14,7	18,5	-22,5	13,0	13,0	OK
M1-arc 48	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	28,2	0,0	-16,6	-2,1	13,0	7,0	7,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	28,6	0,0	-11,1	-3,9	-14,7	7,1	7,1	OK
M1-arc 49	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	41,9	0,0	-17,4	16,9	14,1	10,3	10,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	47,9	0,0	-12,2	-21,8	-15,6	11,8	11,8	OK
M1-arc 50	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	79,8	0,0	-24,2	40,6	16,8	19,7	19,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	89,5	0,0	-16,3	-45,0	-23,6	22,1	22,1	OK
M1-arc 51	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	61,4	0,0	-11,0	34,0	-7,7	15,2	15,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	73,2	0,0	5,4	-40,0	-13,4	18,1	18,1	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 52	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	38,3	0,0	-22,0	10,4	-14,9	9,5	9,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	56,0	0,0	8,4	-14,7	-28,4	13,8	13,8	OK
M1-arc 53	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	90,5	0,0	-10,6	15,6	-49,5	22,4	22,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	62,6	0,0	35,0	-16,3	-25,1	15,5	15,5	OK
M1-arc 54	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	138,2	0,0	-1,7	-27,8	-74,8	34,1	34,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	91,4	0,0	54,9	36,2	-21,7	22,6	22,6	OK
M1-arc 55	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	142,2	0,0	-16,6	-73,5	-35,2	35,1	35,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	193,3	0,0	22,4	106,8	-29,6	47,8	47,8	OK
M1-arc 56	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	133,2	0,0	-11,5	-76,5	-3,7	32,9	32,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	186,7	0,0	6,0	107,4	-9,2	46,1	46,1	OK
M1-arc 57	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	137,1	0,0	-4,4	-79,0	-3,4	33,9	33,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	194,4	0,0	12,7	111,9	4,7	48,0	48,0	OK
M1-arc 58	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	108,8	0,0	-2,8	-62,4	-7,4	26,9	26,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	170,6	0,0	16,5	97,9	6,2	42,2	42,2	OK
M1-arc 59	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	104,6	0,0	1,8	-59,7	-8,8	25,8	25,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	155,3	0,0	19,2	88,2	12,1	38,4	38,4	OK
M1-arc 60	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	67,4	0,0	-2,4	-38,5	-5,5	16,7	16,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	101,2	0,0	14,1	57,5	6,3	25,0	25,0	OK
M1-arc 61	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	58,8	0,0	11,2	-25,7	-21,1	14,5	14,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	83,5	0,0	29,2	40,8	19,4	20,6	20,6	OK
M1-arc 62	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	70,9	0,0	21,9	-23,2	-31,3	17,5	17,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	77,9	0,0	37,2	28,1	27,7	19,2	19,2	OK
M1-arc 63	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	64,5	0,0	20,5	-22,0	-27,6	15,9	15,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	66,0	0,0	33,5	19,3	26,5	16,3	16,3	OK
M1-arc 64	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	61,3	0,0	1,5	-34,6	-7,1	15,1	15,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	46,9	0,0	10,6	25,9	5,1	11,6	11,6	OK
M1-arc 1	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	21,6	0,0	-2,7	12,1	-2,5	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	7,8	0,0	7,1	-0,5	1,8	2,3	1,9	OK
M1-arc 2	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	23,2	0,0	4,2	10,3	-8,2	5,7	5,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	22,7	0,0	12,7	-6,4	8,7	5,6	5,6	OK
M1-arc 3	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	18,5	0,0	5,5	4,8	-9,0	4,6	4,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	23,4	0,0	12,8	-6,4	9,3	5,8	5,8	OK
M1-arc 4	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,4	0,0	1,7	0,7	-5,9	2,6	2,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,3	0,0	8,8	-8,0	4,6	4,5	4,5	OK
M1-arc 5	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	7,3	0,0	-1,5	4,1	-0,6	1,8	1,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	25,6	0,0	3,5	-14,6	1,4	6,3	6,3	OK
M1-arc 6	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,4	0,0	0,5	5,8	-1,6	2,6	2,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	38,0	0,0	4,1	-21,6	3,0	9,4	9,4	OK
M1-arc 7	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	7,0	0,0	-0,2	3,1	-2,6	1,7	1,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	34,4	0,0	3,3	-19,8	0,5	8,5	8,5	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 8	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	4,7	0,0	-0,5	2,7	0,0	1,2	1,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	36,1	0,0	0,7	-20,9	0,3	8,9	8,9	OK
M1-arc 9	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	6,0	0,0	-1,3	0,9	3,3	1,5	1,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	34,2	0,0	-2,6	-19,7	-0,7	8,4	8,4	OK
M1-arc 10	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	8,5	0,0	-3,8	3,1	3,2	2,1	2,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	42,2	0,0	-4,6	-23,6	-5,3	10,4	10,4	OK
M1-arc 11	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	7,9	0,0	-2,0	3,3	2,9	1,9	1,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	35,1	0,0	-4,9	-19,7	-3,9	8,7	8,7	OK
M1-arc 12	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	15,1	0,0	-4,6	0,2	8,3	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	31,0	0,0	-10,0	-15,8	-6,2	7,7	7,7	OK
M1-arc 13	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	18,5	0,0	-6,8	4,7	8,8	4,6	4,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	35,2	0,0	-12,1	-16,2	-10,1	8,7	8,7	OK
M1-arc 14	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,5	0,0	-3,2	-0,3	5,8	2,6	2,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	21,4	0,0	-9,6	-8,4	-7,1	5,3	5,3	OK
M1-arc 15	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	23,4	0,0	-8,8	-3,0	12,1	5,8	5,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	27,3	0,0	-15,9	-2,6	-12,5	6,7	6,7	OK
M1-arc 16	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	16,4	0,0	-5,5	0,5	8,9	4,0	4,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	21,5	0,0	-13,1	-2,0	-9,6	5,3	5,3	OK
M1-arc 17	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	16,5	0,0	-5,5	-0,4	9,0	4,1	4,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	21,8	0,0	-13,2	2,5	-9,7	5,4	5,4	OK
M1-arc 18	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	23,6	0,0	-8,9	3,2	12,2	5,8	5,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	27,5	0,0	-16,0	2,9	-12,6	6,8	6,8	OK
M1-arc 19	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,5	0,0	-3,2	0,2	5,8	2,6	2,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	22,0	0,0	-9,6	9,0	-7,1	5,4	5,4	OK
M1-arc 20	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	19,1	0,0	-7,0	-4,8	9,0	4,7	4,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	36,5	0,0	-12,3	17,0	-10,3	9,0	9,0	OK
M1-arc 21	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	15,6	0,0	-4,7	-0,1	8,6	3,8	3,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	32,1	0,0	-10,1	16,4	-6,3	7,9	7,9	OK
M1-arc 22	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	8,2	0,0	-1,9	-3,7	2,8	2,0	2,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	37,0	0,0	-4,7	20,9	-3,8	9,2	9,2	OK
M1-arc 23	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	9,3	0,0	-3,9	-3,5	3,3	2,3	2,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	44,6	0,0	-4,8	25,1	-5,3	11,0	11,0	OK
M1-arc 24	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	6,7	0,0	-1,4	-1,1	3,6	1,7	1,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	36,3	0,0	-2,9	20,9	-0,7	9,0	9,0	OK
M1-arc 25	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	5,1	0,0	-0,6	-2,9	0,2	1,3	1,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	38,7	0,0	0,5	22,4	0,1	9,6	9,6	OK
M1-arc 26	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	6,9	0,0	-0,4	-3,2	-2,4	1,7	1,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	36,9	0,0	3,0	21,2	0,2	9,1	9,1	OK
M1-arc 27	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,0	0,0	0,8	-5,5	-1,6	2,5	2,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	40,5	0,0	4,2	23,0	3,4	10,0	10,0	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 28	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	7,5	0,0	-0,9	-4,2	-0,9	1,8	1,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	29,3	0,0	3,8	16,6	1,9	7,2	7,2	OK
