



constructie berekening faunapassage N279

3 november 2021

Verantwoording

Titel	constructie berekening faunapassage N279
Opdrachtgever	Provincie Noord-Brabant
Projectleider	Stefaan Haegemans
Auteur(s)	Adolf Eisses
Tweede lezer	Erik Korterink
Projectnummer	1270074
Aantal pagina's	22
Datum	3 november 2021
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
W.A. Scholtenstraat 3a
Postbus 722
9400 AS Assen
T +31 59 23 91 30 0
E info.assen@tauw.com

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Normen en richtlijnen	6
2.2	Algemene uitgangspunten	6
2.3	Ontwerpverantwoording en -keuzes	6
2.3.1	Algemeen	6
2.3.2	Onderdoorgang N279	7
2.3.3	Onderdoorgang parallelweg	7
2.3.4	Duiker in watergang	7
2.3.5	Keerwanden	7
2.3.6	Stootplaten	8
2.4	Bodemopbouw en (grond)waterstanden	8
3	Materiaalgegevens	9
3.1	Beton	9
3.2	Betonstaal	10
3.3	Grond	10
4	Belastingen en lastfactoren	10
4.1	BG1 – Eigen gewicht	10
4.2	BG2 – Rustende belastingen	10
4.2.1	BG2a - Verhardingsopbouw	10
4.2.2	BG2b - Stootplaat	10
4.2.3	BG2c – Leuning/voertuigengeleiding	10
	BG3 - Gronddruk	11
4.2.4	Gronddruk tegen de wanden van de duikerbruggen	11
4.2.5	Gronddruk tegen de keerwand	11
4.3	BG4 – Verkeersbelasting	12
4.3.1	Verkeersbelasting ter plaatse van de duikerbrug	12
4.4	Belastingcombinaties en belastingfactoren	14
5	Duikerbrug	15
5.1	Sterkte	15

5.1.1	Modellering.....	15
5.1.2	Belastingen en combinaties	15
5.1.3	Resultaten en toetsingen duikerbrugconstructie.....	16
5.1.4	Toetsing console.....	17
5.2	Fundatie	17
5.2.1	Modellering.....	17
5.3	Opdrijven.....	18
6	Keerwanden	18
6.1	Fundering op staal	18
6.2	Sterkte.....	18
7	Stootplaten	19
Bijlage 1	In- en uitvoer SCIA engineer duikerbrug	
Bijlage 2	Doorsnedetoets duikerbrug	
Bijlage 3	Draagvermogen sondering 1 en 2	
Bijlage 4	Draagvermogen sondering 3 en 4	

1 Inleiding

De provincie Noord-Brabant heeft TAUW opdracht verstrekt voor de verdere voorbereiding van de planfase tot en met bestek voor het project groot onderhoud N279 tussen hm 28.500 (ter hoogte van aansluiting bij de afrit Asten) en hm 18.400 (ter hoogte van de grens met de provincie Limburg).

Aanvullende aan deze opdracht werd het maken van een ontwerp en bestekposten voor een faunapassage toegevoegd. Deze faunapassage bestaat in hoofdlijnen uit de volgende constructieve onderdelen:

Onderdoorgang onder N279

Ter hoogte van de kruising met de N279 is gekozen voor een tunnel bestaande uit prefab duikerelementen.

Onderdoorgang onder parallelweg

Ter hoogte van de kruising met de parallelweg is ook gekozen voor een tunnel bestaande uit prefab duikerelementen. In verband met de kleinere gewenste hoogte van de tunnel worden hier lagere prefab duikerelementen toegepast.

Kruising watergang

Ter hoogte van de kruising met de watergang wordt de faunapassage middels het aanbrengen van een duiker over de watergang geleid. Deze duiker bestaat ook hier uit prefab elementen.

Keerwand

Het grootste deel van de faunapassage is lager gelegen dan het omliggende maaiveld. Er worden prefab keerwanden geplaatst om ter plaatse van het hoogteverschil de grond te keren. De keerwanden sluiten aan op de prefab duikerelementen van de onderdoorgangen.

Door TAUW zijn de duikers uitgewerkt tot een definitief ontwerp, ten behoeve van het opstellen van het bestek. Het doel van deze berekeningen is het bepalen van de hoofdafmetingen van de constructieonderdelen.

De optredende belastingen en combinaties zijn bepaald, alsmede de capaciteiten van de doorsneden. Voor de constructieonderdelen zijn de maatgevende snedekrachten getoetst aan de toelaatbare krachtswerking.

Als fundering wordt gekozen om de duikers op een laag grondverbetering, op de vaste grondslag aan te leggen. Een en ander is gebaseerd op de gemaakte sonderingen en handboringen.

Als constructie voor de duikers worden prefab duikerelementen voorgesteld welke onderling gekoppeld worden door aantrekankers, volgens het principe schroefkoppel duikers.

Detailengineering van onder meer de leuningen, verbindingen en wapening is in deze fase niet uitgevoerd en wordt in de volgende fase uitgevoerd door de aannemer/leverancier.

Deze rapportage omvat het ontwerp van de constructieve onderdelen in de faunapassage. Het doel van dit rapport is het vastleggen van de uitgangspunten en ontwerpkeuzes, alsmede de presentatie van de berekeningsresultaten ten behoeve van het bestek ontwerp.

2 Uitgangspunten

In onderstaande paragrafen worden de uitgangspunten voor de uitwerking van de duikers uiteengezet.

2.1 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn gehanteerd:

- NEN-EN 1990: Grondslagen van het constructief ontwerp
- NEN-EN 1991-1-1: Dichtheden, eigen gewicht, opgelegde belastingen
- NEN-EN 1991-1-4: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting
- NEN-EN 1991-2: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen
- NEN-EN 1992-1-1: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
- NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels;

Bij de bovengenoemde normen behorende nationale bijlagen

2.2 Algemene uitgangspunten

- Bruggen in hoofdwegen vallen volgens tabel NB.21 – B1 in gevolgklasse CC3. De N279 behoort niet tot het hoofdwegennet, bij de kruising met de N279 is uitgegaan van gevolgklasse CC2
- Bruggen in landwegen vallen volgens tabel NB.21 – B1 in gevolgklasse CC1. Bij de berekening van de onderdoorgang bij de parallelweg is uitgegaan van gevolgklasse CC2
- Bij de berekening van de duiker in de watergang en de berekening van de keerwanden wordt ook uitgegaan van gevolgklasse CC2
- De levensduur bedraagt conform tabel NB.11 – 2.1 van de NEN-EN 1990-1
- voor CC2 -> 50 jaar
- Geotechnisch onderzoek GA211334.R01.V1.0 dd. 26-10-2021

2.3 Ontwerpverantwoording en -keuzes

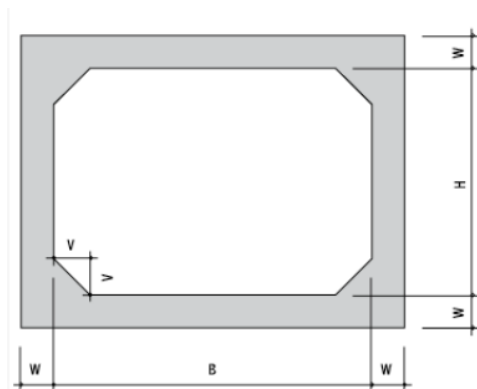
2.3.1 Algemeen

De duikers worden op staal gefundeerd. Voor het aanlegniveau een benodigde hoeveelheid grondverbetering wordt verwezen naar paragraaf 5.2: fundatie duikers.

In de huidige situatie ligt er 2,4 m grond -> $2,4 \times 18 = 43 \text{ kN/m}^2$. In de nieuwe situatie is de optredende gronddruk ten gevolge van de permanente belastingen: 44 kN/m^2 , zie hiervoor bijlage 1. Dit is gelijk met de oorspronkelijke belasting. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de duiker niet meer zet dan de rest van de omgeving.

2.3.2 Onderdoorgang N279

Voor de duikerbrug bij de onderdoorgang van de N279 is gekozen voor een prefab element met de inwendige afmetingen 3,50 m breed (B) en 1,50 m hoog (H). Voor de dikte van de wanden en het dek is uitgegaan 300 mm (W). Voor de dikte van de vloer is uitgegaan van 300 mm. Tevens is uitgegaan van een voute met een breedte en hoogte van $V = 300$ mm. De aannemer/leverancier moet de berekening van de constructieafmetingen, onderlinge verbindingen en benodigde wapening uitvoeren en ter goedkeuring indienen bij de provincie.



Afbeelding 2.1; schematisering afmetingen duiker

2.3.3 Onderdoorgang parallelweg

Voor de duikerbrug bij de onderdoorgang van de parallelweg is gekozen voor een prefab element met de afmetingen 3,50 m breed (B) en 1,00 m hoog (H). Voor de dikte van de wanden en het dek is uitgegaan 300 mm (W). Voor de dikte van de vloer is uitgegaan van 300 mm. Tevens is uitgegaan van een voute met een breedte en hoogte van $V = 300$ mm. De aannemer/leverancier moet de berekening van de constructieafmetingen, onderlinge verbindingen en benodigde wapening uitvoeren en ter goedkeuring indienen bij de provincie.

2.3.4 Duiker in watergang

Voor de kruising met de watergang is voor de eenvoud gekozen voor een duiker met dezelfde afmetingen als de duiker bij de kruising met de parallelweg. Tevens is uitgegaan van een voute met een breedte en hoogte van $V = 300$ mm. De aannemer/leverancier moet de berekening van de constructieafmetingen, onderlinge verbindingen en benodigde wapening uitvoeren en ter goedkeuring indienen bij de provincie.

2.3.5 Keerwanden

Het deel tussen de duikers wordt een open bak, waarvan de randen worden voorzien van standaard prefab L-elementen met daartussen een verlaagd maaiveld. De elementen hebben een hoogte van 1,0 m en worden 40 cm ingegraven zodat de grondkerende hoogte 60 cm bedraagt. De keerwanden worden gefundeerd op een laag gestabiliseerd zand van 200 mm. Daaronder wordt een laag grondverbetering toegepast van 350 mm.

De aannemer/leverancier moet de berekening van de constructieafmetingen en benodigde wapening uitvoeren en ter goedkeuring indienen bij de provincie.

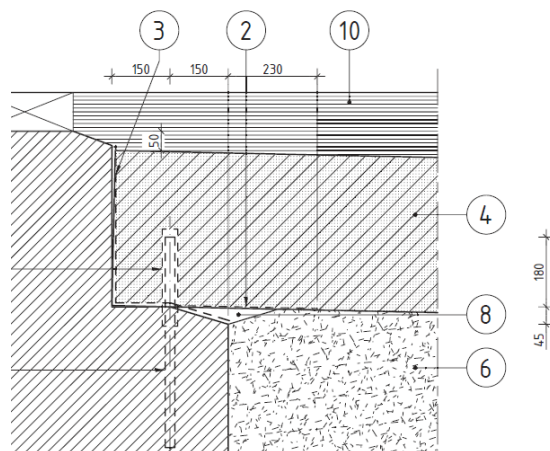
De bovenkant van de prefab elementen wordt afgewerkt met een U-profiel met circa 10 cm overstek.

2.3.6 Stootplaten

Vanwege het verschil in gewicht tussen de duiker en het naastgelegen maaiveld, is er kans op verschilzettingen. Om te voorkomen dat de duiker zich gaat aftekenen, worden stootplaten toegepast. Gekozen is voor een stootplaat met een lengte van 3,0 m, deze ligt volledig in het verdichte zandpakket.

De aannemer/leverancier moet de berekening van de constructieafmetingen en benodigde wapening uitvoeren en ter goedkeuring indienen bij de provincie.

De stootplaat wordt opgelegd op consoles aan de duiker. De breedte van de console bedraagt 300 mm, conform het standaard detail van Rijkswaterstaat voor opleggingen.



Figuur 2.1: Standaarddetail oplegging stootplaat RWS

Voor de hoogte van de console is uitgegaan van 475 mm, bestaande uit een recht deel van 300 mm en een schuin aflopend deel van 175 mm.

De stootplaten worden opgelegd op viit. De stootplaat wordt met de console verbonden middels twee in de console ingestorte doken Ø 25 per stootplaat (hoh 0,5m), met een totale lengte van 500 mm.

Het definitieve ontwerp van de console en de verbinding wordt uitgewerkt door de prefab leverancier.

2.4 Bodemopbouw en (grond)waterstanden

De bodemopbouw is af te lezen uit het geotechnisch grondonderzoek.

Deze opbouw bestaat in hoofdlijnen uit:

- 30,0 – 26,7: zand, middelgrof
- 26,7 – 22,0: klei, sterk zandig
- 22,0 – 15,0: zand

De grondwaterstand varieert tussen de 25,5 – 28,50 m N.A.P.

Voorbelasting

De voorbelasting bij de duikerelementen bedraagt circa $1,5 \times 3,5 \times 18 = 94,5$ kN. De massa van de nieuwe duiker bedraagt circa $(2 \times (3,5 + 1,5)) \times 0,3 \times 25 = 75$ kN. De ondergrond wordt door het aanbrengen van de duikers niet extra belast. De kans op extra zettingen wordt daarom zeer gering geacht.

Bedding onder de duiker

De duiker wordt gefundeerd op staal. Uit de Scia berekening (zie bijlage 1) volgt een optredende grondspanning. De aanwezige bodemopbouw wordt met D-foundation gecontroleerd met deze optredende belastingen. Zie hiervoor paragraaf 5.2.

Waterstanden

De grondwaterstand dient conform de NEN 9997, paragraaf 6.8 tijdens uitvoering minimaal 300 mm onder de onderzijde van de constructie te liggen.

Aandachtspunt voor de uitvoering:

Tijdens het aanbrengen van de grondverbetering zal de grondwaterstand voldoende verlaagd moeten worden.

3 Materiaalgegevens

In dit hoofdstuk zijn de mechanische eigenschappen van de toegepaste materialen uiteengezet.

3.1 Beton

Voor prefab beton is uitgegaan van C45/55. Voor de stijfheid is uitgegaan van gescheurde stijfheid van beton ($E_{cm} = 12.000 \text{ N/mm}^2$).

De materiaaleigenschappen zijn gehanteerd volgens tabel 3.2 van NEN-EN 1992-1-1. Volgens tabel 2.1N, van NEN-EN 1992-1-1 moet worden uitgegaan van $\gamma=1,5$ in de UGT en 1,2 voor de toetsing van een buitengewone belastingsituatie.

Milieuklasse en dekking

Voor de keerwanden en voor de duikers is in verband met vorst voor wanden XF1 van toepassing en op het dek XF3. In verband met strooien van de rijbaan is ook gerekend met XD3.

Op de duikers zijn milieuklassen XC4, XD3 en XF4 van toepassing. De minimaal benodigde dekking is bepaald volgens NEN-EN 1992-1-1 tabel 4.3N en 4.4N. Voor de dekking zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- XD3 is maatgevend
- Ontwerplevensduur van 50 jaar
- C45/55
- Plaatgeometrie
- Er is uitgegaan van een goede kwaliteitsbeheersing
- De uitvoeringstolerantie Δc_{dev} bedraagt 5 mm

De minimale betondekking bedraagt 30 mm.

3.2 Betonstaal

Voor alle betonstaal is uitgegaan van B500B met $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ en $E_s = 200 \text{ GPa}$.

Volgens tabel 2.1N van NEN-EN 1992-1-1 moet worden uitgegaan van $\gamma_s = 1,15$ in de UGT en $\gamma_s = 1,0$ in de BGT en in het geval van een buitengewone belastingsituatie.

3.3 Grond

In deze berekening is voor de berekening van de gronddruk uitgegaan van zand. Dit geeft de meest ongunstige situatie voor de sterkteberekening van de constructie. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Volumiek gewicht droog/nat $18/20 \text{ kN/m}^3$
- Hoek van inwendige wrijving $\phi = 30^\circ$
- Neutrale korreldrukcoëfficiënt $K_0 = 1 - \sin\phi = 0,5$
- Actieve korreldrukcoëfficiënt $K_a = (1 - \sin\phi) / (1 + \sin\phi) = 0,4$
- Passieve korreldrukcoëfficiënt $K_p = (1 + \sin\phi) / (1 - \sin\phi) = 2,5$

4 Belastingen en lastfactoren

4.1 BG1 – Eigen gewicht

Voor het eigen gewicht van beton is gerekend is met 25 kN/m^3 .

4.2 BG2 – Rustende belastingen

4.2.1 BG2a - Verhardingsopbouw

De verhardingsopbouw boven op de beide duikerbruggen bestaat uit een asfaltpakket van 18 cm . Deze belasting op de duikerbruggen bedraagt: $4,50 \text{ kN/m}^2$

4.2.2 BG2b - Stootplaat

De lengte van de stootplaat bedraagt $3,0 \text{ m}$ en de dikte 300 mm .

Het gewicht van de stootplaat bedraagt $0,50 \times 3 \times 0,30 \times 25 = 11,250 \text{ kN/m}$.

Het gewicht van de verhardingsopbouw bedraagt $4,50 \text{ kN/m}^2$. De belasting die middels de stootplaat wordt afgedragen op de console bedraagt $0,5 \times 3 \times 4,50 = 6,75 \text{ kN/m}$.

De totale belasting op de rand van de duikerbrug bedraagt $18,0 \text{ kN/m}$.

4.2.3 BG2c – Leuning/voertuigengeleiding

Voor de belasting uit de voertuigengeleiding wordt gerekend: $1,0 \text{ kN/m}$.

BG3 - Gronddruk

Tegen de wanden wordt een gronddruk meegenomen. De volgende uitgangspunten zijn aangehouden voor de berekening van de gronddruk:

- γ_{zand} : 18 kN/m³
- $\gamma_{\text{zand,sat}}$: 20 kN/m³
- ϕ_{rep} : 30° $\Rightarrow$ K_0 : 0,50

Voor de gronddruk tegen de wanden van de duikerbruggen is enkel uitgegaan van de gronddruk tegen de wanden, aangezien grondwrijving veroorzaakt door de aanhangende grond niet van toepassing is bij een fundatie op staal.