M1-arc 29	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,7	0,0	1,9	-0,7	-6,0	2,6	2,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	21,9	0,0	8,9	10,6	4,8	5,4	5,4	OK
M1-arc 30	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	18,7	0,0	6,0	-4,5	-9,2	4,6	4,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	25,9	0,0	12,8	8,8	9,6	6,4	6,4	OK
M1-arc 31	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	23,0	0,0	4,9	-9,9	-8,4	5,7	5,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	26,4	0,0	13,0	9,3	9,5	6,5	6,5	OK
M1-arc 32	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	20,2	0,0	-1,4	-11,2	-3,1	5,0	5,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	11,2	0,0	7,5	3,7	3,0	2,8	2,8	OK
M1-arc 33	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	4,3	0,0	-1,9	1,3	-1,8	1,1	1,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	25,3	0,0	7,7	-13,3	4,1	6,3	6,3	OK
M1-arc 34	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	15,2	0,0	4,8	0,7	-8,3	3,8	3,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	40,0	0,0	14,0	-19,0	10,4	9,9	9,9	OK
M1-arc 35	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	19,1	0,0	4,9	-3,6	-10,0	4,7	4,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	41,3	0,0	15,8	-19,2	10,7	10,2	10,2	OK
M1-arc 36	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	21,4	0,0	-0,3	-9,1	-8,3	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	44,8	0,0	13,1	-24,3	4,4	11,1	11,1	OK
M1-arc 37	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,1	0,0	-4,2	-5,0	-2,0	2,5	2,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	60,9	0,0	7,9	-34,8	1,8	15,1	15,1	OK
M1-arc 38	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	8,1	0,0	-2,0	-3,8	-2,5	2,0	2,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	80,9	0,0	9,8	-46,0	5,4	20,0	20,0	OK
M1-arc 39	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	11,7	0,0	-3,2	-3,3	-5,6	2,9	2,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	74,9	0,0	10,2	-42,8	1,4	18,5	18,5	OK
M1-arc 40	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	5,9	0,0	-4,1	1,8	-1,6	1,4	1,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	72,7	0,0	8,6	-41,6	2,9	18,0	18,0	OK
M1-arc 41	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	14,9	0,0	-7,6	5,4	-5,0	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	69,2	0,0	7,0	-39,4	-5,7	17,1	17,1	OK
M1-arc 42	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	56,8	0,0	-17,4	8,4	-30,1	14,0	14,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	87,9	0,0	18,6	-40,4	-28,9	21,7	21,7	OK
M1-arc 43	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	93,5	0,0	-16,0	6,6	-52,8	23,1	23,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	70,8	0,0	36,2	-13,0	-32,6	17,5	17,5	OK
M1-arc 44	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	70,1	0,0	-15,2	1,1	-39,5	17,3	17,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	54,0	0,0	28,5	-4,3	-26,1	13,3	13,3	OK
M1-arc 45	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	35,1	0,0	-17,9	3,2	-17,1	8,7	8,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	43,3	0,0	12,1	-7,1	-22,9	10,7	10,7	OK
M1-arc 46	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	21,5	0,0	-13,7	-6,8	-6,7	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	25,7	0,0	6,2	2,6	-14,2	6,3	6,3	OK
M1-arc 47	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	30,0	0,0	-18,7	-10,9	8,0	7,4	7,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	27,6	0,0	-4,6	3,4	-15,4	6,8	6,8	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 48	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	24,9	0,0	-16,1	-5,8	9,4	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	19,0	0,0	-3,1	-4,6	-9,8	4,7	4,7	OK
M1-arc 49	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	23,3	0,0	-16,3	-2,1	9,4	5,8	5,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	24,3	0,0	-3,2	-9,6	-10,1	6,0	6,0	OK
M1-arc 50	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	24,5	0,0	-19,4	4,3	7,5	6,3	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	40,2	0,0	-4,4	-16,3	-16,4	9,9	9,9	OK
M1-arc 51	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	20,8	0,0	-14,9	1,2	-8,3	5,1	5,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	37,9	0,0	6,9	-14,1	-16,3	9,4	9,4	OK
M1-arc 52	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	43,5	0,0	-20,2	-8,1	-20,7	10,7	10,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	48,4	0,0	14,2	-2,1	-26,6	12,0	12,0	OK
M1-arc 53	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	83,9	0,0	-18,4	-4,5	-47,0	20,7	20,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	65,2	0,0	33,2	-3,1	-32,2	16,1	16,1	OK
M1-arc 54	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	110,7	0,0	-20,3	-7,8	-62,3	27,4	27,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	83,1	0,0	42,2	8,5	-40,5	20,5	20,5	OK
M1-arc 55	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	65,6	0,0	-21,1	-7,7	-35,0	16,2	16,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	95,3	0,0	21,4	40,8	-34,8	23,6	23,6	OK
M1-arc 56	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	15,4	0,0	-10,3	-4,1	-5,1	3,8	3,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	73,8	0,0	6,9	41,6	-8,6	18,2	18,2	OK
M1-arc 57	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	6,5	0,0	-6,5	0,2	-0,2	2,1	1,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	78,5	0,0	8,1	45,1	1,4	19,4	19,4	OK
M1-arc 58	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	14,8	0,0	-5,7	6,4	-4,6	3,6	3,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	82,5	0,0	9,6	47,3	-0,7	20,4	20,4	OK
M1-arc 59	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	13,7	0,0	-3,8	7,5	-1,1	3,4	3,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	89,1	0,0	9,1	51,0	4,3	22,0	22,0	OK
M1-arc 60	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	14,6	0,0	-5,9	7,7	-1,0	3,6	3,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	68,9	0,0	7,4	39,5	0,5	17,0	17,0	OK
STIFF2a	CPL1a	◢5,0◣	21	LC17	245,9	0,0	54,8	131,1	44,3	60,8	60,8	OK
		◢5,0◣	21	LC17	396,2	0,0	58,8	-215,3	-69,5	97,9	97,9	OK
STIFF2a	CPL1a	◢5,0◣	21	LC17	104,4	0,0	12,7	-55,8	-21,6	25,8	25,8	OK
		◢5,0◣	21	LC17	189,2	0,0	-33,4	107,5	-0,8	46,8	46,8	OK
STIFF2a	CPL2a	◢5,0◣	21	LC17	362,2	0,0	54,8	197,0	62,7	89,5	89,5	OK
		◢5,0◣	21	LC17	218,0	0,0	50,8	-114,6	-43,1	53,9	53,9	OK
STIFF2a	CPL2a	◢5,0◣	21	LC17	162,7	0,0	-31,7	-92,1	-1,6	40,2	40,2	OK
		◢5,0◣	21	LC17	84,5	0,0	12,7	45,0	17,5	20,9	20,9	OK
STIFF2b	CPL2a	◢5,0◣	21	LC17	123,0	0,0	1,0	68,6	18,3	30,4	30,4	OK
		◢5,0◣	21	LC17	137,5	0,0	10,7	-78,8	6,7	34,0	34,0	OK
STIFF2b	CPL2a	◢5,0◣	21	LC17	135,6	0,0	-85,3	38,1	-47,4	33,5	33,5	OK
		◢5,0◣	21	LC17	119,4	0,0	-27,3	15,4	65,3	29,5	29,5	OK
STIFF2b	CPL1a	◢5,0◣	21	LC17	151,6	0,0	10,3	87,2	-3,9	37,5	37,5	OK
		◢5,0◣	21	LC17	140,4	0,0	4,0	-79,0	-18,3	34,7	34,7	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
STIFF2b	CPL1a	◢5,0◣	21	LC17	139,6	0,0	-37,9	-9,5	-77,0	34,5	34,5	OK
		◢5,0◣	21	LC17	162,1	0,0	-100,1	-41,1	61,1	40,1	40,1	OK
M1-arc 61	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	23,8	0,0	-2,3	11,4	-7,6	5,9	5,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	51,9	0,0	12,6	28,9	2,6	12,8	12,8	OK
M1-arc 62	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	18,4	0,0	3,4	5,3	-9,0	4,5	4,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	45,6	0,0	15,0	23,0	9,4	11,3	11,3	OK
M1-arc 63	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	13,2	0,0	3,6	0,8	-7,3	3,3	3,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	45,0	0,0	13,4	22,8	9,7	11,1	11,1	OK
M1-arc 64	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	3,2	0,0	-2,7	-0,3	-0,9	0,9	0,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	30,8	0,0	7,1	17,0	3,4	7,6	7,6	OK
CPL1b	M2	◢5,0	266	LC17	193,5	0,0	93,5	0,1	-97,8	47,8	29,2	OK
CPL2b	M3	◢5,0	266	LC17	180,1	0,0	81,5	-35,8	-85,5	44,5	26,9	OK
M1-arc 30	M4	◢5,0	630	LC17	159,3	0,0	120,1	37,1	-47,7	39,4	15,7	OK
		◢1,5◣	549	LC17	185,4	0,0	92,8	-25,9	-89,0	45,8	18,6	OK
STIFF1	M1	◢1,5◣	549	LC17	184,6	0,0	-82,3	-65,0	-69,9	45,6	22,3	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

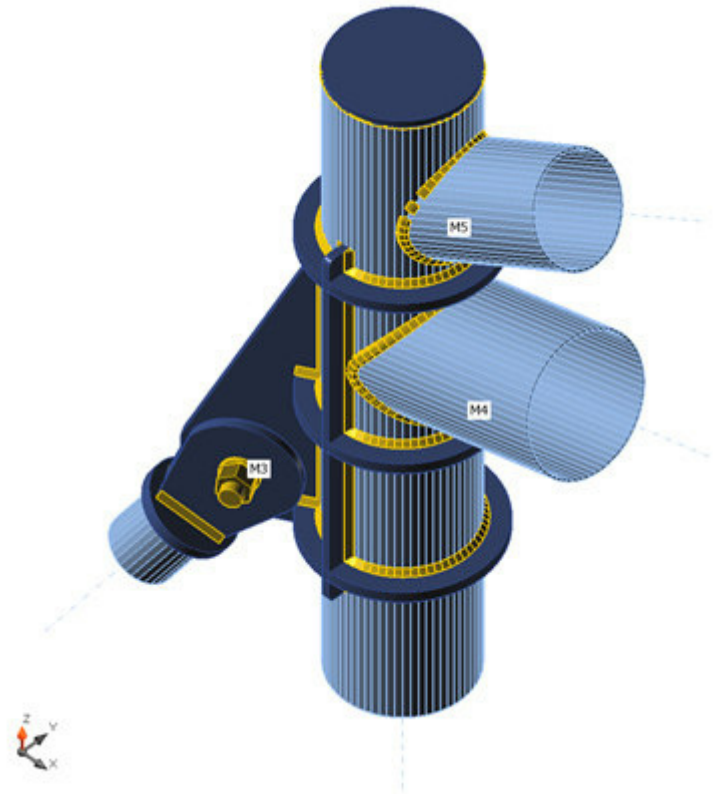
Project item CABECA_S4

Design

Name	CABECA_S4
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in	X [mm]
M1	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	90,0	0,0	-400	0	0	Node	0
M2	2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	151,0	55,0	0,0	0	0	0	Node	0
M3	2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	-151,0	55,0	0,0	0	0	0	Node	0
M4	1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	0,0	-16,0	0,0	0	0	0	Position	168
M5	4 - CHS 139,7X3(CHS139,7,3)	7,0	-27,0	0,0	0	0	187	Position	0



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS 177,8X3(CHS177,8,3)	S 275
2 - CHS 88,9X4(CHS88,9,4)	S 275
4 - CHS 139,7X3(CHS139,7,3)	S 275

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm^2]
M27 8.8	M27 8.8	27	800,0	573

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LC11	M1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	150,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	176,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4	69,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M5	108,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LC17	M1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	149,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	172,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4	157,1	2,3	45,1	0,0	0,0	0,0
	M5	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	2,9 < 5%	OK
Bolts	64,9 < 100%	OK
Welds	98,1 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	
GMNA	Not calculated	

Plates

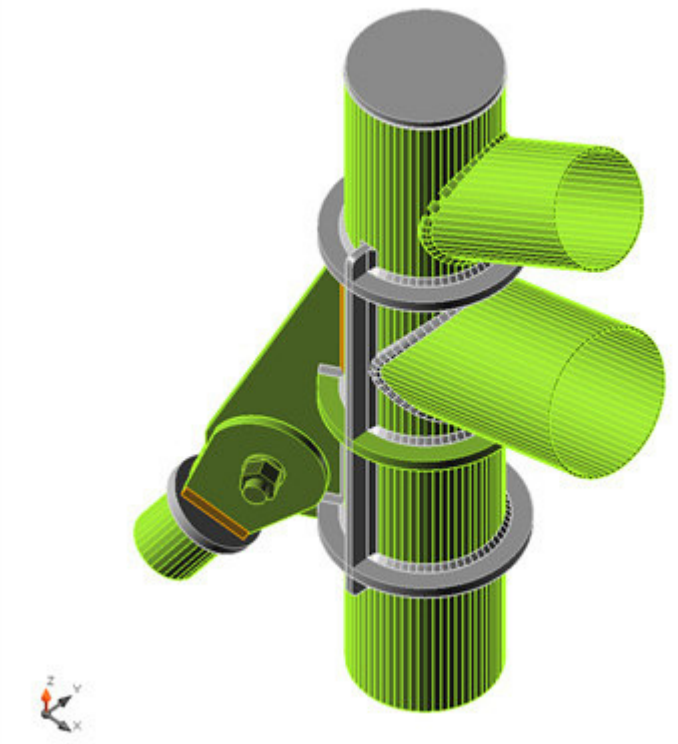
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	Status
M1	3,0	LC11	281,0	2,9	OK
M2	4,0	LC11	256,4	0,0	OK
M3	4,0	LC11	275,0	0,0	OK
M4	3,0	LC17	272,4	0,0	OK
M5	3,0	LC11	244,3	0,0	OK
CPL1a	15,0	LC17	274,8	0,0	OK
CPL1b	15,0	LC11	132,6	0,0	OK
CPL1c	12,0	LC11	202,5	0,0	OK
CPL1d	12,0	LC11	200,8	0,0	OK
CPL2a	15,0	LC11	275,5	0,2	OK
CPL2b	15,0	LC11	169,3	0,0	OK
CPL2c	12,0	LC11	226,3	0,0	OK
CPL2d	12,0	LC11	227,0	0,0	OK
STIFF1	10,0	LC11	57,6	0,0	OK
STIFF2a	15,0	LC17	227,5	0,0	OK
STIFF2b	15,0	LC11	129,1	0,0	OK
STIFF3	15,0	LC11	204,7	0,0	OK
SP1	10,0	LC11	165,0	0,0	OK
SP2	10,0	LC17	147,1	0,0	OK
SP3	10,0	LC11	150,6	0,0	OK

Design data

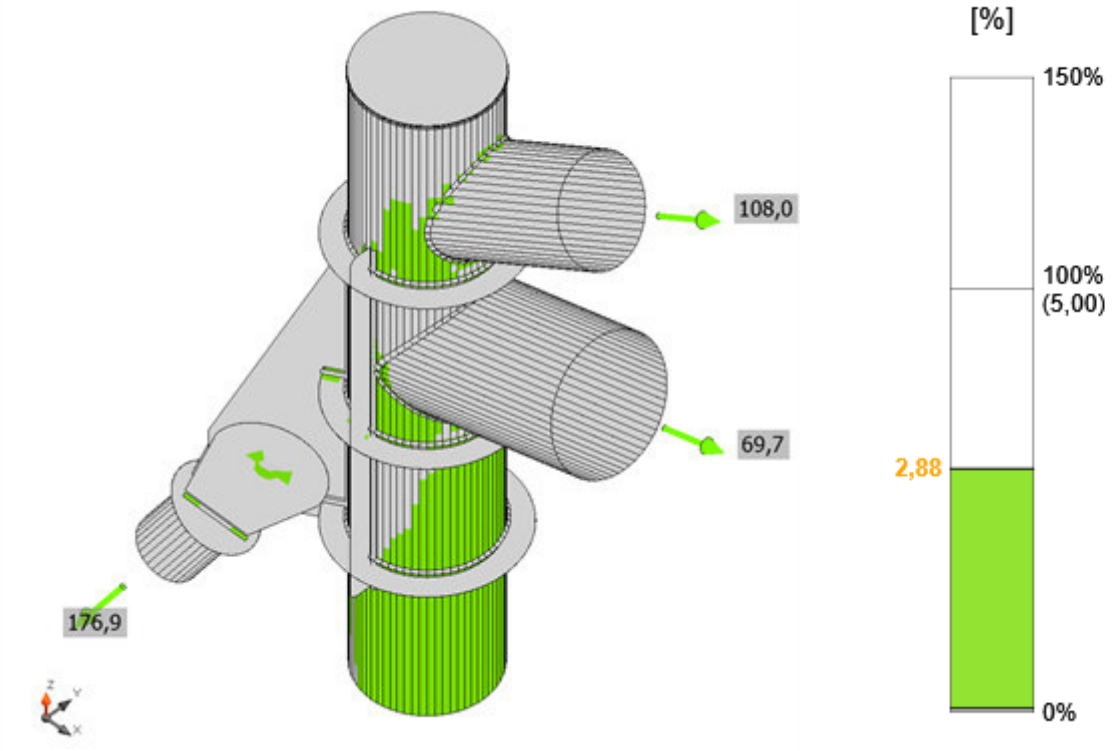
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Symbol explanation