4.2.4 Grondruk tegen de wanden van de duikerbruggen

Bij het bepalen van de belastingen tegen de keerwanden zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Hoge duikerbrug:

- Kerende hoogte = 2100 mm
- Dikte verharding circa 200 mm
- Grondwaterstand onder onderkant duikerbrug

$$\sigma_{\text{gr,hor}} = 0,5 \times 18 \times 2,3 = 20,70 \text{ kN/m}^2$$

De resulterende horizontale gronddruk tegen de wand wordt dan: $20,70 / 2 \times 2,1 = 21,74 \text{ kN/m}$

Lage duikerbrug:

- Kerende hoogte = 1600 mm
- Grondwaterstand onder onderkant duiker

$$\sigma_{\text{gr,hor}} = 0,5 \times 18 \times 1,6 = 14,40 \text{ kN/m}^2$$

De resulterende horizontale gronddruk tegen de wand wordt dan: $14,40 / 2 \times 1,6 = 11,55 \text{ kN/m}$

4.2.5 Gronddruk tegen de keerwand

Bij het bepalen van de belastingen tegen de keerwanden zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Kerende hoogte = 600 mm
- Maaiveld oplopend 1:20
- Reken met kerende hoogte = 700 mm
- Grondwaterstand onder onderkant keerwand

$$\sigma_{\text{gr,hor}} = 0,5 \times 18 \times 0,7 = 6,30 \text{ kN/m}^2$$

De resulterende horizontale gronddruk tegen de wand wordt dan: $6,30 / 2 \times 0,6 = 1,90 \text{ kN/m}$

4.3 BG4 – Verkeersbelasting

4.3.1 Verkeersbelasting ter plaatse van de duikerbrug

BG4a – Verkeersbelasting op de duikerbrug en de stootplaten

Conform de NEN-EN 1991-2 is voor verkeersbelasting gerekend de combinatie van een vlaklast en een laststelsel (BM1).

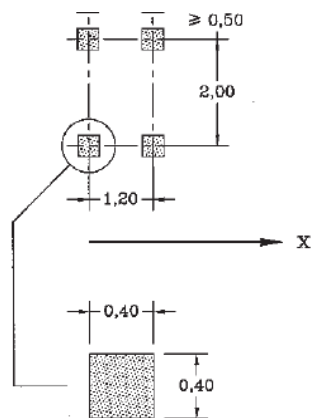
De breedte van de rijweg, w , op de duikerbrug bedraagt 10 m.

Bij een rijwegbreedte van meer dan 6 m heeft een rijstrook conform tabel 4.1 een breedte van 3,0 m. Er is op het dek ruimte voor 3 stroken van 3,0 m en 1 strook van 1,0 m.

De belasting ten gevolge van het laststelsel BM1 bestaat conform tabel 4.2 uit de volgende belastingen:

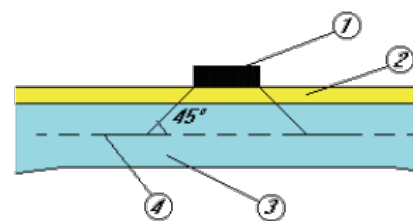
- Rijstrook 1 - dubbele aslast van 300 kN
- Rijstrook 2 - dubbele aslast van 200 kN
- Rijstrook 3 - dubbele aslast van 100 kN

Het te hanteren belastingmodel is opgenomen in onderstaand figuur.



Figuur 4.1 Grafische weergave BM1

De afmetingen van het contactoppervlak bij BM1 bedragen 0,40*0,40 m. De bloklasten van het lastmodel zijn gespreid door de verharding/slijtlaag, inclusief ophoging en de betonconstructie onder een hoek van 45°, volgens artikel 4.3.6.



Verklaring

- 1 wielcontactdruk
- 2 slijtlaag
- 3 betonnen rijvloer
- 4 middenvlak van de betonnen rijvloer

In deze fase wordt verondersteld dat de zettingen in langsrichting van de duikers gering zijn, daarom wordt de duikerbrug in deze ontwerpfase alleen in dwarsrichting berekend.

Hierna volgen de te hanteren verkeersbelastingen:

- Voor de spreiding van de bloklasten is in deze berekening gerekend met een spreidingshoogte van $0,180 + 0,5 \times 0,30 = 0,33$ m
- In de richting van de as van de rijbaan geldt dat aan beide zijden van de duikerbrug zich een rijbaan bevindt en kan de belasting vol spreiden tot hart dek/stootplaat. De breedte waarover gespreid wordt bedraagt $2 \times (0,40 + 0,330 + 0,150) + 0,80 = 2,56$ m
- In de richting loodrecht op de as van de rijbaan spreid de belasting over: $2 \times (0,40 + 0,330 + 0,150) + 1,6 = 3,36$ m

Bij BM 1 is naast de wiellasten een gelijkmatig verdeelde belasting meegenomen. Volgens tabel 4.2 wordt rijstrook 1 belast met $9,0 \text{ kN/m}^2$ en rijstroken 2 en 3, alsmede overige rijstroken en het resterend oppervlakte belast met $2,5 \text{ kN/m}^2$.

De maatgevende belasting wordt dan:

- Rijstrook 1 – $600 / 3,36 \times 2,56 + 9,0 = 79 \text{ kN/m}^2$

(aangezien de prefab elementen een lengte van 2,5 meter hebben wordt hier enkel de maatgevende rijstrook benoemd). De belasting wordt aangebracht over de gehele breedte van dit duikerelement van 2,5 m.

Conform paragraaf 4.3.2 mag afhankelijk van de verwachte verkeersintensiteit de belasting worden gereduceerd middels correctiefactor α . Deze correctiefactor is niet in rekening gebracht.

De spreiding in de richting van de as van de rijbaan bedraagt 2,56 m. Hierbij kan het voorkomen dat het laststelsel zich op het midden van de duikerbrug bevindt, waardoor bijna de gehele breedte van 3,5 m belast wordt. Het kan ook voorkomen dat het laststelsel zich boven een wand van de duikerbrug bevindt, waarbij de spreiding deels op het dek plaatsvindt (over een breedte van $2,56/2 = 1,28$ m) en deels op de stootplaat (over een breedte van 1,28 m).

Aangezien het resterende deel van de belasting (duikerbreedte van $3,5 \text{ m} - 2,56 \text{ m} = 0,940 \text{ m}$) beperkt is, is in de berekening conservatief het gehele dek en de gehele stootplaat vol belast.

De belastingen op de duikerbrug ten gevolge van de verkeersbelasting op de stootplaat is als volgt:

- Rijstrook 1 – $79 \times 0,75 = 60 \text{ kN/m}$;

Deze belasting is aangebracht als lijnlast op de rand van de duikerbrug.

BG4b – Verkeersbelasting op de wanden van de duikerbrug

Voor de horizontale belasting tegen de wanden ten gevolge van verkeer op maaiveld is voor de berekeningen van de constructie van de duikerbrug en de stootplaten gerekend met de maatgevende verkeersbelasting op het dek van 79 kN/m^2 . Met een Neutrale korreldrukcoëfficiënt $K_0 = 0,5$, wordt de belasting op de wanden $79 \times 0,5 = 39,5 \text{ kN/m}^2$. Gerekend is met een belasting van 40 kN/m^2 .

BG4c – Verkeersbelasting buiten de N279

Als bovenbelasting op het maaiveld bij de keerwanden te rekenen op 10 kN/m².

De bovenbelasting nabij de keerwanden/eindwanden van de duikerbruggen te rekenen op een verdeelde last van 20 kN/m²

4.4 Belastingcombinaties en belastingfactoren

Voor deze constructie is uitgegaan van constructieklasse CC2. Voor de toetsing van de uiterste grenstoestand (UGT) zijn de fundamentele belastingcombinaties uit NEN-EN 1990, tabel NB.13 aangehouden.

$$6.10a \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$6.10b \quad \sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Voor de toetsing van de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) van de staal- en betonconstructie is volgens NEN-EN 1990 NB, bijlage A A.2.4 in het geval van wegverkeersbruggen de frequente belastingcombinatie 6.15b (paragraaf 6.5.3) van toepassing.

$$6.15b \quad G_{k,j} + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

met:

G_k	karakteristieke waarde van een blijvende belasting
$Q_{k,1}$	karakteristieke waarde van de overheersende variabele belasting
$Q_{k,i}$	karakteristieke waarde van de gelijktijdig optredende veranderlijke belasting
γ_G	partiële factor voor blijvende belastingen
γ_Q	partiële factor voor veranderlijke belastingen
A_d	rekenwaarde van de buitengewone belasting
ξ	reductiefactor
Ψ_0	momentaanfactor in verband met combinatiewaarde van een veranderlijke belasting
Ψ_1	momentaanfactor in verband met frequente waarde van een veranderlijke belasting
Ψ_2	momentaanfactor in verband met de quasi-blijvende waarde van een veranderlijke belasting

De volgende belastingfactoren zijn gehanteerd.

γ_G	1,30
γ_G (gunstig)	0,90
γ_Q (verkeer)	1,35
γ_Q (overig)	1,50
ξ	0,89

De momentaanfactoren zijn ontleend aan tabel NB.9 (bruggen voor weg- en langzaam verkeer).

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Verkeer	0,8	0,8	0,4

Voor de gronddruk en de waterdruk is gerekend met de belastingfactor voor permanente belastingen. De belastingen zijn echter meegenomen als variabele belasting zodat zij zowel wel als niet werkzaam kunnen worden beschouwd.

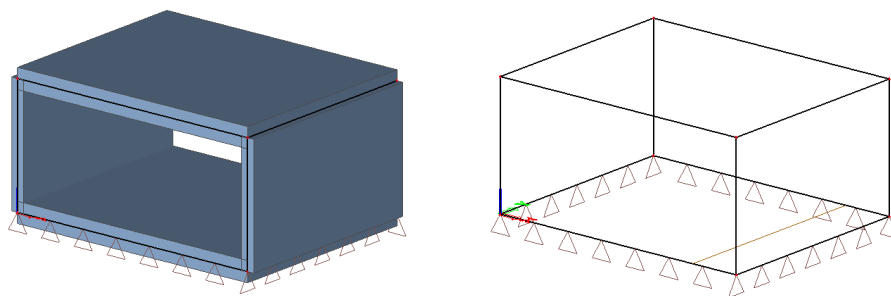
5 Duikerbrug

De dwarsdoorsnede van de duikerbrug is in 3D ingevoerd in Scia Engineer. Het doel van de modellering is het berekenen van de interne krachten in de betonddoorsneden bij de gegeven belastingen. De optredende krachtsverking is vervolgens getoetst aan de capaciteit van de doorsneden.

5.1 Sterkte

5.1.1 Modellering

Onderstaand figuur bevat weergaven van het model in Scia Engineer. Er is één duikerelement van 2,5 meter gemodelleerd. Een rapport met de invoer is opgenomen in bijlage 1.



Figuur 5.1 Model in Scia Engineer

De modellering van het betongedeelte van de duikerbrug bevat de volgende elementen:

Er is voor de wanden, de vloer en het dek uitgegaan van betonsterkteklasse C45/55 en gescheurd beton (met $E_c=12.000 \text{ N/mm}^2$).

Er is uitgegaan van momentvaste verbinding tussen alle wanden en vloeren.

5.1.2 Belastingen en combinaties

De belastingcombinaties zijn opgenomen in onderstaande tabel.

	LG	BC1	BC2	BC3	BC4
		6.10a	6.10b	6.10b	6.15b
BG1 - eigen gewicht	1	1,30	1,20	0,90	1,00
BG2 – rustende belasting	1	1,30	1,20	0,90	1,00
BG3 – horizontale gronddruk	3	1,30	1,20	1,20	1,00
BG4a - verkeersbelasting boven de duikerbrug	2	0,80*1,35 = 1,08	1,35	-	0,80
BG4b - verkeersbelasting tegen de wanden	2	0,80*1,35 = 1,08	1,35	1,35	0,80

In de belastingfactor voor de verkeersbelasting is de correctiefactor α nog niet meegenomen (=conservatief).

In de tweede kolom is aangegeven in welke lastgroep (LG) de belasting is ingedeeld. Belastingen van één soort worden in een belastinggroep geplaatst. Aan een belastinggroep is een eigenschap toegekend die wordt gebruikt bij het combineren van de belastingen. In dit model zijn de belastingen op drie verschillende manieren gecombineerd:

- LG1 - Permanent: Altijd in elke belastingcombinatie aanwezig
- LG2 - Standaard: Alle belastingen in de groep kunnen wel en niet werkzaam zijn
- LG3 - Exclusief: Van alle belastingen in een groep kan er slechts één tegelijk werkzaam zijn

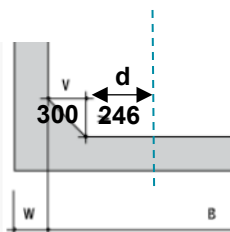
5.1.3 Resultaten en toetsingen duikerbrugconstructie

De wanden en het dek zijn berekend als platen met een dikte van 300 mm. De vloer heeft een dikte van 300 mm. Gerekend is met betonsterkteklasse C45/55. Op de constructie zijn milieuklassen XC4, XD3 en XF3 van toepassing. De dekking bedraagt 30 mm. Voor de nuttige hoogte d van de wanden en de vloeren is gerekend met $300 - 30 - 16 - 16/2 = 246$ mm.

Onderstaande tabel bevat de maximale krachswerking. Een rapportage met de invoer en de resultaten in Scia Engineer is opgenomen als bijlage 1.

	Dek	Vloer	Wanden
	UGT/BGT-waarde [kNm/m]	UGT/BGT-waarde [kNm/m]	UGT/BGT-waarde [kNm/m]
MxD+	69/43	190/120	18/12
MxD-	171/107	96/61	6/4
MyD+	18/12	18/12	92/59
MyD-	15/10	25/16	9/3

De dwarskracht is afgelezen op een afstand d van route (v).



Figuur 5.2 Toegepaste locatie snede ten behoeve van dwarskracht

De dwarskracht in de vloer op een afstand $(300/2 + 300 + 246 =)$ 969mm bedraagt 170 kN/m. De toetsing van de betondoorsneden is opgenomen in bijlage 2. In de berekening is uitgegaan van $\emptyset$ 20-100. De doorsnede voldoet. Er zijn geen dwarskrachtbeugels nodig. De definitieve wapeningsberekeningen worden door de leverancier gemaakt.

5.1.4 Toetsing console

Ter plaatse van de stootplaten komt een console aan de duikerbrug ten behoeve van de oplegging van de stootplaat. De console heeft een breedte van 300 mm en een hoogte van 475 mm, met een recht deel van 300 mm en een schuinlopend deel van 175 mm. Het oplegpunt van de stootplaat bevindt zich op 150/150 mm, zie paragraaf 2.5.

De berekening van de console wordt door de prefab leverancier uitgevoerd.

5.2 Fundatie

5.2.1 Modellerings

De bodemopbouw is weergegeven in het geotechnisch onderzoek. Voor de onderdoorgang bij de N279 zijn de sonderingen 3 en 4 relevant. Voor de onderdoorgang bij de Parallelweg zijn de sonderingen 1 en 2 relevant.

Het draagvermogen van de bodem is getoetst aan de optredende grondspanningen die volgen uit de Scia berekening. Hier is de maatgevende grondspanning gehanteerd die volgt uit de berekening met de verkeersbelasting bij de N279.

De belastingen bedragen:

- UGT: 311 kN/m² (plaatselijk aan de rand)
- BGT: 199 kN/m² (plaatselijk aan de rand)

De opneembare belasting bedraagt:

Sondering 1 en 2 (parallelweg):

Draagvermogen Rd: 523 kN/m² > 311 -> akkoord.

Zie voor de berekening van het draagvermogen bijlage 3.

Door aanbrengen grondverbetering zal draagvermogen nog iets toenemen.

In verband met een afwijking in het sondeerrapport is afgesproken de aanlegniveau's hier aan te geven ten opzichte van het maaiveldniveau. Aanname maaiveldniveau = 29,42+NAP (mv)

Aanlegniveau duikerbrug: 1,78 -mv

Aanlegniveau grondverbetering: 2,48 -mv

Sondering 3 en 4 (N279):

Draagvermogen Rd: 423 kN/m² > 311 -> akkoord.

Zie voor de berekening van het draagvermogen bijlage 4.

Door aanbrengen grondverbetering zal draagvermogen nog iets toenemen.

Aanlegniveau duikerbrug: +27,70 m N.A.P.

Aanlegniveau grondverbetering: +26,75 m N.A.P.

Duiker in watergang:

De belasting uit de duiker op de ondergrond is enkel het eigen gewicht. Uit bovenstaande berekeningen volgt dat de draagkracht hier ook voldoet.

Aanlegniveau duiker: +26,30 m N.A.P.

Aanlegniveau grondverbetering: +25,60 m N.A.P.

5.3 Opdrijven

Muv de duiker in de watergang bevindt de grondwaterstand zich onder de duikerbruggen. De duikers hebben een open verbinding met de omgeving, zodat bij een stijgende waterstand het water de duikers in kan lopen. Hierdoor is het niet nodig de duikers op opdrijven te toetsen.

6 Keerwanden

6.1 Fundering op staal

Voor de stabiliteit van de keerwand moet worden gekeken naar horizontaal schuiven, kantelen en het draagvermogen van de ondergrond.

Uitgangspunten:

- De grond kerende hoogte bedraagt 600 mm;
- Prefab betonelementen met een hoogte van 1,0 m;
- Aanname grondwaterstand gelijk met onderkant keerwand;
- Onder de keerwand 200 mm gestabiliseerd zandbed;
- Onder gestabiliseerd zandbed 0,5 m grondverbetering;

De keerwanden worden uitgevoerd als prefab keerwanden, waarbij er een hoogte van 600mm grond gekeerd moet worden. De definitieve berekening en bepaling van de afmetingen van de keerwand wordt door de leverancier uitgevoerd.

6.2 Sterkte

De wand en de vloer zijn berekend als platen, met de afmetingen 1000 mm. Gerekend is met betonsterkteklasse C45/55. Op de constructie zijn milieuklassen XC4 en XF3 van toepassing. De dekking bedraagt 30 mm.

De krachtswerking is het grootst in de wand, ter plaatse van de overgang met de vloer.

De gronddruk tegen de keerwand is berekend in paragraaf 4.2.5 en bedraagt 1,90 kN/m.