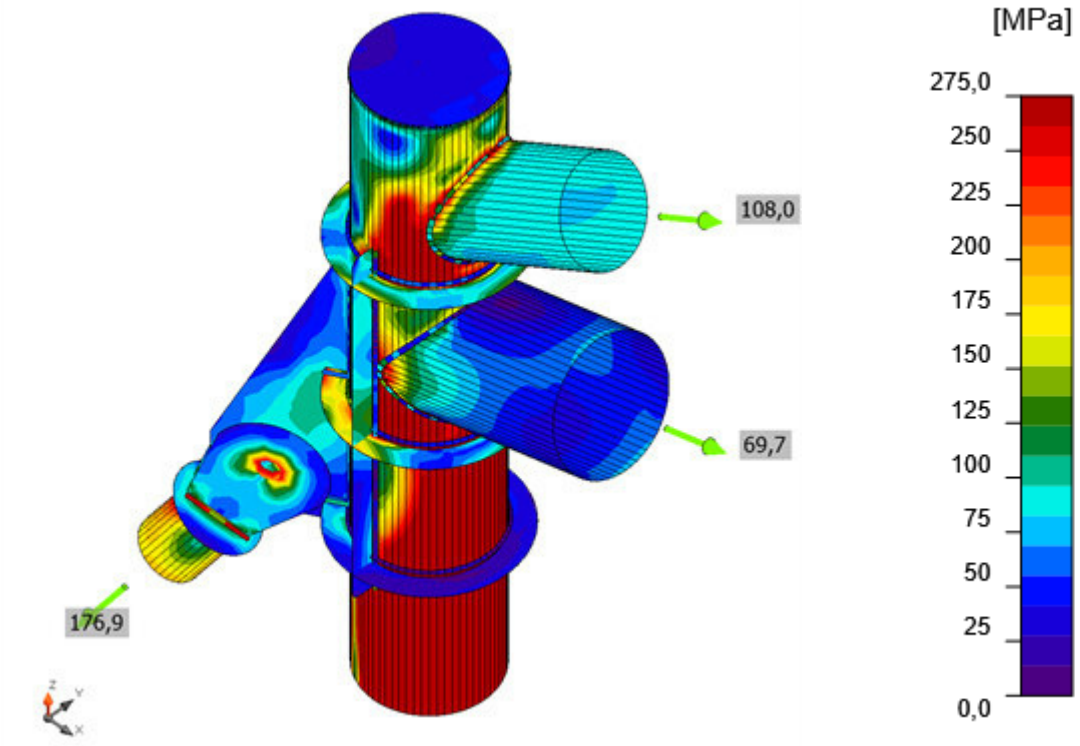
ε_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ε_{lim}	Limit of plastic strain



Overall check, LC11

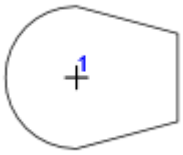
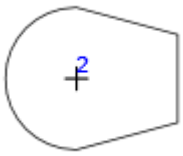


Strain check, LC11



Equivalent stress, LC11

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Status
	B1	LC11	19,6	75,1	7,4	272,6	55,1	47,9	OK
	B2	LC11	23,1	88,5	8,7	272,6	64,9	56,4	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	334,6	176,3

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces Vy, Vz in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
Ut_t	Utilization in tension
Ut_s	Utilization in shear
Ut_{ts}	Utilization in tension and shear EN 1993-1-8 table 3.4