De resultante grijpt aan op een hoogte van 1/3 vanaf bovenzijde vloer. De hoogte bedraagt 1,0 m.
 $1/3 \cdot 1,0 = 0,33$ m.

De horizontale druk ten gevolge van bovenbelasting op het maaiveld bedraagt over de gehele hoogte van de wand 10 kN/m². De resultante bedraagt $0,5 \cdot 10 \cdot 0,5 = 2,50$ kN/m en grijpt aan op een hoogte van 0,5 m.

De rekenwaarden van de dwarskracht zijn als volgt:

- 6.10a: $F \cdot y = 1,90 \cdot 1,30 + 1,65 \cdot 1,35 \cdot 0,80 = 4,1$ kNm (UGT)
- 6.10b: $F \cdot y = 1,90 \cdot 1,20 + 1,65 \cdot 1,35 = 4,5$ kNm (UGT, maatgevend)

De maximale momenten zijn als volgt:

- 6.10b: $F \cdot y \cdot l = 1,90 \cdot 1,20 \cdot 0,33 + 1,65 \cdot 1,35 \cdot 0,50 = 1,90$ kNm (UGT)
- 6.15b: $F \cdot y \cdot l = 1,90 \cdot 1,0 \cdot 0,33 + 1,65 \cdot 0,80 \cdot 0,50 = 1,30$ kN (BGT)

De toetsing van de doorsnede is opgenomen in bijlage 2. Er is uitgegaan van wapening Ø8-150. De keerwand voldoet.

7 Stootplaten

Er worden prefab stootplaten met afmetingen 300x3.000x1.000 mm toegepast. De stootplaten worden in de uitvoeringsfase door de leverancier berekend.

Voor de te rekenen belastingen op de stootplaten zie de voorgaande hoofdstukken.

Uitgangspunt betonkwaliteit: C45/55.

Bijlage 1**In- en uitvoer SCIA engineer
duikerbrug**

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Geometrie en materialen	2
2.1. Project	2
2.2. Materialen	2
2.3. Knopen	2
2.4. 2D-elementen	2
2.5. 2D elementondersteuning	2
2.6. Beddingen	2
3. Belastingen	3
3.1. Belastingsgevallen	3
3.1.1. Belastingsgevallen - BG1	3
3.1.1.1. BG4b / Totale waarde / Naam	3
3.1.2. Belastingsgevallen - BG2a - Rustende belasting	4
3.1.2.1. BG4b / Totale waarde / Naam	4
3.1.3. Belastingsgevallen - BG2b - Rustende belasting	5
3.1.3.1. BG4b / Totale waarde / Naam	5
3.1.4. Belastingsgevallen - BG2c - Rustende belasting	6
3.1.4.1. BG4b / Totale waarde / Naam	6
3.1.5. Belastingsgevallen - BG2d - Rustende belasting	7
3.1.5.1. BG4b / Totale waarde / Naam	7
3.1.6. Belastingsgevallen - BG3a	8
3.1.6.1. BG4b / Totale waarde / Naam	8
3.1.7. Belastingsgevallen - BG4a	9
3.1.7.1. BG4b / Totale waarde / Naam	9
3.1.8. Belastingsgevallen - BG4b	10
3.1.8.1. BG4b / Totale waarde / Naam	10
3.2. Belastinggroepen	11
3.3. Combinaties	11
3.4. Resultaatklassen	12
4. Resultaten	13
4.1. Dek	13
4.1.1. 2D element - Interne krachten; mxD+ UGT	13
4.1.2. 2D element - Interne krachten; mxD- UGT	13
4.1.3. 2D element - Interne krachten; myD+ UGT	14
4.1.4. 2D element - Interne krachten; myD- UGT	14
4.1.5. 2D element - Interne krachten; mxD+ BGT	15
4.1.6. 2D element - Interne krachten; mxD- BGT	15
4.1.7. 2D element - Interne krachten; myD+ BGT	16
4.1.8. 2D element - Interne krachten; myD- BGT	16
4.1.9. 2D element - Interne krachten; qmax-b UGT	17
4.2. Vloer	18
4.2.1. 2D element - Interne krachten; mxD+ UGT	18
4.2.2. 2D element - Interne krachten; mxD- UGT	18
4.2.3. 2D element - Interne krachten; myD+ UGT	19
4.2.4. 2D element - Interne krachten; myD- UGT	19
4.2.5. 2D element - Interne krachten; mxD+ BGT	20
4.2.6. 2D element - Interne krachten; mxD- BGT	20
4.2.7. 2D element - Interne krachten; myD+ BGT	21
4.2.8. 2D element - Interne krachten; myD- BGT	21
4.2.9. 2D element - Interne krachten; qmax-b UGT	22
4.3. Wanden	23
4.3.1. 2D element - Interne krachten; mxD+ UGT	23
4.3.2. 2D element - Interne krachten; mxD- UGT	23
4.3.3. 2D element - Interne krachten; myD+ UGT	24
4.3.4. 2D element - Interne krachten; myD- UGT	24
4.3.5. 2D element - Interne krachten; mxD+ BGT	25
4.3.6. 2D element - Interne krachten; mxD- BGT	25
4.3.7. 2D element - Interne krachten; myD+ BGT	26
4.3.8. 2D element - Interne krachten; myD- BGT	26
4.3.9. 2D element - Interne krachten; qmax-b UGT	27
5. Contactspanningen; sigmaz - Permanent	28
6. Contactspanningen; sigmaz - UGT	28
7. Contactspanningen; sigmaz - BGT	29

Project Faunapassage N279

2. Geometrie en materialen

2.1. Project

Licentienaam	Tauf Group B.V.
Project	Faunapassage N279
Onderdeel	Duikerbrug
Auteur	Adolf Eisses
Datum	28-09-2021
Constructie	Algemeen XYZ
Aantal knopen :	8
Aantal staven :	0
Aantal platen :	4
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	0
Aantal belastingsgevallen :	8
Aantal gebruikte materialen :	2
Gravatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN

2.2. Materialen

Naam	Type	ρ [kg/m ³]	Dichtheid in natte toestand [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c,k,28}$ [MPa]	Kleur
C30/37	Beton	2500,0	2600,0	1,1000e+04	0.2	0,00	30,00	■
C45/55	Beton	2500,0	2600,0	1,2000e+04	0.2	0,00	45,00	■

Verklaring van symbolen

Dichtheid in natte toestand	De waarde van de dichtheid van het kenmerk nieuwe toestand wordt alleen gebruikt als een samengesteld dek wordt ingevoerd en rekening wordt gehouden met de belasting van het eigengewicht.
-----------------------------	---

2.3. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K52	0,000	0,000	0,000
K53	0,000	2,500	0,000
K54	0,000	2,500	1,800
K55	0,000	0,000	1,800

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K56	3,800	0,000	0,000
K57	3,800	2,500	0,000
K58	3,800	2,500	1,800
K59	3,800	0,000	1,800

2.4. 2D-elementen

Naam	Laag	Type	Element type	Materiaal	Dikte type	D. [mm]
E12	Laag1	wand (80)	Standaard	C45/55	constant	200
E13	Laag1	wand (80)	Standaard	C45/55	constant	200
E14	Laag1	vloer (90)	Standaard	C45/55	constant	300
E15	Laag1	vloer (90)	Standaard	C45/55	constant	300

2.5. 2D elementondersteuningen

Bedding	2D-element
bedding	E15

2.6. Beddingen

Naam	C1x [MN/m ³]	C1z	C1y [MN/m ³]	Stijfheid [MN/m ³]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
bedding	2,0000e+00	Verend	2,0000e+00	2,0330e+01	0,0000e+00	0,0000e+00
-50%	2,0000e+00	Verend	2,0000e+00	1,0200e+01	0,0000e+00	0,0000e+00
+50%	2,0000e+00	Verend	2,0000e+00	3,0500e+01	0,0000e+00	0,0000e+00

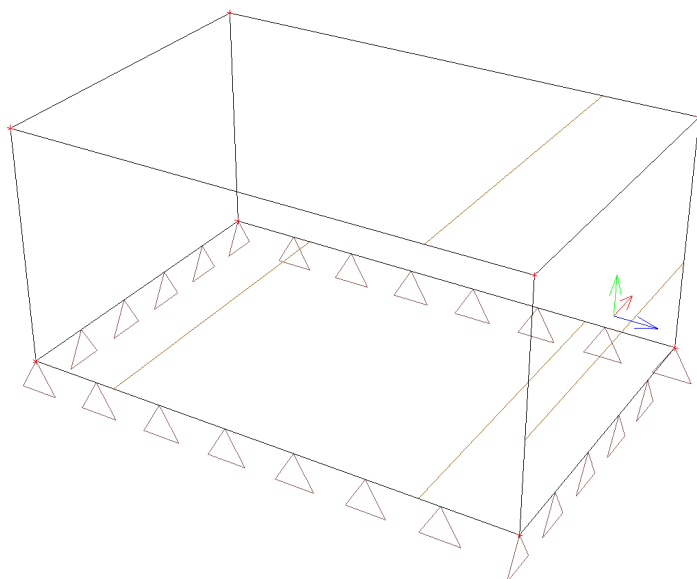
3. Belastingen

3.1. Belastingsgevallen

3.1.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving Spec	Actie type Belastingtype	Lastgroep	Richting
BG1	Eigen gewicht	Permanent Eigen gewicht	LG1	-Z

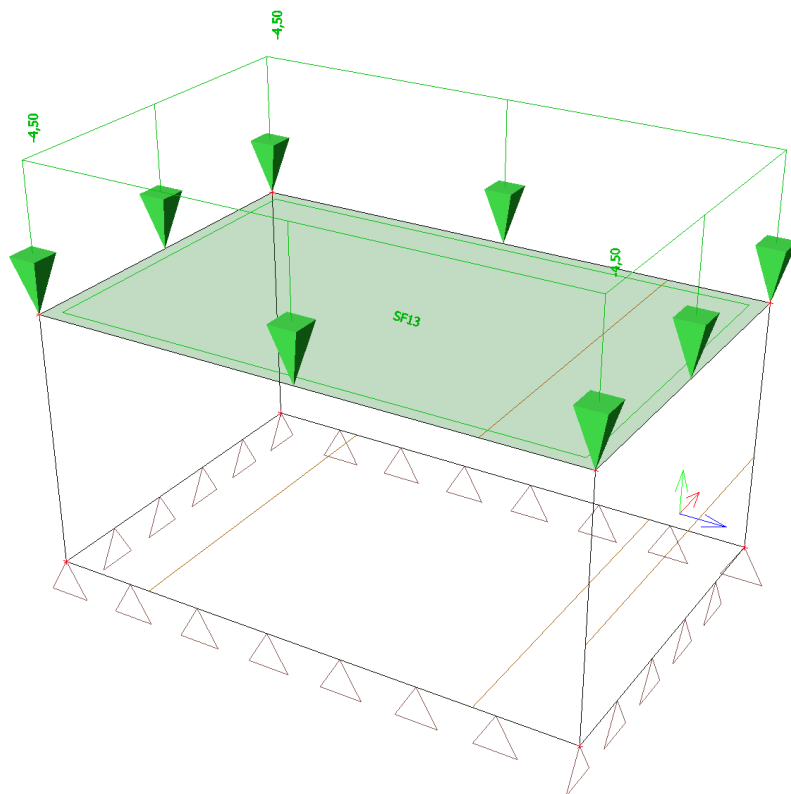
3.1.1.1. BG4b / Totale waarde / Naam



3.1.2. Belastingsgevalen - BG2a - Rustende belasting

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG2a - Rustende belasting	Verhardingsopbouw	Permanent	LG1
		Standaard	

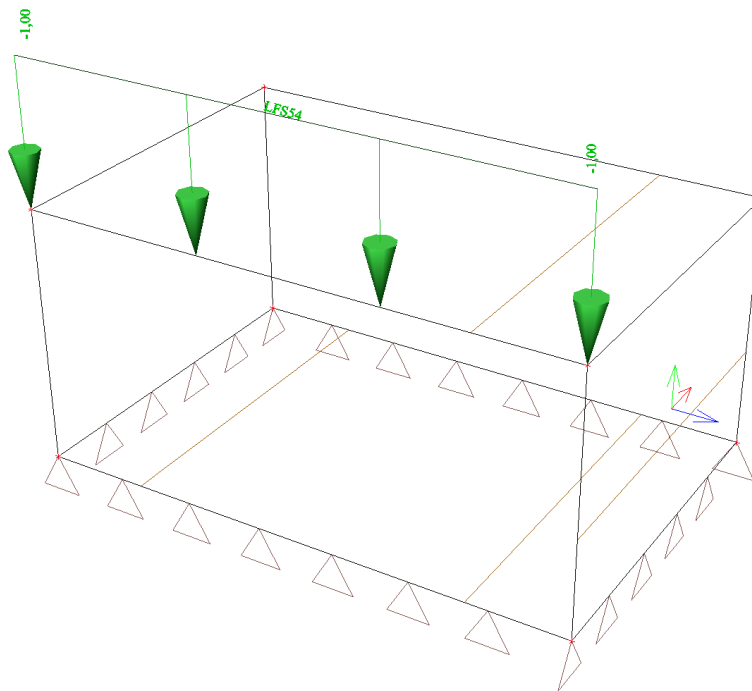
3.1.2.1. BG4b / Totale waarde / Naam



3.1.3. Belastingsgevallen - BG2b - Rustende belasting

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG2b - Rustende belasting	leuning	Permanent	LG1
		Standaard	

3.1.3.1. BG4b / Totale waarde / Naam

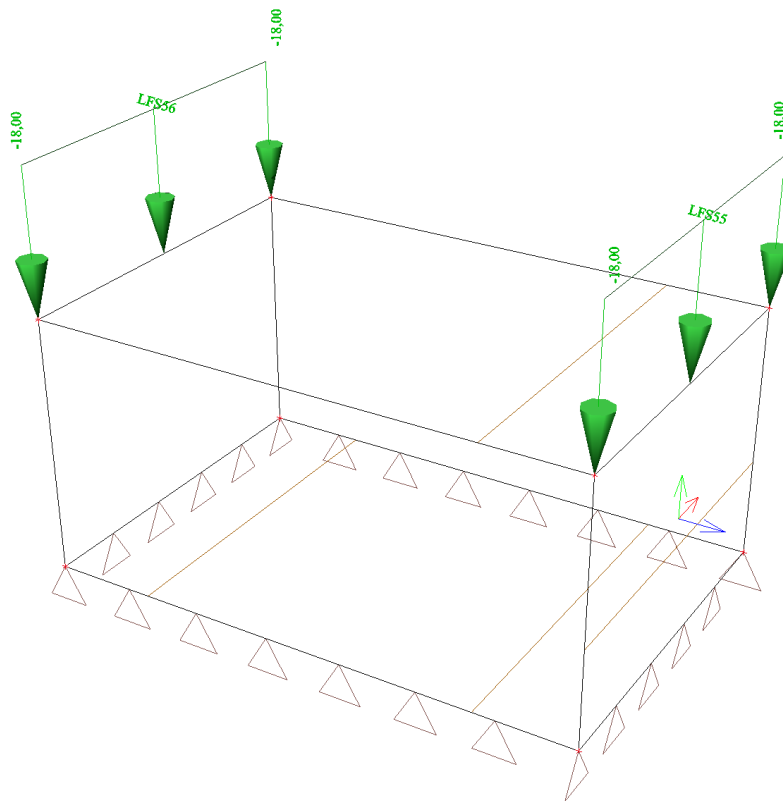


Project Faunapassage N279

3.1.4. Belastingsgevallen - BG2c - Rustende belasting

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG2c - Rustende belasting	Stootplaten	Permanent	LG1
		Standaard	

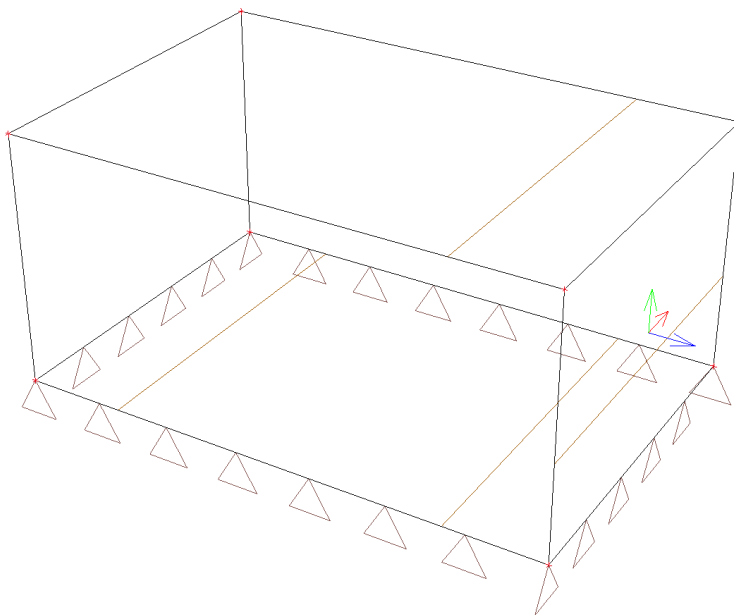
3.1.4.1. BG4b / Totale waarde / Naam



3.1.5. Belastingsgevallen - BG2d - Rustende belasting

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG2d - Rustende belasting	Overig	Permanent Standaard	LG1

3.1.5.1. BG4b / Totale waarde / Naam

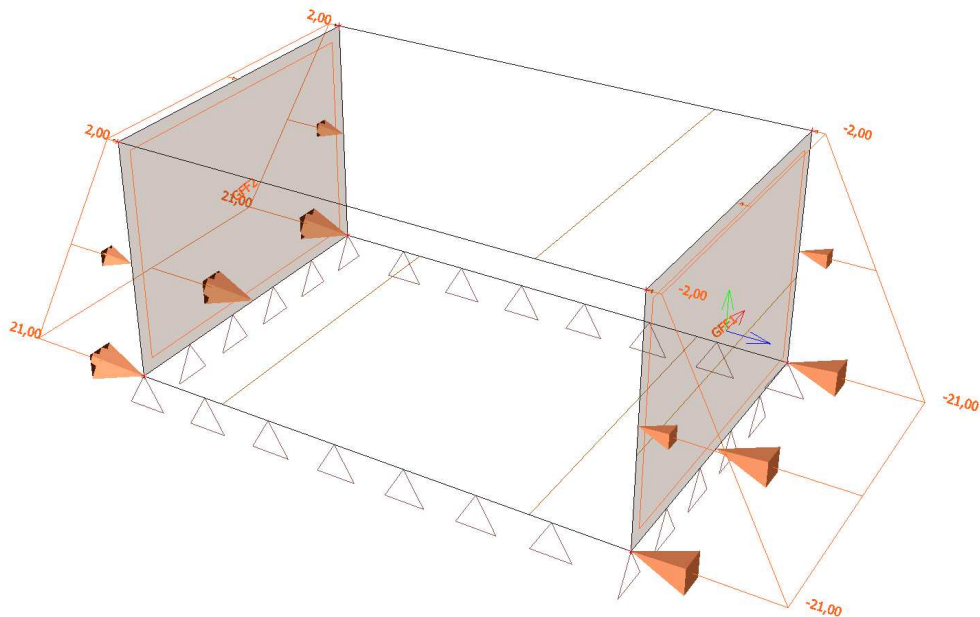


Project Faunapassage N279

3.1.6. Belastingsgevallen - BG3a

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG3a	Gronddruk - horizontale gronddruk	Variabel	LG3	Kort	Geen
	Standaard	Statisch			

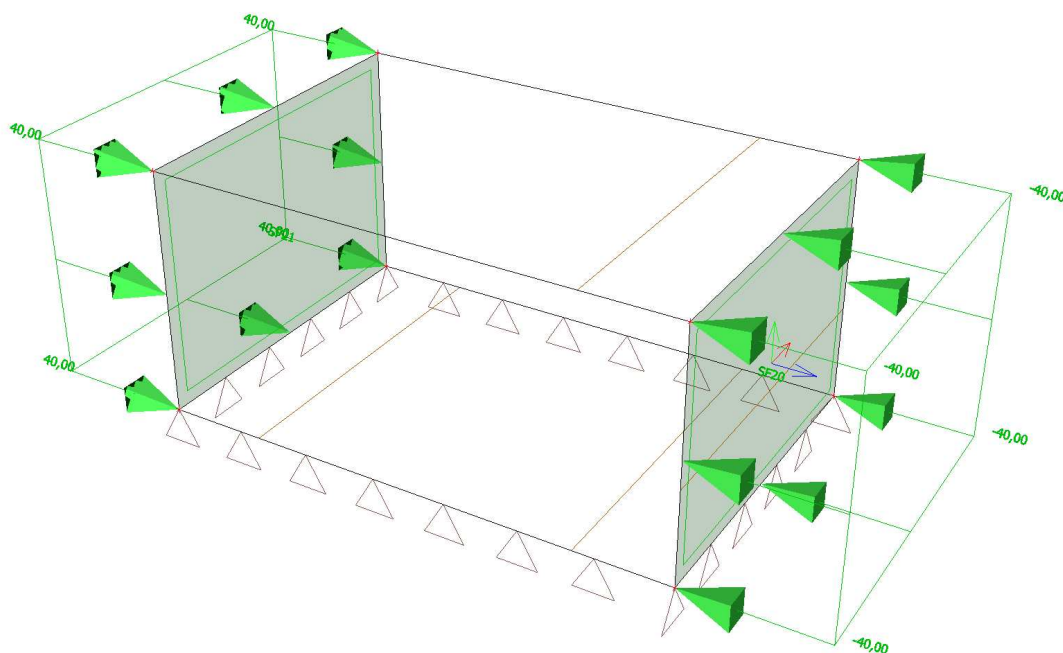
3.1.6.1. BG4b / Totale waarde / Naam



3.1.8. Belastingsgevalen - BG4b

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG4b	Verkeersbelasting op wanden	Variabel	LG2	Kort	Geen
	Standaard	Statisch			

3.1.8.1. BG4b / Totale waarde / Naam



Project Faunapassage N279
3.2. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Standaard	Cat A : Woning
LG3	Variabel	Exclusief	Cat A : Woning

3.3. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
BC1	6.10a	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht	1,30
			BG2a - Rustende belasting - Verhardingsopbouw	1,30
			BG2b - Rustende belasting - leuning	1,30
			BG2c - Rustende belasting - Stootplaten	1,30
			BG2d - Rustende belasting - Overig	1,30
			BG3a - Gronddruk - horizontale gronddruk	1,30
			BG4a - Verkeersbelasting op duiker	1,08
			BG4b - Verkeersbelasting op wanden	1,08
BC2	6.10b	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht	1,20
			BG2a - Rustende belasting - Verhardingsopbouw	1,20
			BG2b - Rustende belasting - leuning	1,20
			BG2c - Rustende belasting - Stootplaten	1,20
			BG2d - Rustende belasting - Overig	1,20
			BG3a - Gronddruk - horizontale gronddruk	1,20
			BG4a - Verkeersbelasting op duiker	1,35
			BG4b - Verkeersbelasting op wanden	1,35
BC3	6.10b	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht	0,90
			BG2a - Rustende belasting - Verhardingsopbouw	0,90
			BG2b - Rustende belasting - leuning	0,90
			BG2c - Rustende belasting - Stootplaten	0,90
			BG2d - Rustende belasting - Overig	0,90
			BG3a - Gronddruk - horizontale gronddruk	1,20
			BG4b - Verkeersbelasting op wanden	1,35
BC4	6.15b	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht	1,00
			BG2a - Rustende belasting - Verhardingsopbouw	1,00
			BG2b - Rustende belasting - leuning	1,00
			BG2c - Rustende belasting - Stootplaten	1,00
			BG2d - Rustende belasting - Overig	1,00
			BG3a - Gronddruk - horizontale gronddruk	1,00
			BG4a - Verkeersbelasting op duiker	0,80
			BG4b - Verkeersbelasting op wanden	0,80

Project Faunapassage N279

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			wanden	
BC5	permanent	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigen gewicht	1,00
			BG2b - Rustende belasting - leuning	1,00
			BG2c - Rustende belasting - Stootplaten	1,00
			BG2d - Rustende belasting - Overig	1,00

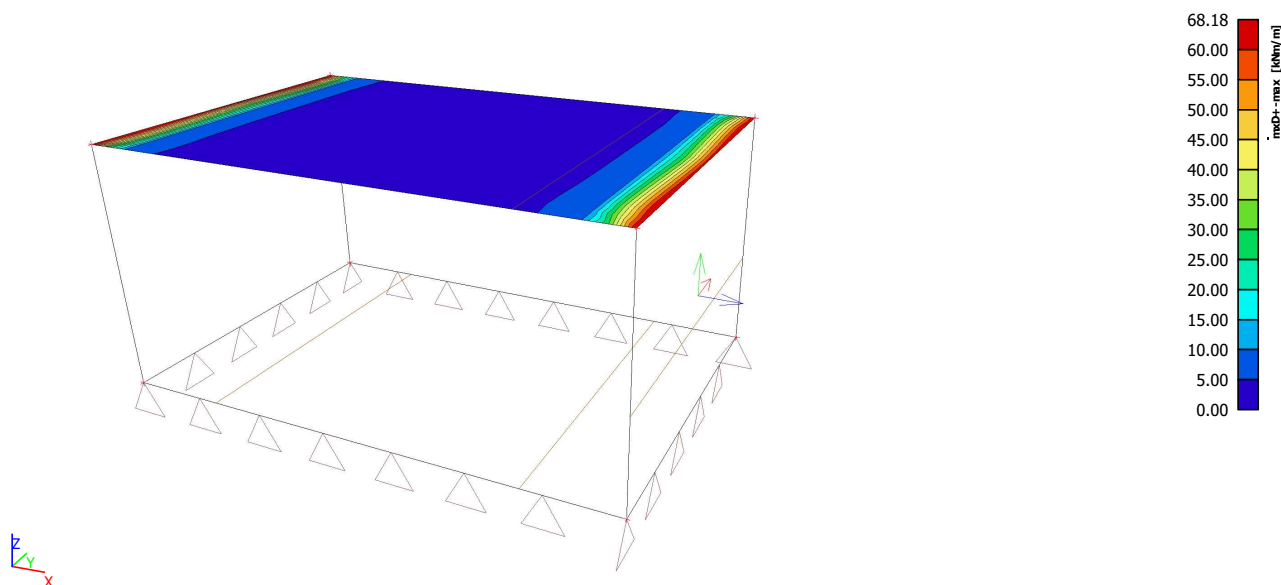
3.4. Resultaatklassen

Naam	Lijst
Alle UGT	BC1 - Omhullende - uiterst
	BC2 - Omhullende - uiterst
	BC3 - Omhullende - uiterst
	BC4 - Omhullende - uiterst
	BC5 - Omhullende - uiterst
Alle BGT	BC4 - Omhullende - uiterst

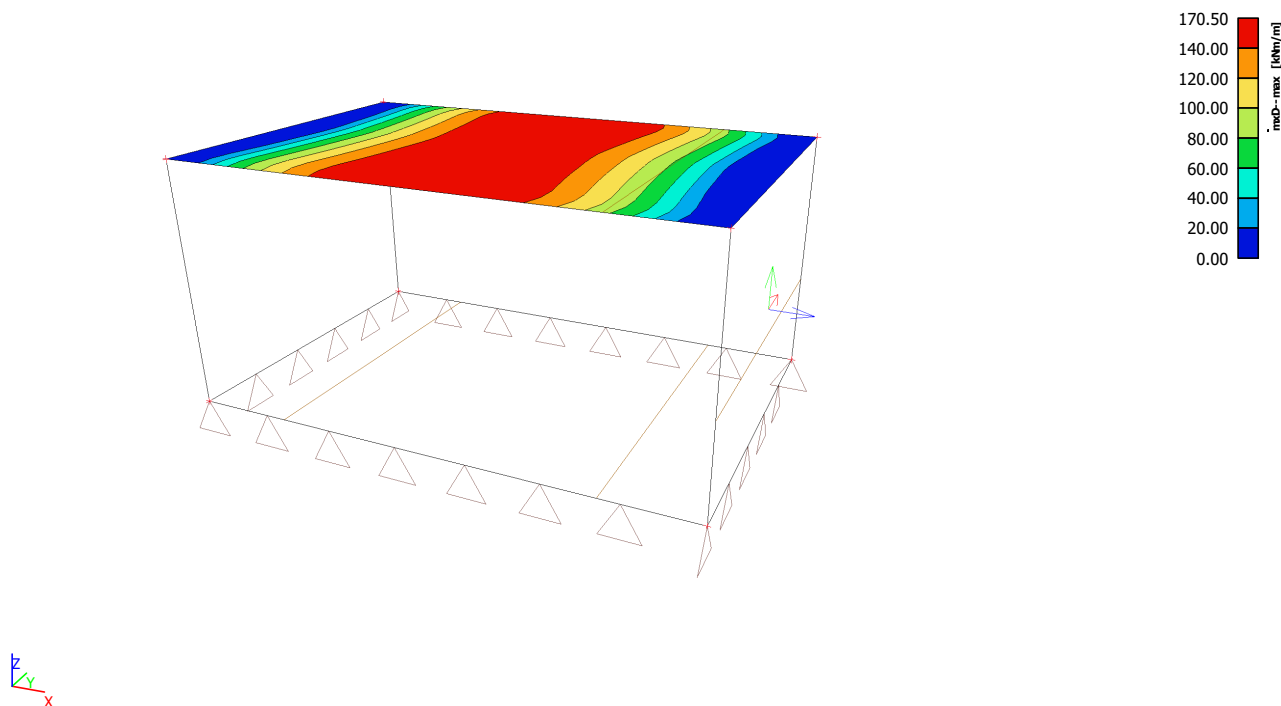
4. Resultaten

4.1. Dek

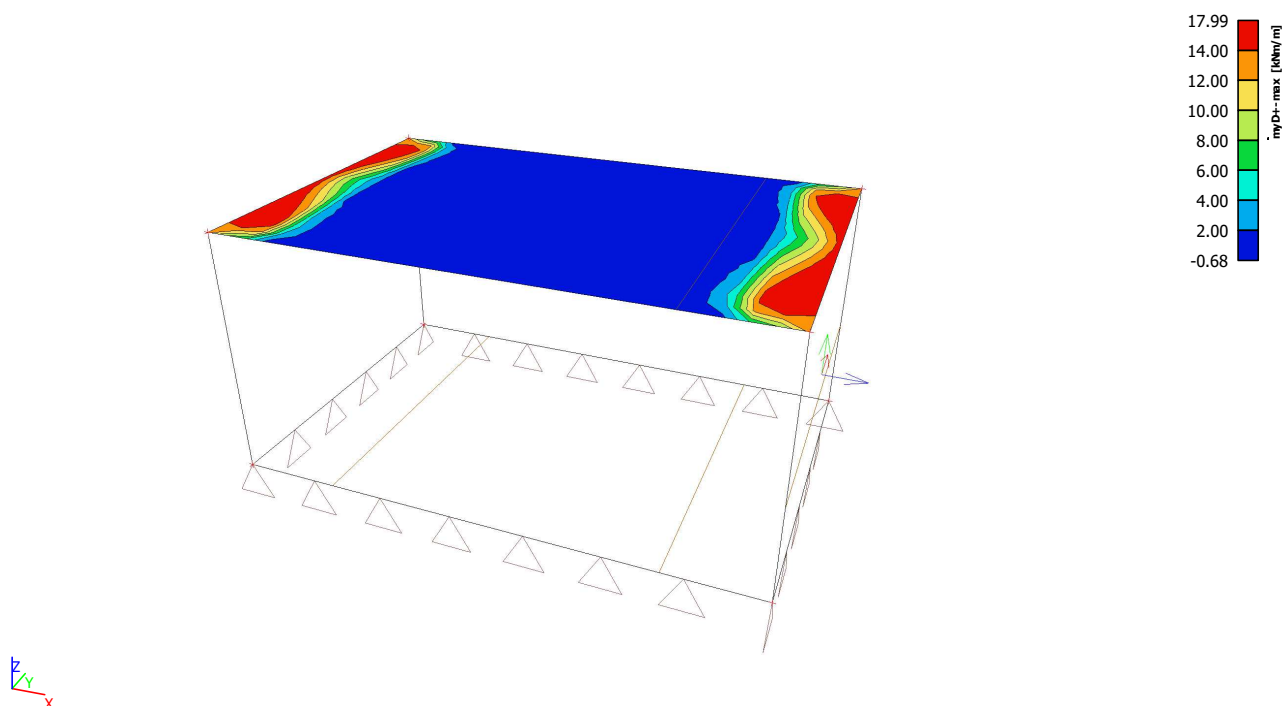
4.1.1. 2D element - Interne krachten; mxD+ UGT



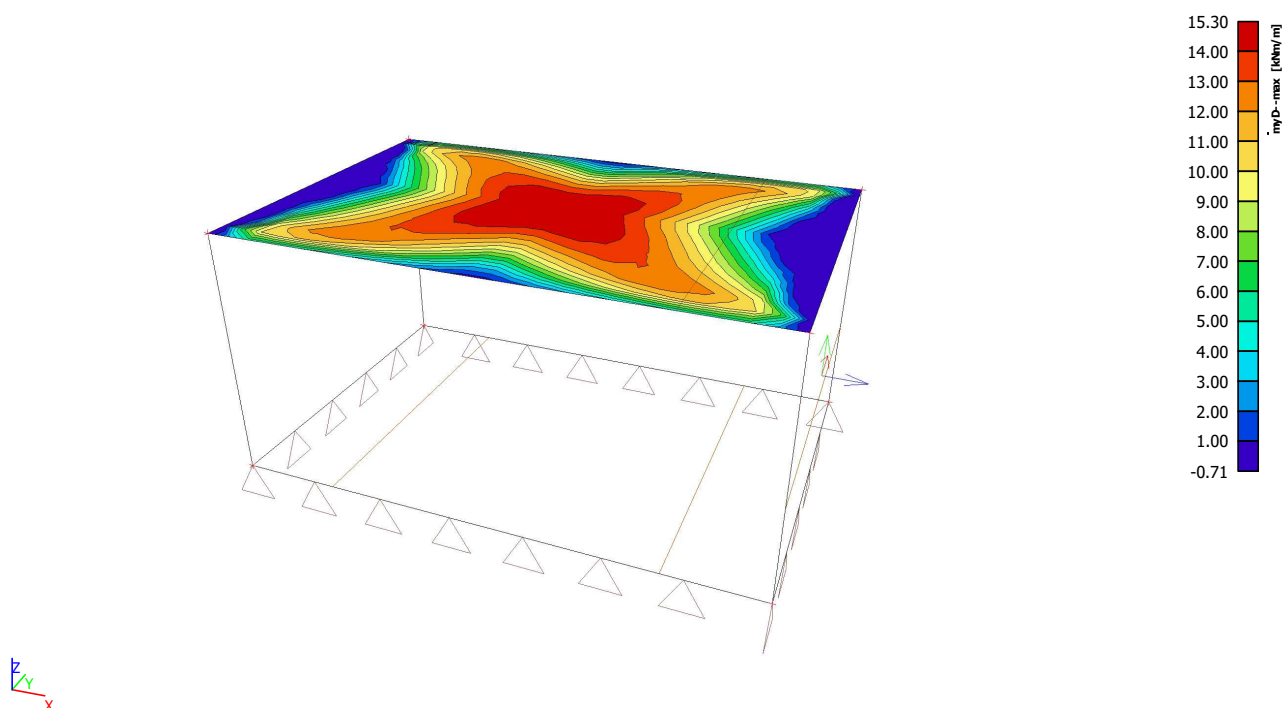
4.1.2. 2D element - Interne krachten; mxD- UGT