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 54	CPL1a	◢5,0◣	185	LC11	54,4	0,0	-4,9	31,1	3,7	13,4	8,9	OK
		◢5,0◣	185	LC11	79,9	0,0	3,1	-46,1	2,2	19,7	11,8	OK
M1-arc 54	CPL1a	◢5,0◣	21	LC11	161,9	0,0	21,2	-88,9	-26,2	40,0	23,8	OK
		◢5,0◣	21	LC17	91,1	0,0	13,5	-51,9	3,1	22,5	16,6	OK
M1-arc 54	CPL1a	◢5,0◣	167	LC11	396,7	0,1	-16,8	223,1	50,8	98,0	19,9	OK
		◢5,0◣	167	LC17	143,1	0,0	17,0	-80,2	17,2	35,4	11,9	OK
CPL1b	CPL1c	◢5,0	88	LC11	396,7	0,1	186,1	-56,0	194,4	98,0	62,6	OK
CPL1b	CPL1d	◢5,0	88	LC11	396,7	0,1	188,7	-54,8	-193,9	98,0	62,3	OK
M1-arc 43	CPL2a	◢5,0◣	185	LC11	106,2	0,0	-1,5	61,2	3,8	26,2	17,3	OK
		◢5,0◣	185	LC11	82,8	0,0	-8,9	-47,1	-6,3	20,5	15,9	OK
M1-arc 43	CPL2a	◢5,0◣	21	LC11	123,8	0,0	43,3	-59,5	-30,6	30,6	21,8	OK
		◢5,0◣	21	LC11	120,4	0,0	12,6	63,8	26,7	29,7	21,5	OK
M1-arc 43	CPL2a	◢5,0◣	167	LC11	167,1	0,0	0,7	90,0	-34,7	41,3	15,9	OK
		◢5,0◣	167	LC11	396,8	0,1	-12,1	-226,4	-34,4	98,0	19,3	OK
CPL2b	CPL2c	◢5,0	88	LC11	397,1	0,3	189,3	-52,6	194,6	98,1	74,2	OK
CPL2b	CPL2d	◢5,0	88	LC11	397,1	0,3	188,6	50,9	-195,2	98,1	74,4	OK
M1-arc 1	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	85,2	0,0	35,8	-12,4	-42,9	21,1	21,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	94,3	0,0	52,3	-0,3	45,3	23,3	23,3	OK
M1-arc 2	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	33,8	0,0	8,8	-13,6	-13,0	8,3	8,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	30,2	0,0	17,6	4,6	13,4	7,5	7,5	OK
M1-arc 3	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	23,7	0,0	3,6	-12,7	-4,7	5,9	5,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	27,5	0,0	-1,6	15,2	-4,3	6,8	6,8	OK
M1-arc 4	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	24,7	0,0	11,5	5,3	-11,5	6,1	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	24,7	0,0	8,7	-10,1	8,7	6,1	6,1	OK
M1-arc 5	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	23,7	0,0	10,3	7,9	-9,5	5,9	5,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	23,9	0,0	5,9	-11,6	6,6	5,9	5,9	OK
M1-arc 6	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	25,2	0,0	7,4	12,5	-6,1	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	36,1	0,0	3,0	-20,3	4,3	8,9	8,9	OK
M1-arc 7	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	23,7	0,0	5,2	12,9	-3,2	5,8	5,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	40,1	0,0	-0,9	-23,1	1,1	9,9	9,9	OK
M1-arc 8	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	23,3	0,0	-4,0	11,3	6,9	5,8	5,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	44,4	0,0	-4,4	-25,5	-1,7	11,0	11,0	OK
M1-arc 9	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	20,8	0,0	-5,6	7,8	8,5	5,1	5,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	42,4	0,0	-8,1	-23,5	-4,9	10,5	10,5	OK
M1-arc 10	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	23,5	0,0	-8,7	5,5	11,4	5,8	5,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	44,0	0,0	-12,1	-22,8	-8,8	10,9	10,9	OK
M1-arc 11	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	24,8	0,0	-10,5	2,3	12,8	6,1	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	42,4	0,0	-14,9	-19,3	-12,3	10,5	10,5	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 12	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	29,6	0,0	-13,0	3,5	15,0	7,3	7,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	47,4	0,0	-17,3	-20,0	-15,8	11,7	11,7	OK
M1-arc 13	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	26,4	0,0	-12,1	0,5	13,5	6,5	6,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	38,7	0,0	-15,4	-13,8	-15,2	9,6	9,6	OK
M1-arc 14	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	32,2	0,0	-15,4	-0,9	16,3	8,0	8,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	42,1	0,0	-19,4	-8,7	-19,7	10,4	10,4	OK
M1-arc 15	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	30,0	0,0	-14,9	-0,3	15,1	7,4	7,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	39,0	0,0	-18,2	-6,1	-19,0	9,6	9,6	OK
M1-arc 16	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	32,0	0,0	-16,7	-1,1	15,7	7,9	7,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	41,0	0,0	-19,7	-1,5	-20,8	10,1	10,1	OK
M1-arc 17	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	27,8	0,0	-14,0	-2,9	13,6	6,9	6,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	36,5	0,0	-17,2	3,3	-18,3	9,0	9,0	OK
M1-arc 18	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	30,7	0,0	-14,9	-4,7	14,8	7,6	7,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	41,9	0,0	-19,3	8,3	-19,8	10,4	10,4	OK
M1-arc 19	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	27,0	0,0	-12,4	-5,4	12,8	6,7	6,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	38,9	0,0	-16,3	12,5	-16,1	9,6	9,6	OK
M1-arc 20	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	28,8	0,0	-12,2	-7,2	13,2	7,1	7,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	44,9	0,0	-17,9	17,2	-16,4	11,1	11,1	OK
M1-arc 21	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	24,9	0,0	-9,3	-7,6	11,0	6,1	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	42,9	0,0	-15,4	19,2	-12,9	10,6	10,6	OK
M1-arc 22	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	25,2	0,0	-7,8	-9,5	10,0	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	43,9	0,0	-14,3	21,2	-11,1	10,8	10,8	OK
M1-arc 23	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	21,9	0,0	-4,1	-10,6	6,5	5,4	5,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	40,4	0,0	-11,5	20,4	-9,1	10,0	10,0	OK
M1-arc 24	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	25,3	0,0	-1,3	-13,9	4,3	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	42,9	0,0	-9,6	23,2	-6,6	10,6	10,6	OK
M1-arc 25	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	23,8	0,0	2,1	-13,6	1,2	5,9	5,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	38,1	0,0	-1,6	22,0	0,6	9,4	9,4	OK
M1-arc 26	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	27,6	0,0	8,8	-13,4	-7,0	6,8	6,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	38,3	0,0	2,9	21,5	4,7	9,5	9,5	OK
M1-arc 27	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	25,9	0,0	6,7	-13,6	-5,1	6,4	6,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	25,3	0,0	0,6	14,5	2,2	6,3	6,3	OK
M1-arc 28	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	26,2	0,0	8,6	-11,6	-8,3	6,5	6,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	20,7	0,0	8,0	7,0	8,5	5,1	5,1	OK
M1-arc 29	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	26,5	0,0	12,5	5,9	-12,2	6,6	6,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	16,3	0,0	7,6	2,6	7,9	4,0	4,0	OK
M1-arc 30	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	33,9	0,0	8,1	16,8	-9,0	8,4	8,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	29,8	0,0	5,1	-16,8	2,2	7,4	7,4	OK
M1-arc 31	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	36,6	0,0	5,8	18,3	-10,1	9,0	9,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	28,5	0,0	10,4	-15,0	3,2	7,0	7,0	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 32	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	98,2	0,0	38,8	20,4	-47,9	24,3	24,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	107,8	0,0	60,3	-5,5	51,3	26,6	26,6	OK
M1-arc 33	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	134,4	0,0	44,0	52,9	-50,8	33,2	33,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	144,4	0,0	59,1	-55,1	52,5	35,7	35,7	OK
M1-arc 34	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	62,8	0,0	15,5	29,5	-19,2	15,5	15,5	OK
		◢5,0◣	9	LC11	89,8	0,0	24,8	-46,3	18,4	22,2	22,2	OK
M1-arc 35	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	59,2	0,0	9,3	31,7	-11,5	14,6	14,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	85,2	0,0	13,6	-47,9	8,0	21,0	21,0	OK
M1-arc 36	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	88,4	0,0	12,6	47,4	-17,4	21,8	21,8	OK
		◢5,0◣	9	LC11	119,7	0,0	23,9	-66,0	15,3	29,6	29,6	OK
M1-arc 37	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	75,3	0,0	7,0	41,5	-12,1	18,6	18,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	123,8	0,0	21,1	-69,6	10,9	30,6	30,6	OK
M1-arc 38	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	96,8	0,0	-0,9	55,3	-7,7	23,9	23,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	141,8	0,0	18,6	-80,5	9,9	35,0	35,0	OK
M1-arc 39	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	116,9	0,0	-6,4	67,0	-7,2	28,9	28,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	152,1	0,0	15,1	-87,3	1,5	37,6	37,6	OK
M1-arc 40	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	145,8	0,0	-15,0	83,2	-9,6	36,0	36,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	167,7	0,0	15,2	-96,0	-9,4	41,4	41,4	OK
M1-arc 41	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	161,3	0,0	-18,7	90,2	-20,8	39,9	39,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	162,6	0,0	18,1	-90,8	-21,3	40,2	40,2	OK
M1-arc 42	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	149,2	0,0	-26,7	77,7	-33,8	36,9	36,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	133,3	0,0	29,2	-68,3	-31,3	32,9	32,9	OK
M1-arc 43	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	138,4	0,0	-50,8	38,0	-63,9	34,2	34,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	133,8	0,0	46,9	-25,2	-67,8	33,1	33,1	OK
M1-arc 44	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	107,6	0,0	-41,2	13,6	-55,8	26,6	26,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	103,0	0,0	42,9	0,4	-54,1	25,5	25,5	OK
M1-arc 45	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	79,0	0,0	-26,6	-11,1	-41,5	19,5	19,5	OK
		◢5,0◣	9	LC11	90,7	0,0	29,8	31,3	-38,3	22,4	22,4	OK
M1-arc 46	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	45,5	0,0	-29,6	-16,9	-10,6	11,2	11,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	87,1	0,0	15,2	42,8	-25,0	21,5	21,5	OK