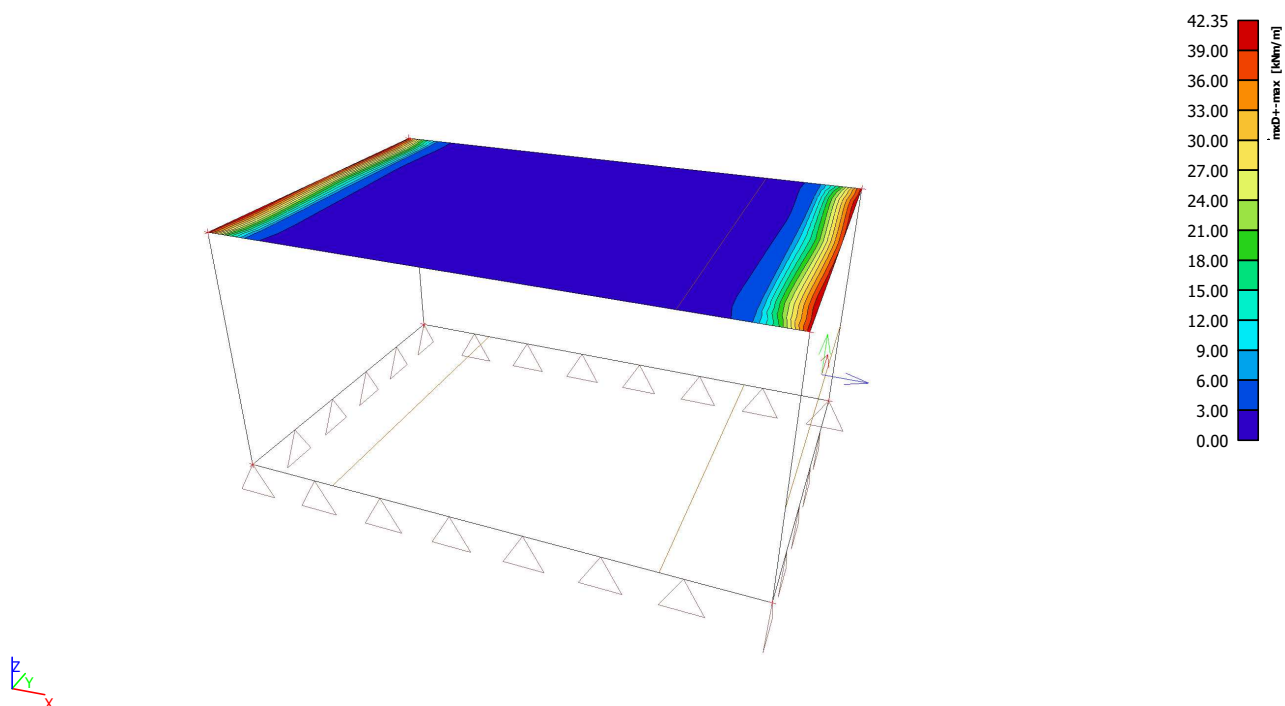
4.1.3. 2D element - Interne krachten; myD+ UGT



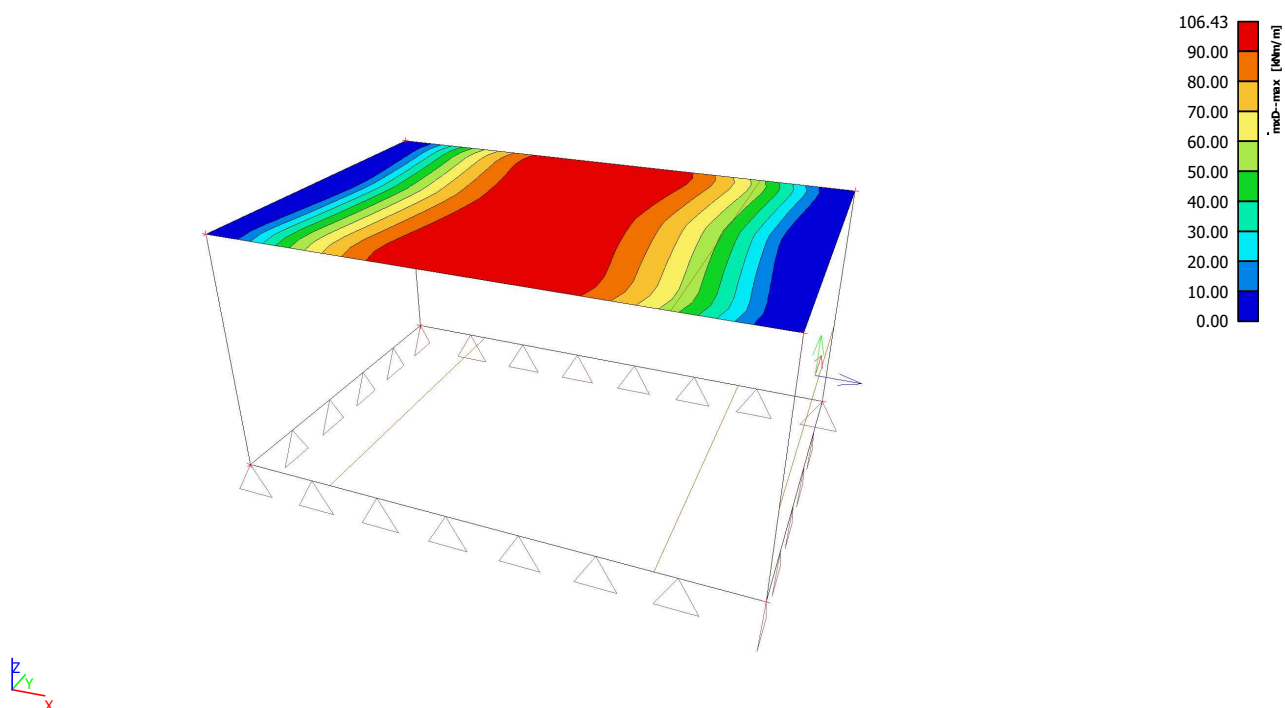
4.1.4. 2D element - Interne krachten; myD- UGT



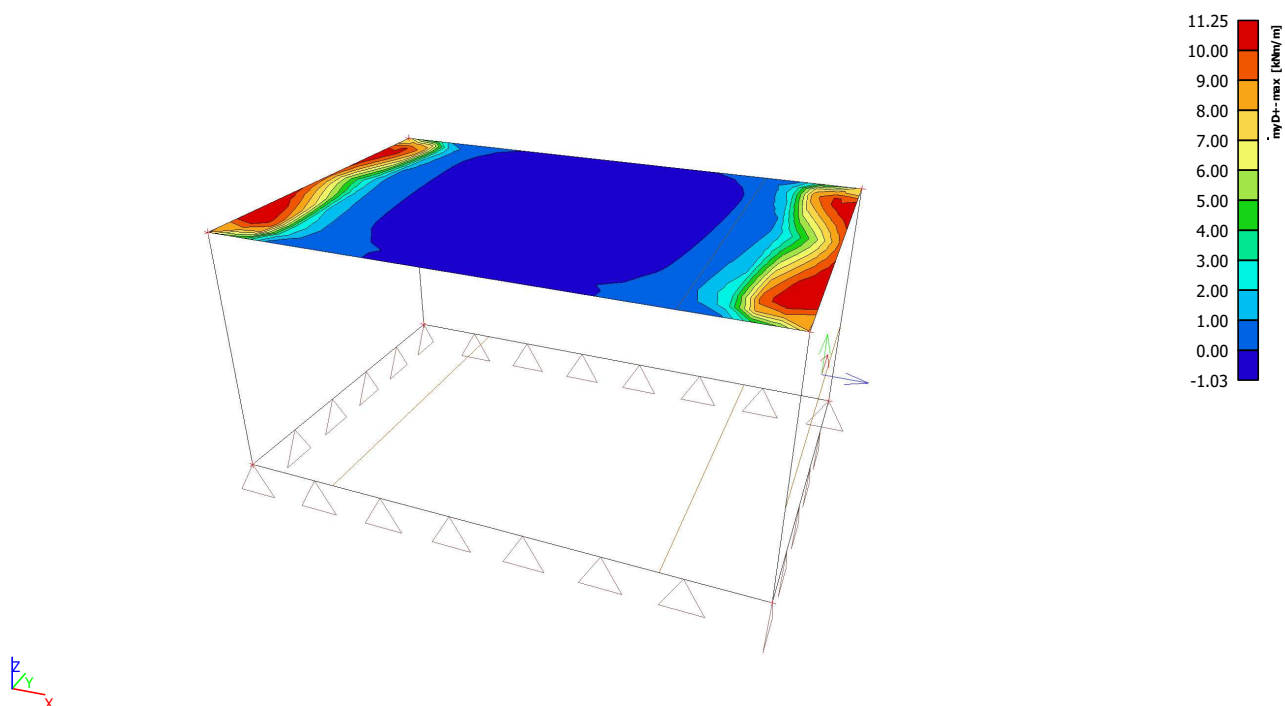
4.1.5. 2D element - Interne krachten; mxD+ BGT



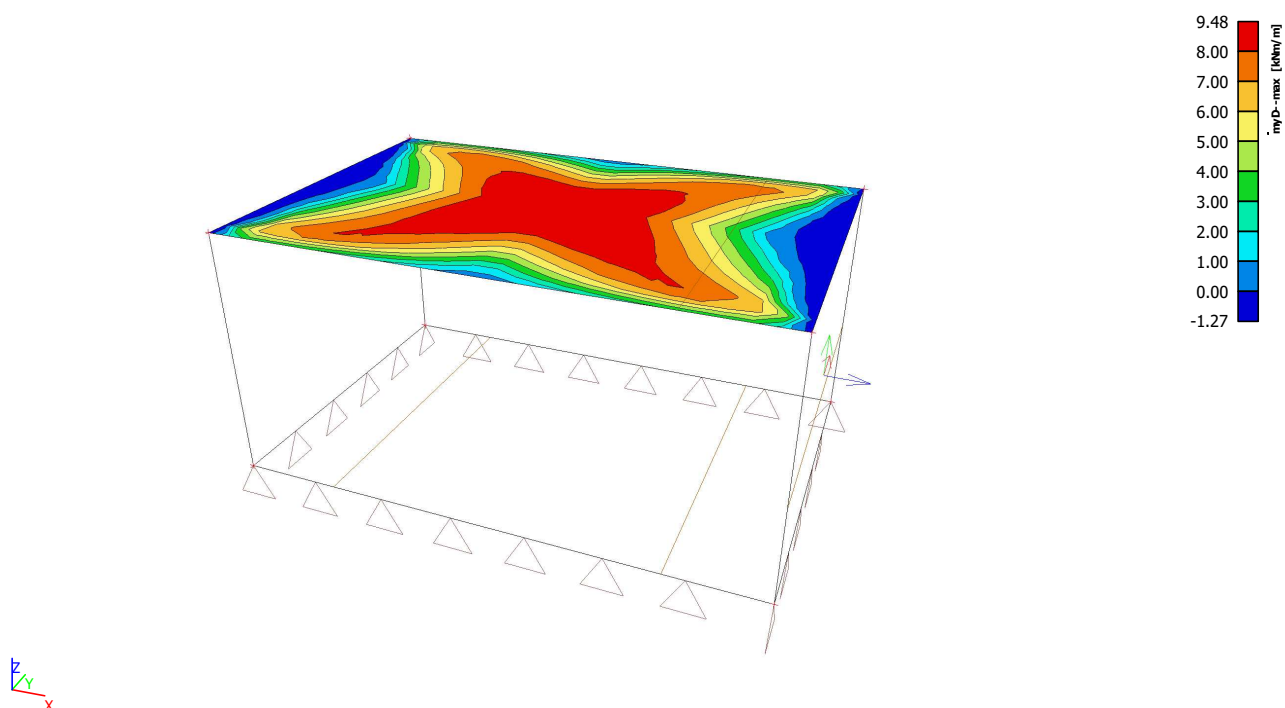
4.1.6. 2D element - Interne krachten; mxD- BGT



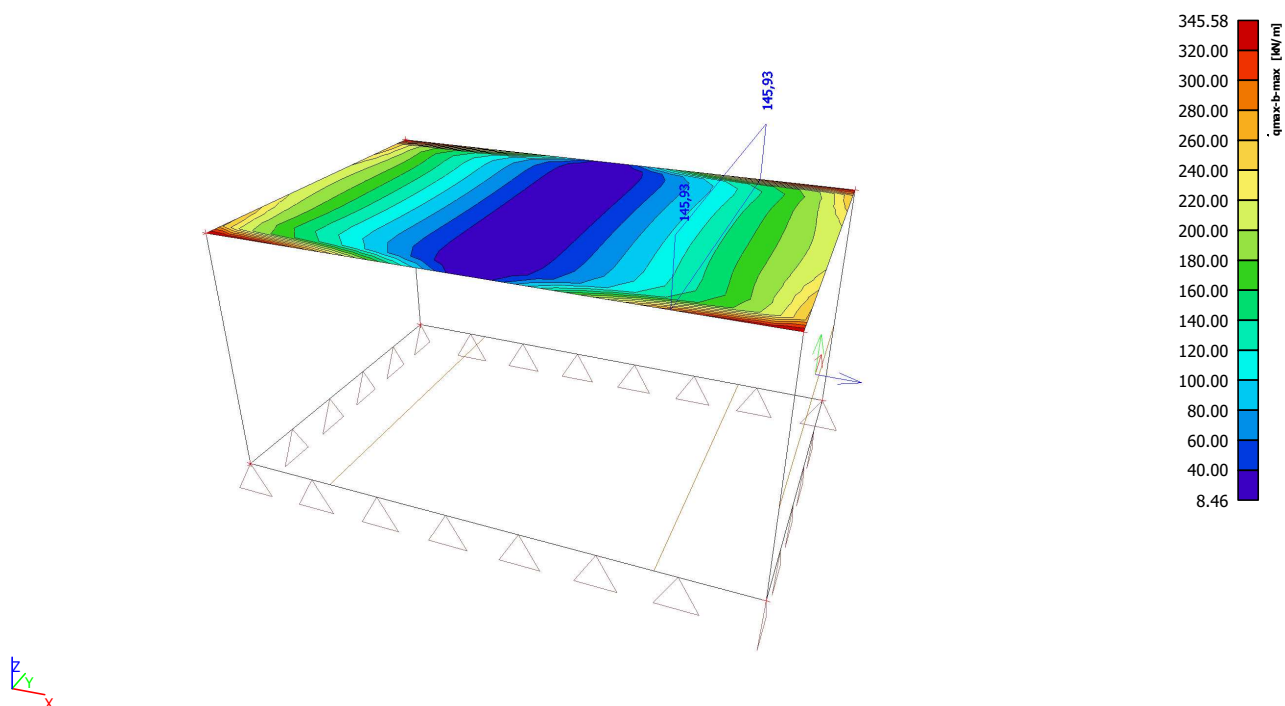
4.1.7. 2D element - Interne krachten; myD+ BGT



4.1.8. 2D element - Interne krachten; myD- BGT

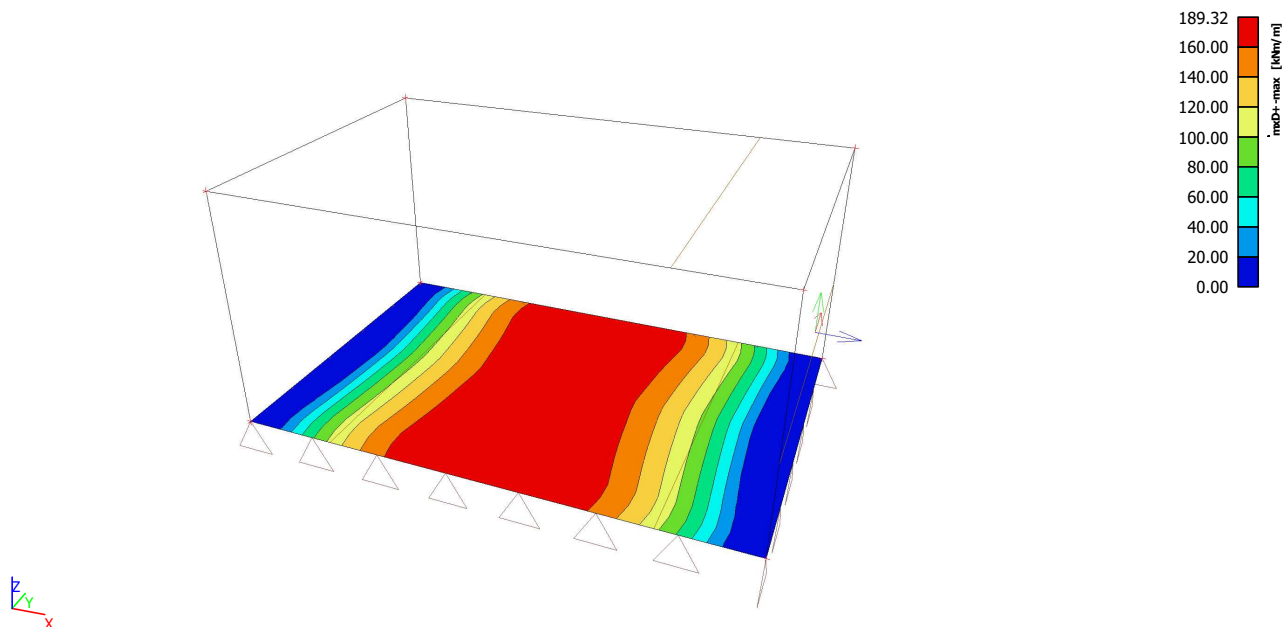


4.1.9. 2D element - Interne krachten; qmax-b UGT

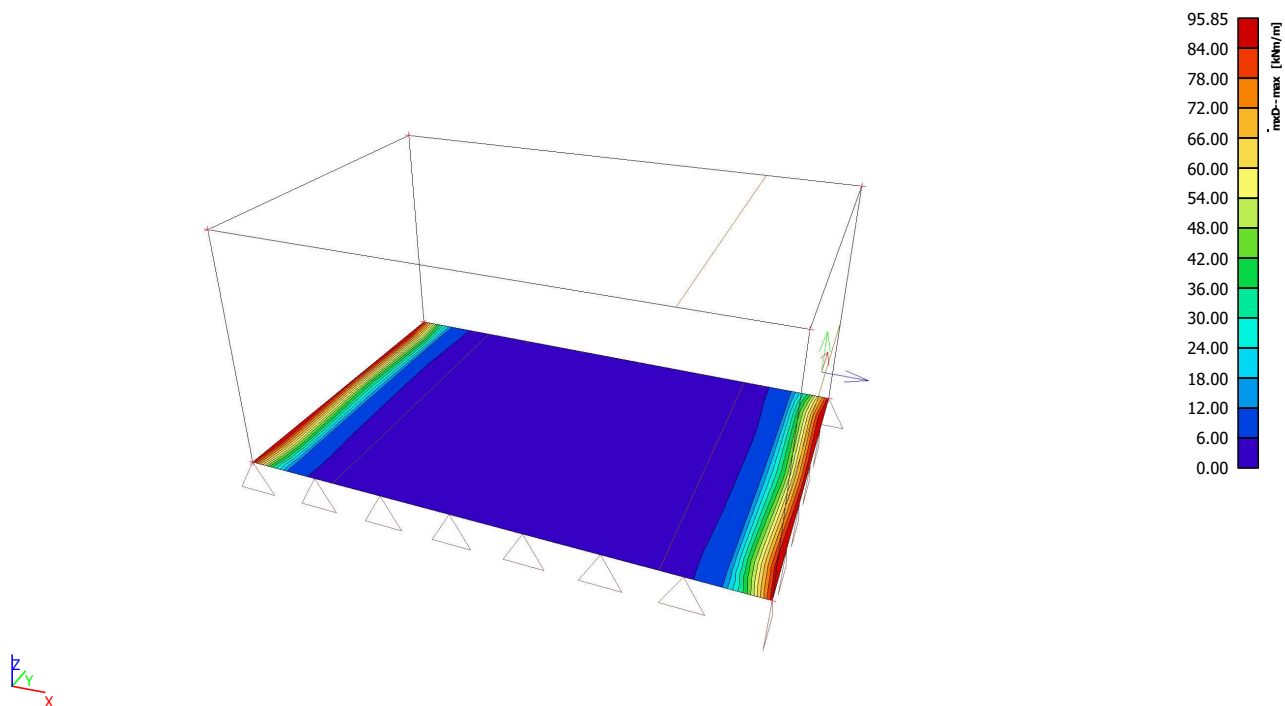


4.2. Vloer

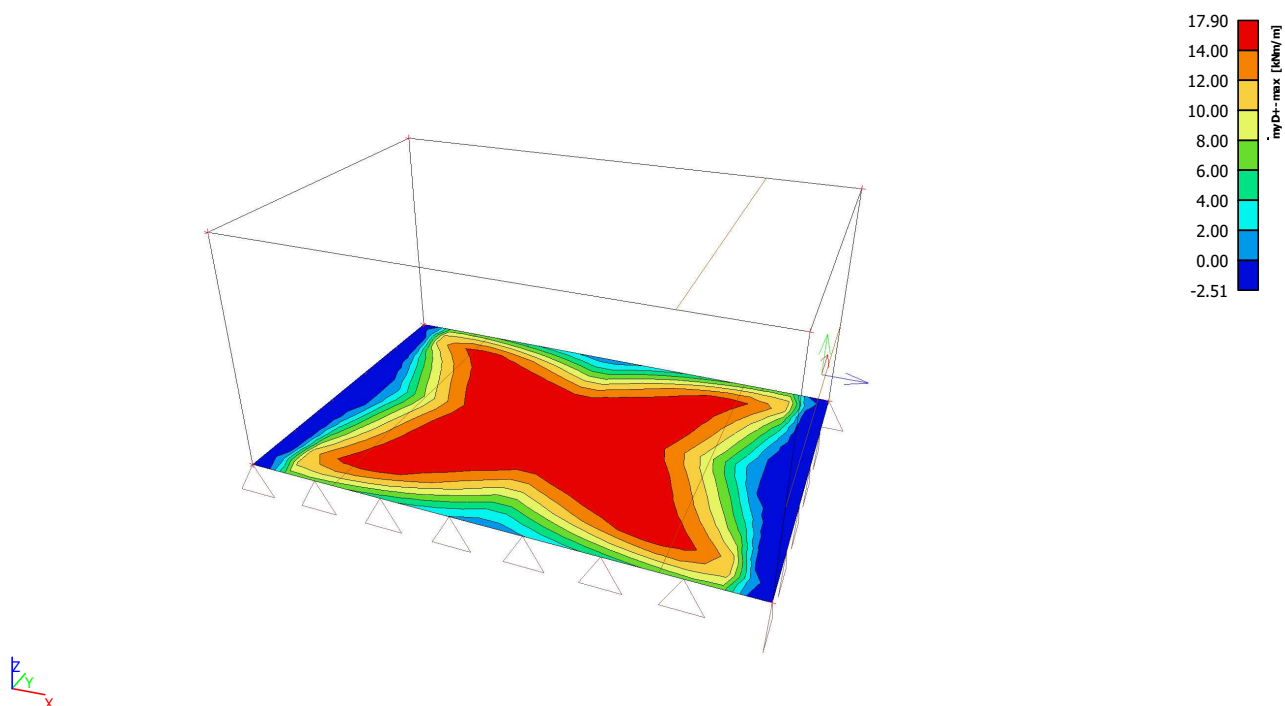
4.2.1. 2D element - Interne krachten; mxD+ UGT



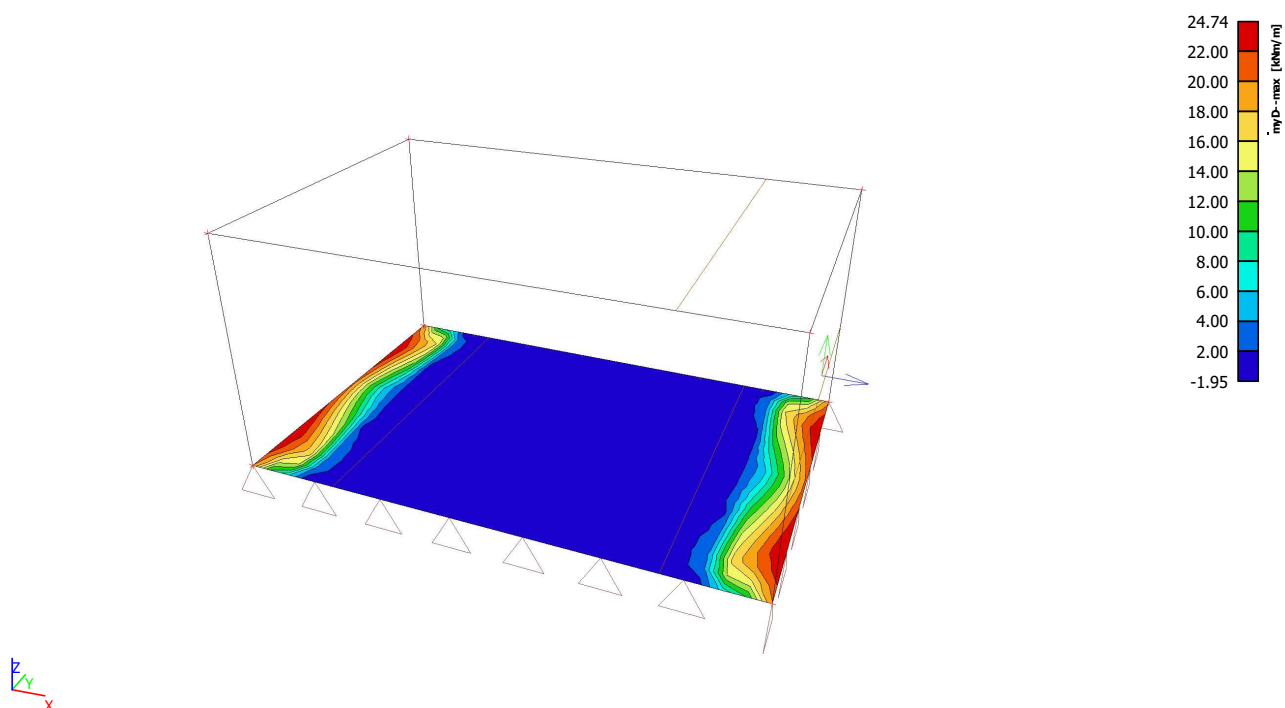
4.2.2. 2D element - Interne krachten; mxD- UGT



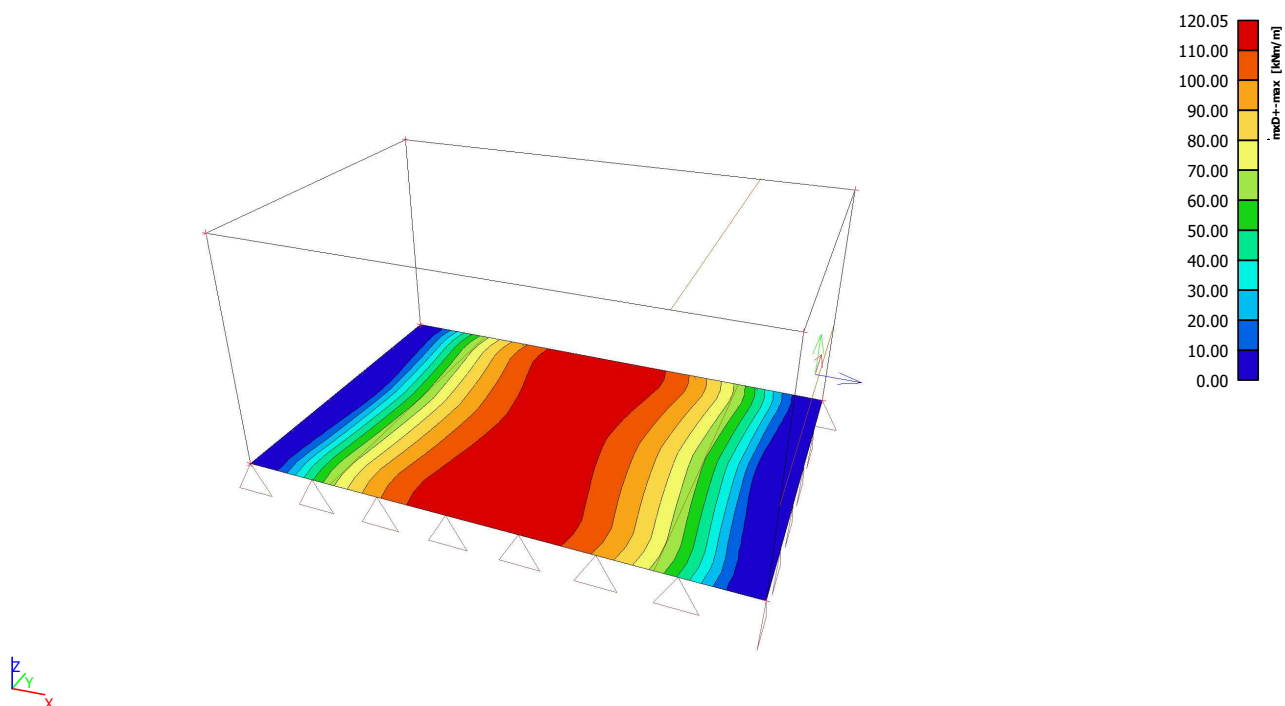
4.2.3. 2D element - Interne krachten; myD+ UGT



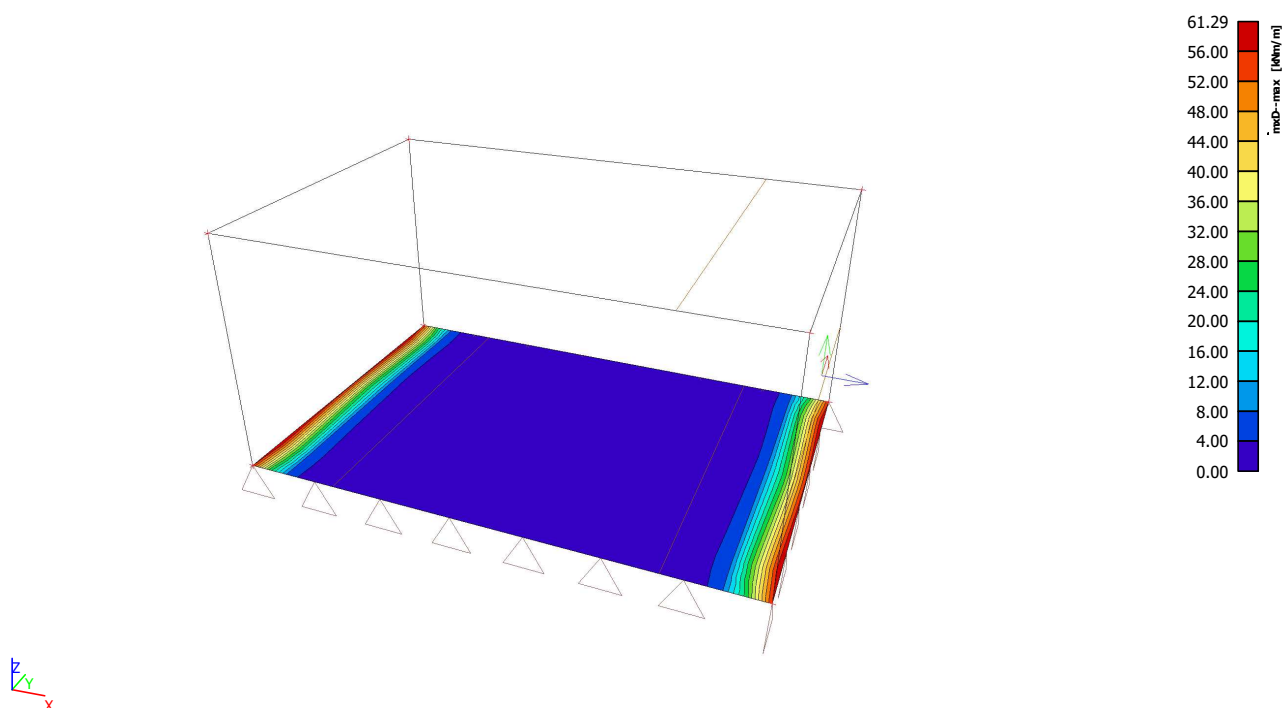
4.2.4. 2D element - Interne krachten; myD- UGT



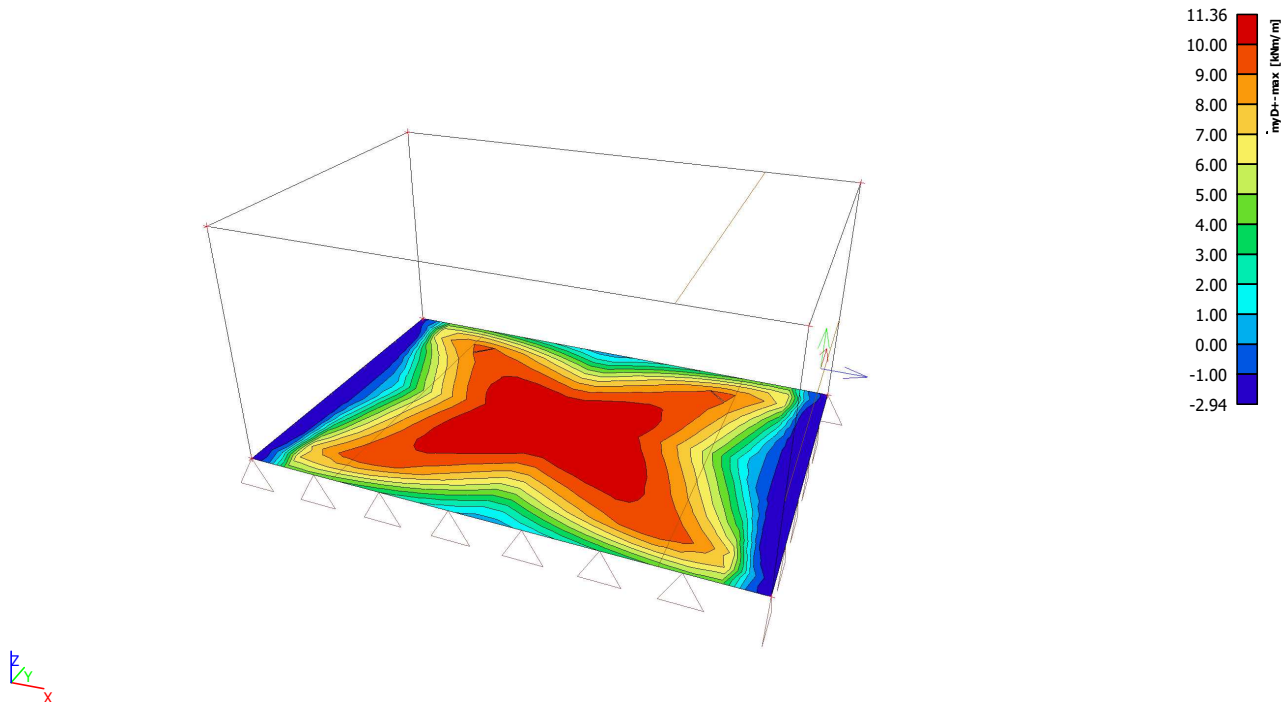
4.2.5. 2D element - Interne krachten; mxD+ BGT