M1-arc 47	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	53,0	0,0	-23,2	-26,1	-8,6	13,1	13,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	84,4	0,0	30,8	45,3	-1,0	20,8	20,8	OK
M1-arc 48	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	63,9	0,0	-8,4	-22,7	-28,7	15,8	15,8	OK
		◢5,0◣	9	LC11	114,2	0,0	68,3	42,5	31,4	28,2	28,2	OK
M1-arc 49	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	48,3	0,0	-3,2	11,7	-25,2	11,9	11,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	77,8	0,0	57,9	5,0	29,6	19,2	19,2	OK
M1-arc 50	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	22,5	0,0	-14,1	5,6	-8,5	5,6	5,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	22,7	0,0	20,7	-5,0	-1,8	6,7	5,6	OK
M1-arc 51	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	28,8	0,0	-16,4	5,0	-12,7	7,1	7,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	37,7	0,0	6,4	-13,3	-16,8	9,3	9,3	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 52	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	56,8	0,0	-20,0	-2,5	-30,6	14,0	14,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	57,0	0,0	24,4	-14,1	-26,2	14,1	14,1	OK
M1-arc 53	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC11	89,1	0,0	-30,3	-17,0	-45,3	22,0	22,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	81,5	0,0	32,7	-4,0	-42,9	20,1	20,1	OK
M1-arc 54	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	114,9	0,0	-24,0	-50,7	-40,4	28,4	28,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	85,9	0,0	34,2	19,0	-41,4	21,2	21,2	OK
M1-arc 55	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	139,1	0,0	-21,2	-71,9	-33,5	34,4	34,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	115,6	0,0	26,7	58,6	-28,0	28,6	28,6	OK
M1-arc 56	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	140,1	0,0	-14,6	-78,1	-19,5	34,6	34,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	142,1	0,0	18,7	79,9	-15,5	35,1	35,1	OK
M1-arc 57	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	123,9	0,0	-7,6	-70,1	-13,2	30,6	30,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	141,3	0,0	18,9	80,8	-1,9	34,9	34,9	OK
M1-arc 58	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	107,6	0,0	-0,9	-60,9	-12,0	26,6	26,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	135,7	0,0	19,4	77,3	6,5	33,5	33,5	OK
M1-arc 59	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	83,1	0,0	2,8	-47,0	-9,5	20,5	20,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	117,8	0,0	19,4	65,8	12,7	29,1	29,1	OK
M1-arc 60	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	73,0	0,0	10,1	-38,6	-15,8	18,0	18,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	102,8	0,0	21,0	56,1	15,3	25,4	25,4	OK
M1-arc 61	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	70,7	0,0	10,7	-37,3	-15,5	17,5	17,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	90,2	0,0	21,1	47,9	16,3	22,3	22,3	OK
M1-arc 62	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	60,7	0,0	14,1	-29,9	-16,3	15,0	15,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	74,2	0,0	17,1	38,9	15,0	18,3	18,3	OK
M1-arc 63	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	59,6	0,0	10,7	-30,4	-14,8	14,7	14,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	70,9	0,0	18,5	36,8	14,4	17,5	17,5	OK
M1-arc 64	STIFF2a	◢5,0◣	9	LC17	115,5	0,0	38,7	-43,3	-45,6	28,5	28,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	122,6	0,0	53,9	42,6	47,2	30,3	30,3	OK
M1-arc 1	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	25,3	0,0	11,1	4,7	-12,2	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	29,5	0,0	15,4	2,3	14,3	7,3	7,3	OK
M1-arc 2	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	9,0	0,0	0,5	-1,2	5,1	2,2	2,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	17,5	0,0	-10,3	-6,7	-4,8	4,3	4,3	OK
M1-arc 3	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	11,9	0,0	-1,5	5,3	4,3	3,0	3,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	9,2	0,0	2,8	-4,6	2,3	2,3	2,3	OK
M1-arc 4	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	18,5	0,0	-3,4	9,4	4,6	4,6	4,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	14,4	0,0	3,2	-7,9	2,0	3,6	3,6	OK
M1-arc 5	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	17,0	0,0	-3,9	8,3	4,7	4,2	4,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	17,1	0,0	3,3	-9,5	1,8	4,2	4,2	OK
M1-arc 6	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	15,0	0,0	-4,7	6,1	5,5	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	16,9	0,0	1,9	-9,7	0,5	4,2	4,2	OK
M1-arc 7	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	13,8	0,0	-5,5	4,3	5,9	3,4	3,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,4	0,0	0,8	-10,6	-0,6	4,6	4,6	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 8	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	14,7	0,0	-6,5	3,2	6,9	3,6	3,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	17,9	0,0	-1,0	-10,2	-1,9	4,4	4,4	OK
M1-arc 9	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,0	0,0	-7,0	3,9	7,4	4,0	4,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	19,4	0,0	-2,7	-10,6	-3,2	4,8	4,8	OK
M1-arc 10	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,3	0,0	-7,4	3,7	7,6	4,0	4,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,3	0,0	-4,2	-9,4	-4,2	4,5	4,5	OK
M1-arc 11	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	17,4	0,0	-8,1	4,4	7,8	4,3	4,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	19,2	0,0	-6,0	-9,0	-5,5	4,7	4,7	OK
M1-arc 12	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	17,3	0,0	-8,1	4,3	7,7	4,3	4,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,1	0,0	-7,1	-7,5	-6,1	4,5	4,5	OK
M1-arc 13	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	17,7	0,0	-8,5	4,4	7,9	4,4	4,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,7	0,0	-8,7	-6,2	-7,2	4,6	4,6	OK
M1-arc 14	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	17,2	0,0	-8,4	3,7	7,8	4,2	4,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	17,1	0,0	-9,1	-4,2	-7,3	4,2	4,2	OK
M1-arc 15	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	17,5	0,0	-8,7	3,3	8,1	4,3	4,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,0	0,0	-10,2	-2,3	-8,2	4,4	4,4	OK
M1-arc 16	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,7	0,0	-8,5	2,6	7,9	4,1	4,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	16,8	0,0	-9,9	0,0	-7,8	4,2	4,2	OK
M1-arc 17	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,9	0,0	-8,9	1,8	8,1	4,2	4,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,2	0,0	-10,4	2,2	-8,3	4,5	4,5	OK
M1-arc 18	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,5	0,0	-8,7	1,0	8,1	4,1	4,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,2	0,0	-9,7	4,1	-7,9	4,5	4,5	OK
M1-arc 19	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,8	0,0	-8,8	0,5	8,2	4,2	4,2	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,9	0,0	-9,3	5,5	-7,7	4,7	4,7	OK
M1-arc 20	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	15,8	0,0	-8,3	-0,3	7,8	3,9	3,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	17,8	0,0	-7,5	7,0	-6,2	4,4	4,4	OK
M1-arc 21	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,4	0,0	-8,5	-1,3	7,9	4,0	4,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	20,0	0,0	-6,8	9,2	-5,8	5,0	5,0	OK
M1-arc 22	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	15,9	0,0	-8,1	-1,4	7,7	3,9	3,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,4	0,0	-5,0	9,2	-4,4	4,5	4,5	OK
M1-arc 23	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	15,7	0,0	-7,9	-2,1	7,5	3,9	3,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	19,5	0,0	-3,3	10,6	-3,4	4,8	4,8	OK
M1-arc 24	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	15,1	0,0	-7,5	-2,0	7,3	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	19,1	0,0	-1,6	10,8	-2,0	4,7	4,7	OK
M1-arc 25	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	14,7	0,0	-7,1	-2,4	7,1	3,6	3,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	19,8	0,0	-0,1	11,4	-0,8	4,9	4,9	OK
M1-arc 26	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	14,2	0,0	-6,6	-2,5	6,8	3,5	3,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	18,3	0,0	1,1	10,5	0,2	4,5	4,5	OK
M1-arc 27	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	13,5	0,0	-6,1	-3,6	6,0	3,3	3,3	OK
		◢5,0◣	9	LC17	17,5	0,0	2,6	9,9	1,3	4,3	4,3	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 28	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	14,0	0,0	-5,6	-5,4	5,1	3,5	3,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	15,2	0,0	4,0	8,1	2,5	3,8	3,8	OK
M1-arc 29	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	16,3	0,0	-4,3	-8,2	3,9	4,0	4,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	14,8	0,0	4,4	7,4	3,3	3,7	3,7	OK
M1-arc 30	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	14,2	0,0	-3,5	-7,2	3,4	3,5	3,5	OK
		◢5,0◣	9	LC11	7,4	0,0	-3,5	-0,9	-3,6	1,8	1,8	OK
M1-arc 31	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	10,5	0,0	3,9	-2,1	-5,3	2,6	2,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	14,9	0,0	8,4	1,0	7,1	3,7	3,7	OK
M1-arc 32	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	23,8	0,0	9,2	-3,8	-12,1	5,9	5,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	34,6	0,0	18,4	-6,5	15,6	8,5	8,5	OK
M1-arc 33	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	21,7	0,0	8,8	3,5	-10,9	5,4	5,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	51,5	0,0	15,2	-25,2	13,1	12,7	12,7	OK
M1-arc 34	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	14,8	0,0	3,5	6,2	-5,4	3,7	3,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	48,9	0,0	9,1	-27,1	5,7	12,1	12,1	OK
M1-arc 35	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	23,1	0,0	5,8	10,0	-8,1	5,7	5,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	57,8	0,0	9,8	-32,4	5,4	14,3	14,3	OK