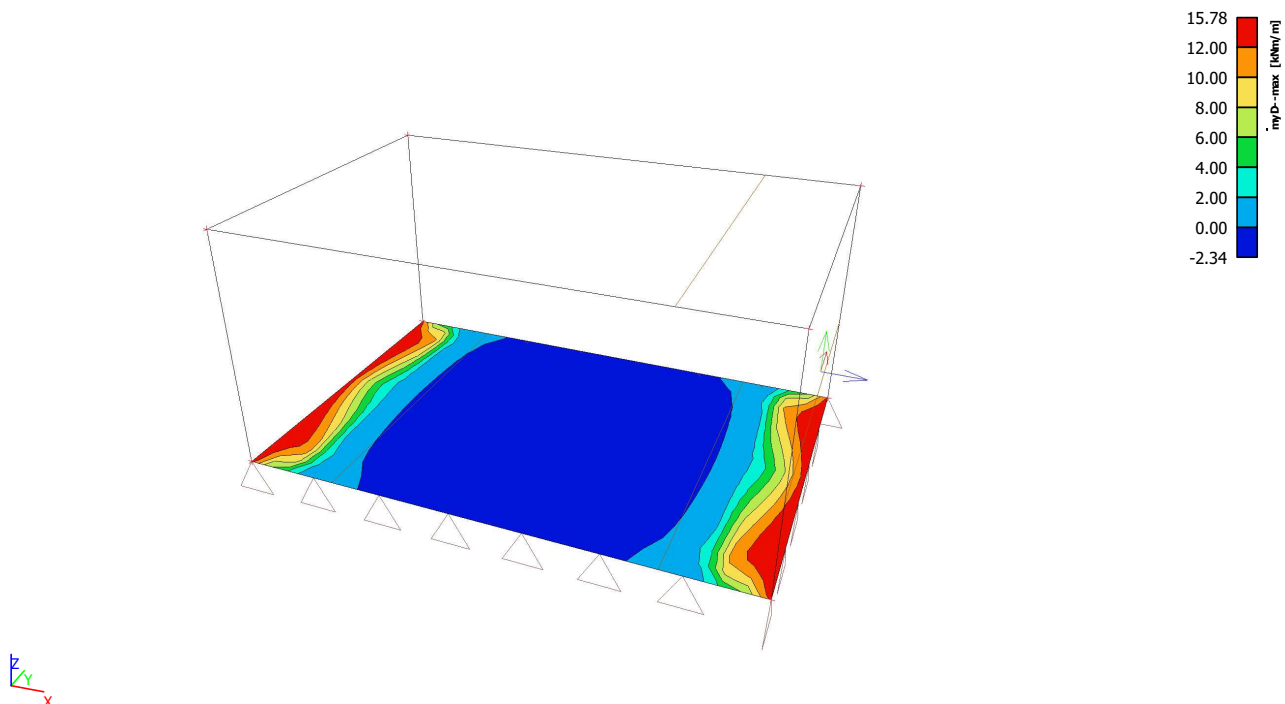
4.2.6. 2D element - Interne krachten; mxD- BGT



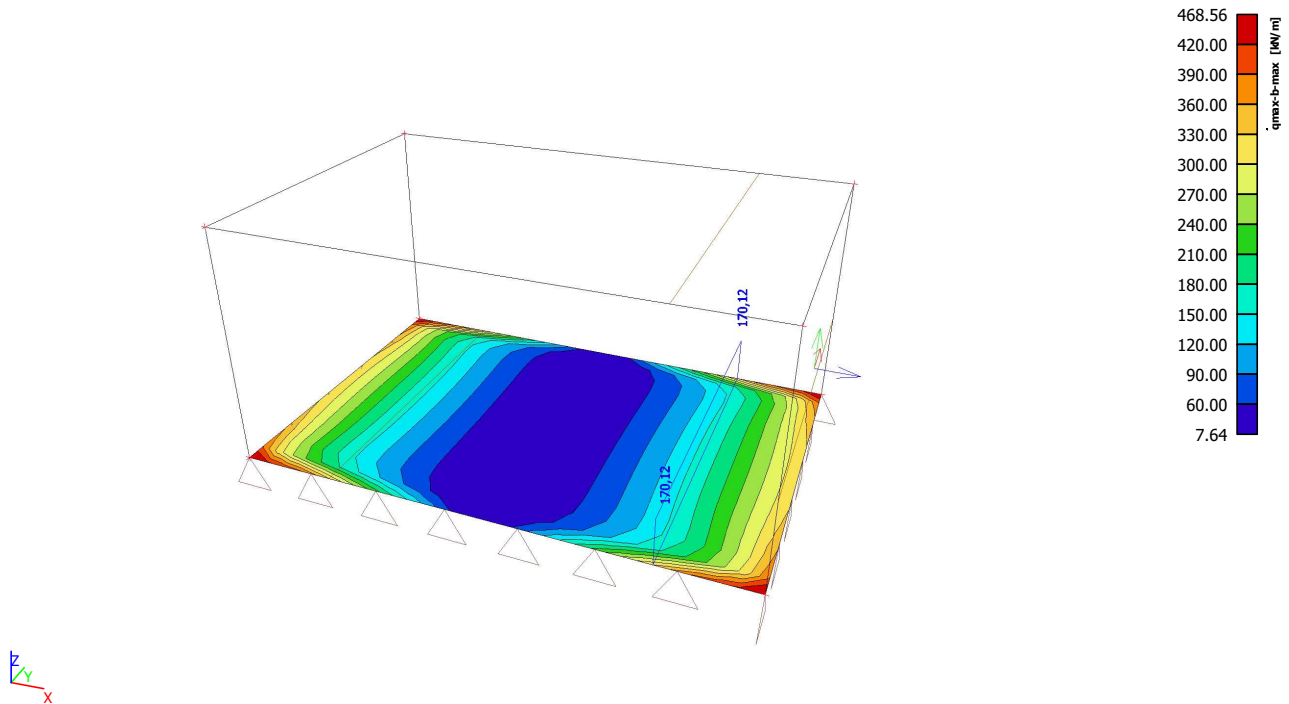
4.2.7. 2D element - Interne krachten; myD+ BGT



4.2.8. 2D element - Interne krachten; myD- BGT

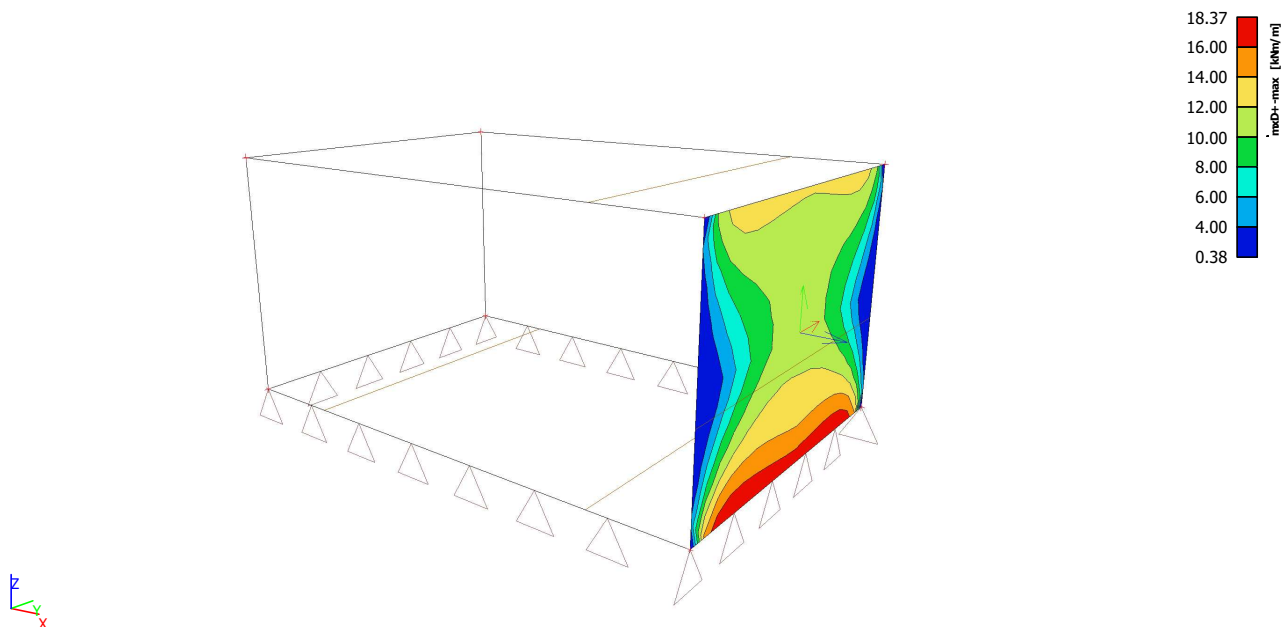


4.2.9. 2D element - Interne krachten; qmax-b UGT

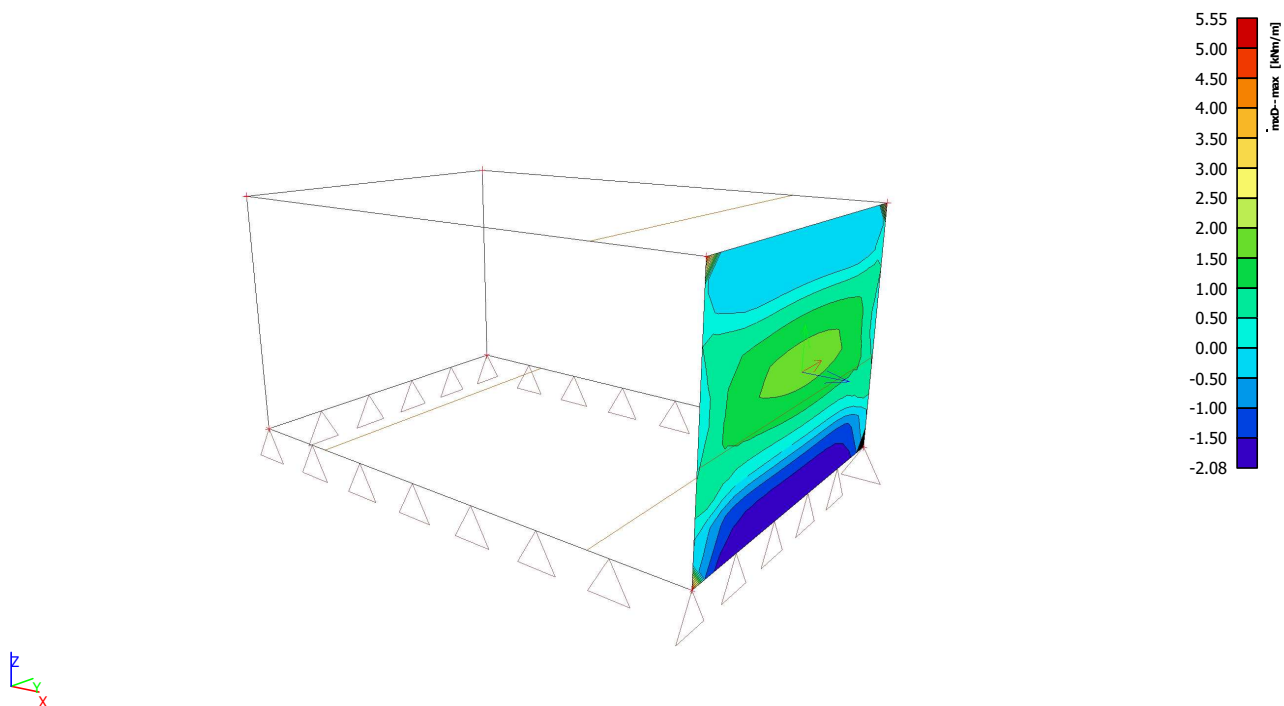


4.3. Wanden

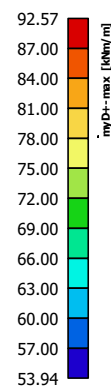
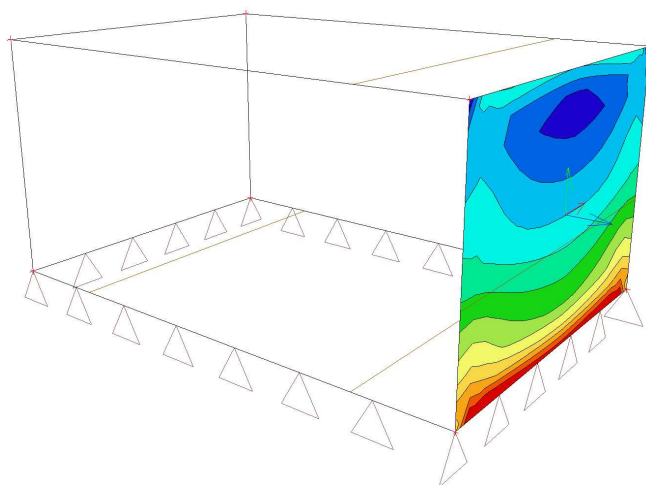
4.3.1. 2D element - Interne krachten; mxD+ UGT



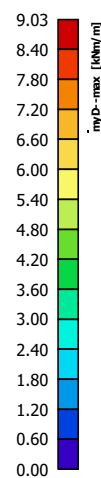
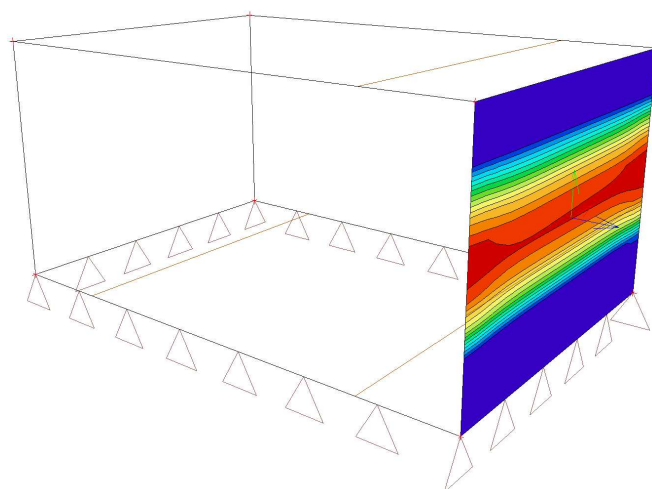
4.3.2. 2D element - Interne krachten; mxD- UGT



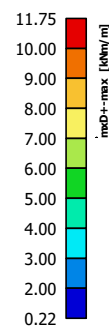
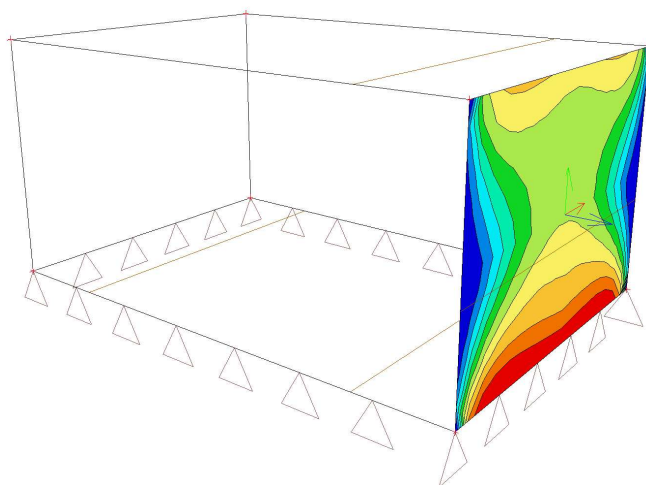
4.3.3. 2D element - Interne krachten; myD+ UGT



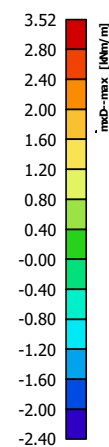
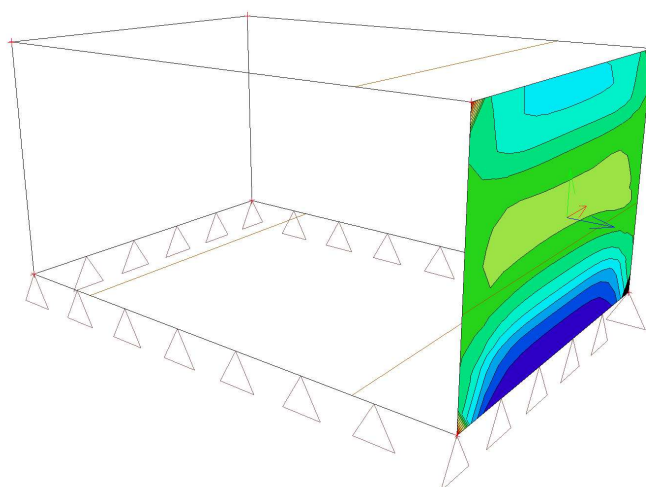
4.3.4. 2D element - Interne krachten; myD- UGT



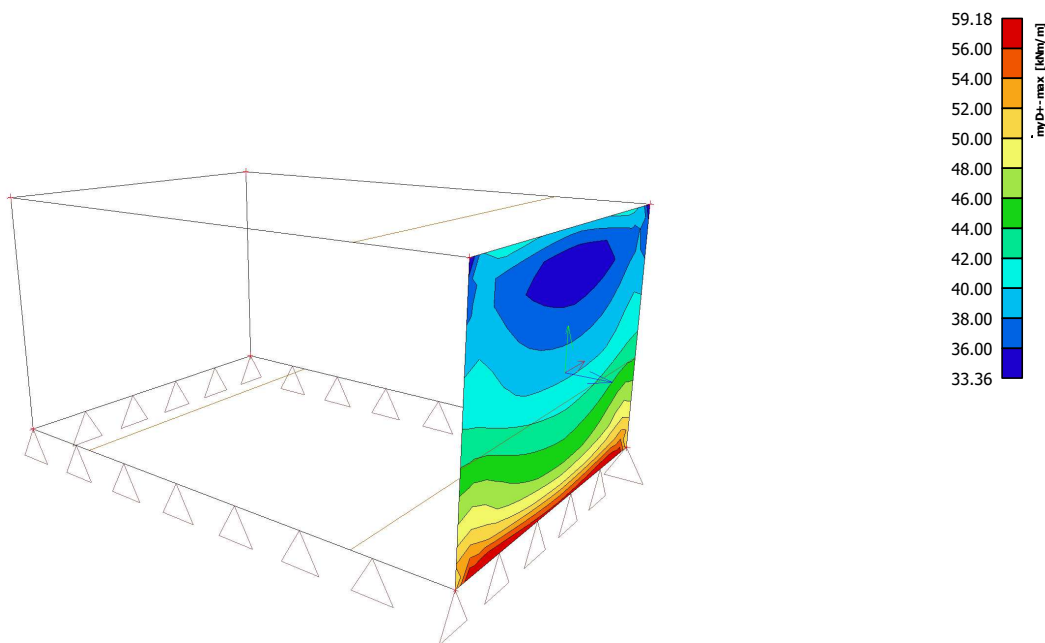
4.3.5. 2D element - Interne krachten; mxD+ BGT