M1-arc 36	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	31,6	0,0	4,9	16,7	-6,6	7,8	7,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	67,9	0,0	10,8	-38,4	5,1	16,8	16,8	OK
M1-arc 37	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	44,5	0,0	8,7	24,0	-7,6	11,0	11,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	75,2	0,0	11,6	-42,6	5,1	18,6	18,6	OK
M1-arc 38	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	55,8	0,0	10,7	31,0	-6,2	13,8	13,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	78,7	0,0	10,6	-44,8	4,3	19,5	19,5	OK
M1-arc 39	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	64,4	0,0	14,1	36,0	-4,9	15,9	15,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	82,3	0,0	11,4	-47,0	0,2	20,3	20,3	OK
M1-arc 40	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	70,7	0,0	14,7	39,9	-0,8	17,5	17,5	OK
		◢5,0◣	9	LC17	77,7	0,0	10,7	-44,2	-5,0	19,2	19,2	OK
M1-arc 41	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	76,3	0,0	14,4	42,9	5,4	18,9	18,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	73,9	0,0	12,4	-40,3	-11,9	18,3	18,3	OK
M1-arc 42	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	68,9	0,0	17,8	37,2	9,7	17,0	17,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	54,3	0,0	20,3	-24,0	-16,4	13,4	13,4	OK
M1-arc 43	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	65,6	0,0	-9,5	14,4	-34,6	16,2	16,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	45,4	0,0	-6,8	-1,7	25,9	11,2	11,2	OK
M1-arc 44	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	60,3	0,0	-9,6	5,4	-33,9	14,9	14,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	46,5	0,0	-9,3	-1,2	26,3	11,5	11,5	OK
M1-arc 45	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	35,4	0,0	16,4	-15,7	9,0	8,7	8,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	32,9	0,0	13,2	5,5	-16,5	8,1	8,1	OK
M1-arc 46	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	46,2	0,0	13,7	-25,4	1,9	11,4	11,4	OK
		◢5,0◣	9	LC17	31,0	0,0	7,4	13,9	-10,4	7,7	7,7	OK
M1-arc 47	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	49,7	0,0	5,1	-28,5	0,7	12,3	12,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	38,6	0,0	-1,1	-21,8	4,8	9,5	9,5	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 48	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	40,1	0,0	-28,3	0,0	16,4	9,9	9,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	30,5	0,0	-5,1	2,6	-17,2	7,5	7,5	OK
M1-arc 49	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	32,9	0,0	-23,6	-6,5	11,5	8,1	8,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	29,5	0,0	-2,4	8,7	-14,6	7,3	7,3	OK
M1-arc 50	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	11,9	0,0	-11,7	0,9	0,5	3,8	2,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	15,4	0,0	3,3	-3,6	-7,9	3,8	3,8	OK
M1-arc 51	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	16,5	0,0	-13,7	2,4	-4,7	4,4	4,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	45,6	0,0	2,3	-26,2	-2,2	11,3	11,3	OK
M1-arc 52	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	39,9	0,0	-0,4	-19,1	-12,9	9,9	9,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	69,0	0,0	5,8	-39,0	-7,5	17,0	17,0	OK
M1-arc 53	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	64,8	0,0	-9,4	-31,4	-19,6	16,0	16,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	73,1	0,0	17,4	-39,3	-11,6	18,1	18,1	OK
M1-arc 54	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	75,0	0,0	-11,6	-34,5	-25,3	18,5	18,5	OK
		◢5,0◣	9	LC11	64,4	0,0	21,0	-31,3	-15,9	15,9	15,9	OK
M1-arc 55	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	63,0	0,0	-13,0	-31,6	-16,3	15,6	15,6	OK
		◢5,0◣	9	LC17	54,1	0,0	22,1	23,8	-15,7	13,4	13,4	OK
M1-arc 56	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	59,7	0,0	-10,7	-31,9	-11,5	14,7	14,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	68,9	0,0	13,2	37,0	-12,4	17,0	17,0	OK
M1-arc 57	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	44,7	0,0	-9,6	-24,3	-6,7	11,1	11,1	OK
		◢5,0◣	9	LC17	74,9	0,0	11,5	42,4	-5,1	18,5	18,5	OK
M1-arc 58	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	31,4	0,0	-8,8	-16,9	-4,3	7,8	7,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	73,1	0,0	11,0	41,7	0,3	18,1	18,1	OK
M1-arc 59	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	19,8	0,0	-9,0	-9,8	-2,6	4,9	4,9	OK
		◢5,0◣	9	LC17	72,0	0,0	11,8	40,8	3,8	17,8	17,8	OK
M1-arc 60	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	11,5	0,0	-9,0	-3,6	-2,0	2,9	2,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	65,7	0,0	12,0	36,9	5,1	16,2	16,2	OK
STIFF2a	CPL1a	◢5,0◣	31	LC11	338,0	0,0	106,8	139,2	122,0	83,5	83,5	OK
		◢5,0◣	31	LC11	356,1	0,0	127,2	-156,3	-111,6	88,0	88,0	OK
STIFF2a	CPL1a	◢5,0◣	31	LC11	133,2	0,0	89,5	1,5	56,9	32,9	32,9	OK
		◢5,0◣	31	LC11	69,3	0,0	7,1	4,2	-39,6	17,1	17,1	OK
STIFF2a	CPL2a	◢5,0◣	31	LC11	396,7	0,0	129,8	181,4	118,1	98,0	98,0	OK
		◢5,0◣	31	LC11	396,7	0,1	122,8	-172,4	-133,1	98,0	98,0	OK
STIFF2a	CPL2a	◢5,0◣	31	LC17	76,2	0,0	-7,2	-40,5	16,5	18,8	18,8	OK
		◢5,0◣	31	LC17	106,5	0,0	52,1	45,5	-28,3	26,3	26,3	OK
STIFF2b	CPL2a	◢5,0◣	31	LC17	150,7	0,0	-8,5	86,6	-7,2	37,2	37,2	OK
		◢5,0◣	31	LC17	138,5	0,0	-9,3	-79,1	10,6	34,2	34,2	OK
STIFF2b	CPL2a	◢5,0◣	31	LC17	112,0	0,0	-68,8	11,2	-49,8	27,7	27,7	OK
		◢5,0◣	31	LC11	127,1	0,0	57,0	47,4	-45,4	31,4	31,4	OK
STIFF2b	CPL1a	◢5,0◣	31	LC17	132,4	0,0	-9,4	75,4	-11,4	32,7	32,7	OK
		◢5,0◣	31	LC17	144,7	0,0	-9,9	-83,0	7,9	35,8	35,8	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
STIFF2b	CPL1a	◢5,0◣	31	LC17	88,8	0,0	-29,9	-1,5	-48,2	21,9	21,9	OK
		◢5,0◣	31	LC17	120,4	0,0	-71,2	-19,3	52,6	29,7	29,7	OK
M1-arc 61	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	11,0	0,0	-0,7	-3,6	-5,3	2,7	2,7	OK
		◢5,0◣	9	LC17	63,2	0,0	12,2	35,2	6,2	15,6	15,6	OK
M1-arc 62	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	8,1	0,0	-5,4	2,7	-2,2	2,0	2,0	OK
		◢5,0◣	9	LC17	51,8	0,0	8,9	29,2	4,1	12,8	12,8	OK
M1-arc 63	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC17	9,8	0,0	2,7	-0,1	-5,5	2,4	2,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	47,3	0,0	4,0	27,1	2,5	11,7	11,7	OK
M1-arc 64	STIFF2b	◢5,0◣	9	LC11	27,3	0,0	10,7	14,0	-3,8	6,8	6,8	OK
		◢5,0◣	9	LC17	52,4	0,0	14,7	25,5	13,9	12,9	12,9	OK
M1-arc 1	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	129,9	0,0	64,6	15,1	-63,3	32,1	32,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	130,4	0,0	57,8	-32,5	59,2	32,2	32,2	OK
M1-arc 2	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	47,0	0,0	14,4	21,6	-14,1	11,6	11,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	49,4	0,0	19,7	-21,3	15,2	12,2	12,2	OK
M1-arc 3	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	22,0	0,0	-1,4	12,7	-0,7	5,4	5,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	26,7	0,0	4,6	-15,2	0,0	6,6	6,6	OK
M1-arc 4	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	44,3	0,0	4,0	24,6	-6,5	10,9	10,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	65,2	0,0	17,0	-34,7	10,7	16,1	16,1	OK
M1-arc 5	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	39,8	0,0	2,8	22,4	-4,9	9,8	9,8	OK
		◢5,0◣	9	LC11	59,8	0,0	14,0	-32,4	9,0	14,8	14,8	OK
M1-arc 6	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	39,1	0,0	0,5	22,5	-2,1	9,7	9,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	60,9	0,0	9,6	-34,4	4,8	15,1	15,1	OK
M1-arc 7	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	35,9	0,0	-1,2	20,7	0,4	8,9	8,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	58,3	0,0	2,7	-33,6	0,1	14,4	14,4	OK
M1-arc 8	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	33,5	0,0	-2,6	19,1	2,4	8,3	8,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	60,2	0,0	-2,9	-34,5	-3,8	14,9	14,9	OK
M1-arc 9	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	28,2	0,0	-3,8	15,6	3,8	7,0	7,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	56,8	0,0	-8,8	-31,4	-7,8	14,0	14,0	OK
M1-arc 10	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	25,7	0,0	-5,7	13,3	5,8	6,4	6,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	57,6	0,0	-14,7	-29,6	-12,4	14,2	14,2	OK
M1-arc 11	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	22,7	0,0	-7,0	10,3	7,0	5,6	5,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	55,0	0,0	-19,4	-24,9	-16,2	13,6	13,6	OK
M1-arc 12	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	27,2	0,0	-10,9	-0,8	14,3	6,7	6,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	59,2	0,0	-23,2	-24,4	-19,8	14,6	14,6	OK
M1-arc 13	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	21,9	0,0	-7,9	-3,4	11,3	5,4	5,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	49,2	0,0	-22,6	-16,4	-19,2	12,2	12,2	OK
M1-arc 14	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	28,0	0,0	-10,9	-3,3	14,5	6,9	6,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	49,9	0,0	-26,4	-8,9	-22,8	12,3	12,3	OK
M1-arc 15	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	23,0	0,0	-8,4	1,0	12,3	5,7	5,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	45,4	0,0	-25,3	-3,8	-21,4	11,2	11,2	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 16	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	24,7	0,0	-8,6	3,2	13,0	6,1	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	46,6	0,0	-26,3	4,2	-21,8	11,5	11,5	OK
M1-arc 17	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	21,1	0,0	-5,9	5,2	10,5	5,2	5,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	45,3	0,0	-23,5	11,8	-19,0	11,2	11,2	OK
M1-arc 18	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	24,5	0,0	-7,5	5,0	12,5	6,1	6,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	52,6	0,0	-24,6	18,4	-19,6	13,0	13,0	OK
M1-arc 19	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	20,0	0,0	-5,4	4,6	10,1	4,9	4,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	52,4	0,0	-20,7	22,8	-16,0	13,0	13,0	OK
M1-arc 20	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	21,2	0,0	-7,7	-7,7	8,5	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	57,0	0,0	-19,3	27,1	-14,9	14,1	14,1	OK
M1-arc 21	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	21,5	0,0	-6,1	-9,6	7,1	5,3	5,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	54,3	0,0	-14,4	28,2	-10,9	13,4	13,4	OK
M1-arc 22	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	25,0	0,0	-6,0	-12,3	6,7	6,2	6,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	55,0	0,0	-10,1	30,2	-8,1	13,6	13,6	OK
M1-arc 23	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	26,2	0,0	-4,3	-14,3	4,4	6,5	6,5	OK
		◢5,0◣	9	LC11	49,8	0,0	-2,7	28,5	-3,4	12,3	12,3	OK
M1-arc 24	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	31,5	0,0	-3,4	-17,9	2,6	7,8	7,8	OK
		◢5,0◣	9	LC11	55,0	0,0	3,5	31,7	0,6	13,6	13,6	OK
M1-arc 25	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	33,5	0,0	-2,1	-19,3	0,3	8,3	8,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	51,3	0,0	9,5	28,7	4,9	12,7	12,7	OK
M1-arc 26	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	38,7	0,0	-0,2	-22,2	-2,7	9,6	9,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	57,2	0,0	15,8	30,1	10,2	14,1	14,1	OK
M1-arc 27	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	40,2	0,0	0,9	-22,8	-4,5	9,9	9,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	60,1	0,0	20,0	29,8	13,5	14,9	14,9	OK
M1-arc 28	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	44,0	0,0	7,7	-20,4	-14,4	10,9	10,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	64,5	0,0	23,1	30,7	16,4	15,9	15,9	OK
M1-arc 29	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	40,7	0,0	6,3	-19,3	-12,9	10,1	10,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	60,8	0,0	22,1	28,8	15,5	15,0	15,0	OK
M1-arc 30	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	24,0	0,0	4,7	-9,5	-9,7	5,9	5,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	36,2	0,0	14,8	16,4	9,7	8,9	8,9	OK
M1-arc 31	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	42,0	0,0	12,4	-20,0	-11,7	10,4	10,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	48,3	0,0	18,4	20,4	15,8	11,9	11,9	OK
M1-arc 32	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	121,4	0,0	63,3	-7,6	-59,3	30,0	30,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	115,2	0,0	52,3	18,3	56,4	28,5	28,5	OK
M1-arc 33	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	140,6	0,0	62,8	42,5	-58,9	34,7	34,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	118,3	0,0	53,5	-20,3	57,4	29,2	29,2	OK
M1-arc 34	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	53,2	0,0	24,8	16,5	-21,6	13,1	13,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	44,4	0,0	18,8	-7,2	22,0	11,0	11,0	OK
M1-arc 35	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	38,4	0,0	14,7	17,8	-10,1	9,5	9,5	OK
		◢5,0◣	9	LC11	25,0	0,0	5,0	-10,0	10,0	6,2	6,2	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 36	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	56,2	0,0	18,9	26,7	-14,9	13,9	13,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	54,5	0,0	12,5	-25,7	16,6	13,5	13,5	OK
M1-arc 37	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	45,8	0,0	16,4	21,3	-12,5	11,3	11,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	46,9	0,0	8,3	-23,7	12,2	11,6	11,6	OK
M1-arc 38	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	42,1	0,0	11,1	22,4	-7,0	10,4	10,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	46,5	0,0	6,2	-25,1	8,7	11,5	11,5	OK
M1-arc 39	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	38,1	0,0	5,9	21,4	-3,6	9,4	9,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	44,5	0,0	3,2	-25,4	3,2	11,0	11,0	OK
M1-arc 40	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	39,0	0,0	0,7	22,5	-0,4	9,6	9,6	OK
		◢5,0◣	9	LC11	47,7	0,0	2,1	-27,5	0,0	11,8	11,8	OK
M1-arc 41	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	36,9	0,0	-4,8	20,9	2,9	9,1	9,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	45,7	0,0	1,0	-26,2	-2,9	11,3	11,3	OK
M1-arc 42	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	40,5	0,0	-10,0	21,7	6,6	10,0	10,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	42,9	0,0	-1,3	-24,0	-6,2	10,6	10,6	OK
M1-arc 43	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	41,9	0,0	-14,3	20,8	9,2	10,4	10,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	35,6	0,0	-2,8	-17,4	-10,9	8,8	8,8	OK
M1-arc 44	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	47,9	0,0	-17,0	23,1	11,7	11,8	11,8	OK
		◢5,0◣	9	LC11	37,3	0,0	-7,1	-15,2	-14,7	9,2	9,2	OK
M1-arc 45	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	41,5	0,0	-14,7	19,7	10,7	10,3	10,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	26,4	0,0	-8,2	-5,7	-13,3	6,5	6,5	OK
M1-arc 46	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	47,2	0,0	-18,6	17,0	18,4	11,7	11,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	29,7	0,0	-14,6	2,2	-14,8	7,3	7,3	OK
M1-arc 47	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	60,3	0,0	-14,8	25,6	22,0	14,9	14,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	46,9	0,0	-28,6	0,8	-21,4	11,6	11,6	OK
M1-arc 48	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	57,9	0,0	-20,9	2,5	31,1	14,3	14,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	69,1	0,0	-41,7	4,0	-31,5	17,1	17,1	OK
M1-arc 49	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	60,9	0,0	-6,9	-29,3	19,0	15,1	15,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	50,6	0,0	-32,7	8,4	-20,7	12,5	12,5	OK
M1-arc 50	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	41,6	0,0	-10,4	-18,3	14,4	10,3	10,3	OK
		◢5,0◣	9	LC11	23,8	0,0	-14,6	-2,6	-10,6	5,9	5,9	OK
M1-arc 51	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	39,3	0,0	-11,2	-18,6	11,3	9,7	9,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	23,5	0,0	-11,7	2,3	-11,6	5,8	5,8	OK
M1-arc 52	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	43,9	0,0	-14,4	-21,2	11,1	10,9	10,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	29,1	0,0	-8,1	11,0	-11,8	7,2	7,2	OK
M1-arc 53	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	42,0	0,0	-12,6	-21,3	9,0	10,4	10,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	31,9	0,0	-4,8	16,2	-8,3	7,9	7,9	OK
M1-arc 54	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	41,2	0,0	-11,0	-21,7	7,5	10,2	10,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	40,7	0,0	-2,5	22,5	-6,5	10,0	10,0	OK
M1-arc 55	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	36,3	0,0	-6,5	-20,2	4,1	9,0	9,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	40,6	0,0	2,0	23,4	-2,0	10,0	10,0	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Status
M1-arc 56	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	38,0	0,0	-1,9	-21,9	1,0	9,4	9,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	46,1	0,0	4,1	26,4	1,7	11,4	11,4	OK
M1-arc 57	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	35,4	0,0	3,1	-20,2	-2,4	8,7	8,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	42,4	0,0	7,8	23,3	6,0	10,5	10,5	OK
M1-arc 58	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	41,1	0,0	10,6	-20,5	-10,1	10,1	10,1	OK
		◢5,0◣	9	LC11	47,5	0,0	11,1	24,0	11,6	11,7	11,7	OK
M1-arc 59	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	43,1	0,0	12,1	-22,0	-9,3	10,7	10,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	48,4	0,0	14,6	22,6	14,1	12,0	12,0	OK
M1-arc 60	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	48,1	0,0	15,8	-23,3	-12,1	11,9	11,9	OK
		◢5,0◣	9	LC11	44,2	0,0	14,4	17,1	17,0	10,9	10,9	OK
M1-arc 48	SP1	◢5,0◣	530	LC11	189,1	0,0	6,5	-105,6	-27,4	46,7	12,7	OK
		◢5,0◣	530	LC11	113,3	0,0	-30,2	62,7	-7,1	28,0	7,0	OK
M1-arc 32	SP2	◢5,0◣	530	LC11	146,0	0,0	-15,5	-80,8	-22,4	36,1	9,6	OK
		◢5,0◣	530	LC17	160,8	0,0	-13,8	53,5	75,5	39,7	10,0	OK
M1-arc 1	SP3	◢5,0◣	530	LC17	126,8	0,0	-15,8	-41,8	-59,4	31,3	9,3	OK
		◢5,0◣	530	LC11	177,3	0,0	-21,6	101,3	-7,4	43,8	10,7	OK
M1-arc 61	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	47,4	0,0	16,0	-22,6	-12,5	11,7	11,7	OK
		◢5,0◣	9	LC11	40,4	0,0	17,3	10,0	18,6	10,0	10,0	OK
M1-arc 62	STIFF3	◢5,0◣	9	LC17	41,1	0,0	16,2	-17,8	-12,7	10,2	10,2	OK
		◢5,0◣	9	LC11	30,2	0,0	11,7	-2,9	15,8	7,5	7,5	OK
M1-arc 63	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	50,3	0,0	21,1	-17,9	-19,4	12,4	12,4	OK
		◢5,0◣	9	LC11	40,5	0,0	19,0	-0,1	20,7	10,0	10,0	OK
M1-arc 64	STIFF3	◢5,0◣	9	LC11	145,8	0,0	65,5	-38,4	-64,7	36,0	36,0	OK
		◢5,0◣	9	LC11	129,2	0,0	62,9	13,8	63,7	31,9	31,9	OK
CPL1b	M2	◢5,0	266	LC11	255,1	0,0	121,5	38,5	-123,7	63,0	40,8	OK
CPL2b	M3	◢5,0	266	LC11	288,4	0,0	136,8	51,5	-137,2	71,3	48,3	OK
M1-arc 30	M4	◢5,0	640	LC17	199,2	0,0	167,8	27,3	-55,6	54,2	20,1	OK
		◢1,5◣	549	LC11	92,8	0,0	-37,7	-39,3	29,3	22,9	12,5	OK
STIFF1	M1	◢1,5◣	549	LC11	104,1	0,0	64,5	12,7	45,4	25,7	15,7	OK
M1-arc 14	M5	◢5,0	475	LC11	288,9	0,0	-75,2	28,7	-158,5	71,4	27,2	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Symbol explanation

ε_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
$\sigma_{\perp}$	Perpendicular stress
$\tau_{\parallel}$	Shear stress parallel to weld axis
$\tau_{\perp}$	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Utc	Weld capacity utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Joint coefficient βj	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0,10	-	
Friction coefficient - concrete	0,25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0,05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance	Yes		ETAG 001-C
Use calculated αb in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		
Local deformation check	No		
Local deformation limit	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	No		Large deformations for hollow sections