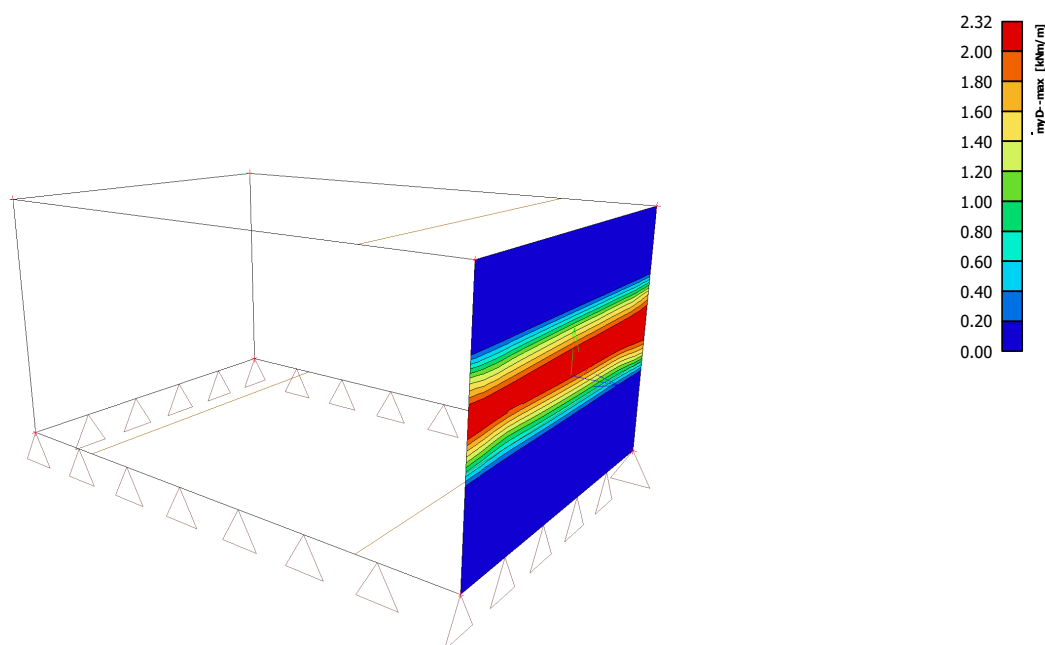
4.3.6. 2D element - Interne krachten; mxD- BGT



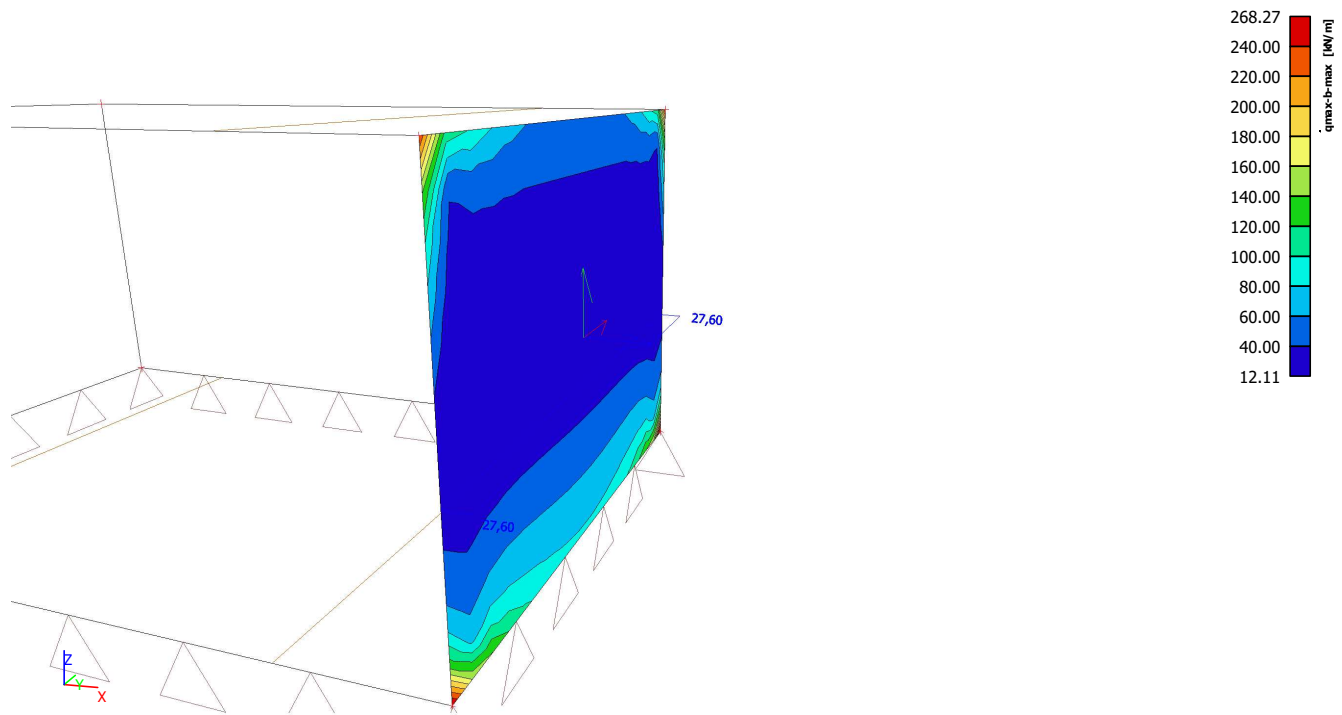
4.3.7. 2D element - Interne krachten; myD+ BGT



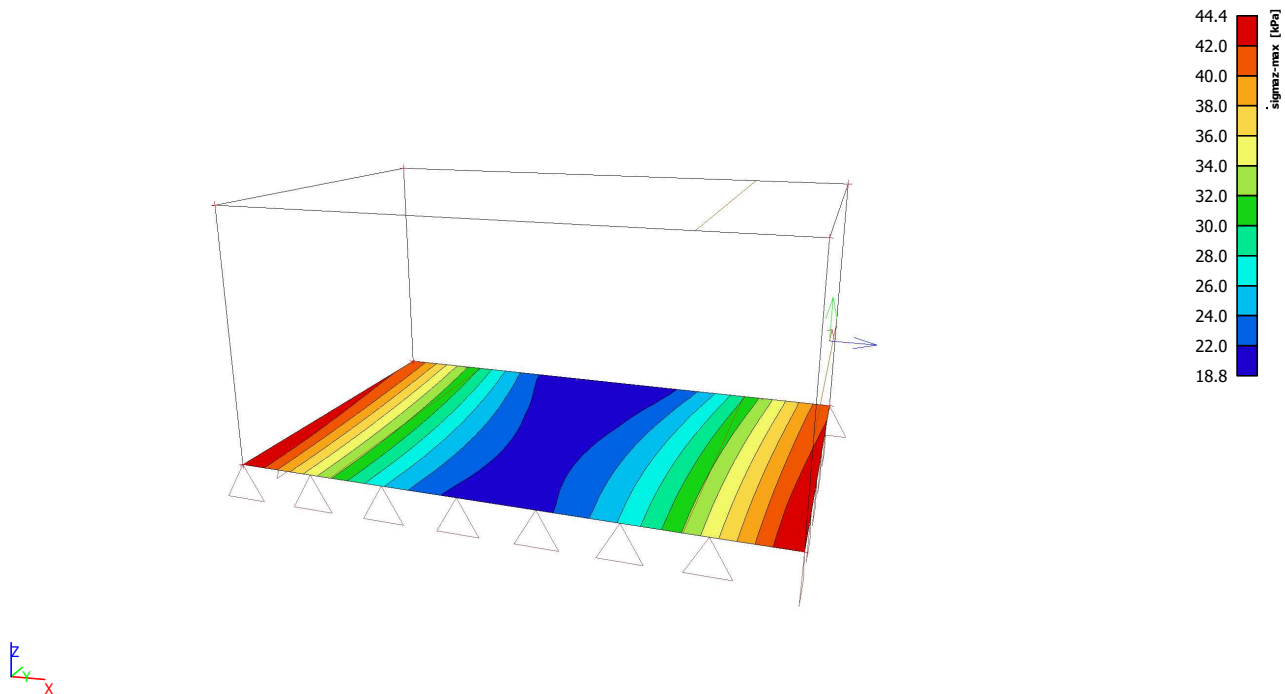
4.3.8. 2D element - Interne krachten; myD- BGT



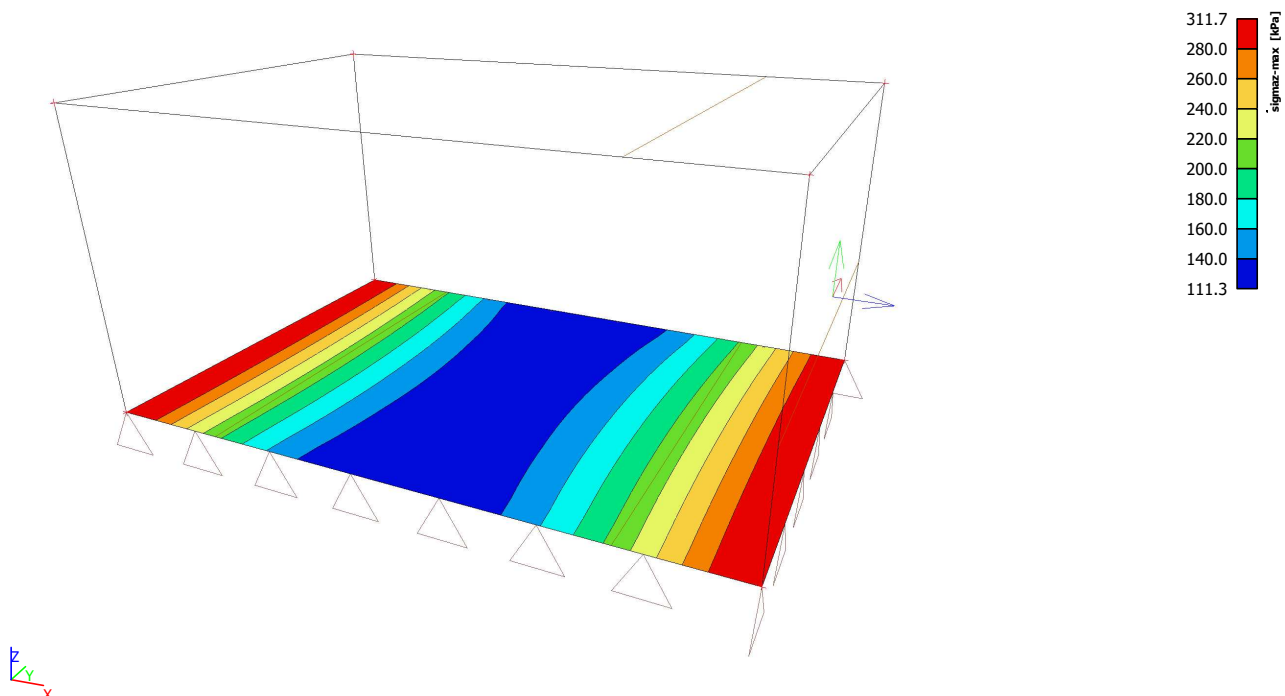
4.3.9. 2D element - Interne krachten; qmax-b UGT



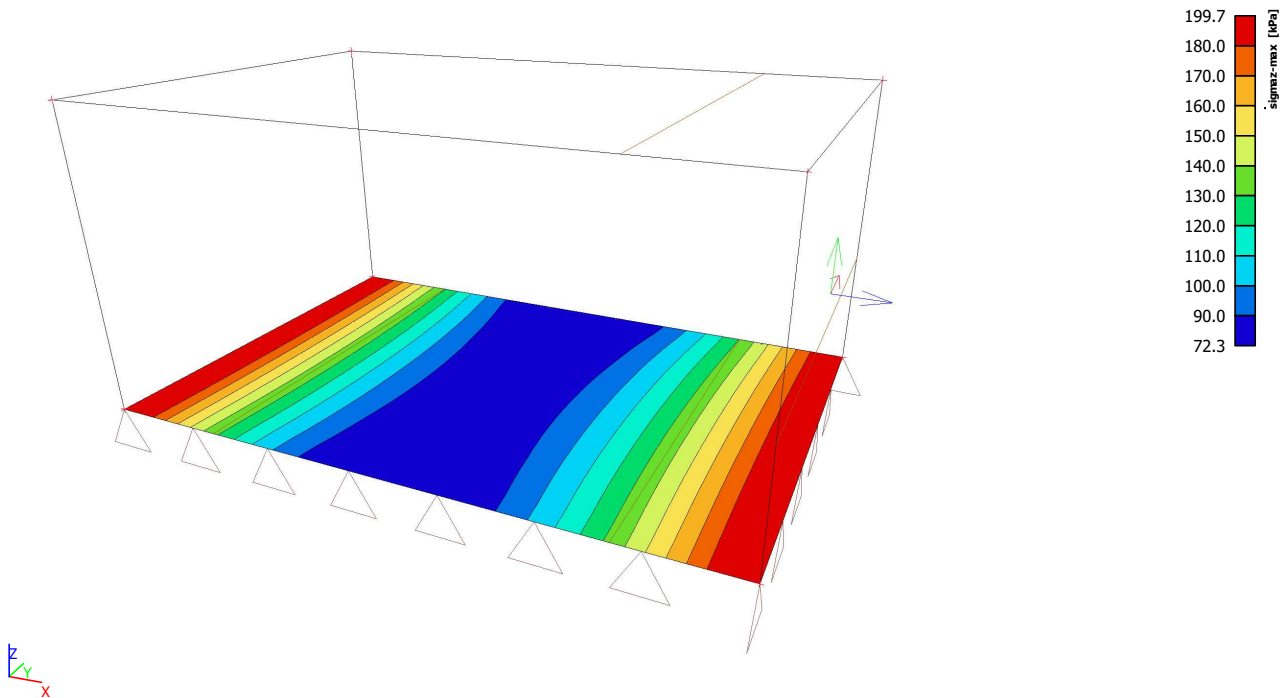
5. Contactspanningen; σ_{maz} - Permanent



6. Contactspanningen; σ_{maz} - UGT



7. Contactspanningen; sigma_z - BGT



Bijlage 2**Doorsnedetoets duikerbrug**

ECwap_2.4		Kolomnr	2	3	4	5
Type			plaat	plaat	plaat	plaat
Deel			Duiker	Duiker	Duiker	Keerwand
plaats			dek	vloer	wanden	wanden
laag						
NEN-EN 1992-2 van toepassing			ja	ja	ja	ja
ROK van toepassing			nee	nee	nee	nee
Sterkteklasse			C45/55	C45/55	C45/55	C45/55
h [m]	hoogte balk		0,300	0,300	0,300	0,100
b [m]	breedte balk		1,000	1,000	1,000	1,000
$C_{nom} = \max(C_{nom} + \Delta c_{dev}; k_1; k_2)$			30	30	30	25
c [mm]	dekking op bgl/ buitenste staaf		30	30	30	30
c_{extra} [mm]	beugel of dwarsstaaf		16	16	16	8
UC dekking			1,00	1,00	1,00	0,83
M_{Ed} (UGT)		Kolomnr	2	3	4	5
M_{Ed} [kNm]	buigend moment, reken, positief		171,0	190,0	92,0	2,0
N_{Ed} [kN]	normaalkracht, reken, druk= neg.		0,0	0,0	0,0	0,0
$\varnothing_{1,1}$ [mm]	diam hoofdwap, gelijkwaardige (bundels)		20,0	20,0	16,0	8,0
$n_{1,1} = \text{aantal}/b_c$	aantal staven trek-hoofdwap		10,00	10,00	10,00	6,00
$\varnothing_{1,2}$ [mm]	trekwapening, diam bijlegwap		0	0	0	0
$n_{1,2} = \text{aantal}/b_c$	aantal staven trek-bijlegwap		0,00	0,00	0,00	0,00
c_2 [mm]	hart - hart staven diam1 / diam2		0,0	0,0	0,0	0,0
x_u bij $M_{Ed} + N_{Ed}$ [m]			0,0329	0,0368	0,0171	0,0015
ε_s			0,0106	0,0106	0,0187	0,0314
UC sterkte			0,57	0,63	0,46	0,27
UC minimumwapening 9.2.1.1			0,17	0,17	0,27	0,86
M_E (BGT)		Kolomnr	2	3	4	5
M_E [kNm]	buigend moment, rep, positief		107,0	120,0	59,0	1,3
N_E [kN]	normaalkracht, rep, druk negatief		0,0	0,0	0,0	0,0
x [m]	hoogte drukzone		0,0875	0,0875	0,0736	0,0146
ε_c	betonrek in uiterst gedrukte vezel		-0,00044	-0,00050	-0,00028	-0,00013
Moet voldaan zijn aan art. 7.3.2 vlg 7.3.2(1) NB			nee	nee	nee	nee
UC scheurwijdte			0,67	0,79	0,48	0,08
UC minimumwapening 7.3.2						
V_{Ed}		Kolomnr	2	3	4	5
Dwarskrachtwapening benodigd?			nee	nee	nee	nee
V_{Ed} [kN]	dwarskracht, reken		145,0	170,0	100,0	5,0
$\cot(\theta)$	$1 \leq \cot(\theta) \leq 2,5$					
$\varnothing_{bgl}$ [mm]						
$n_{sn} = \text{aantal snedes per breedte}$						
α [graden]	hoek v.d. beugelwapening t.o.v de horizontaal					
s_l [mm]	hart op hart beugels (langsrichting)					
s_t [mm]	hart op hart beugels (dwarsrichting)					
$\rho_w = A_{sw} / (s_t \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$						
UC dwarskracht			0,67	0,79	0,54	0,13

Bijlage 3**Draagvermogen sondering 1 en 2**

Report for D-Foundations 21.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Date of report: 1-11-2021
Time of report: 16:46:54
Report with version: 21.1.1.32449

Date of calculation: 1-11-2021
Time of calculation: 16:45:42
Calculated with version: 21.1.1.32449

File name: fundering staal parallelweg

Project identification: Faunapassage N279
onderdoorgang parallelweg
D-Foundations fundering staal parallelweg

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Shallow Foundations	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	4
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 01	4
2.6.2 Soil Profile 02	6
2.7 Foundation Data	7
2.8 Foundation Plan	7
2.8.1 View of Foundation Plan	8
2.9 Load Data	8
2.9.1 Vertical Loads	8
2.9.2 Horizontal Loads	8
2.10 Requirements	8
2.11 Overruled Parameters	9
2.12 Model Options	9
3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification	10
3.1 Verification of Limit State EQU	10
3.1.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation	10
3.1.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation	10
3.1.3 Horizontal Bearing Capacity	10
3.1.4 Stability	10
3.2 Verification of Limit State STR/GEO	10
3.2.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO	10
3.3 Verification of Serviceability Limit State	11
3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State	11
3.4 Additional Information	11

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Shallow Foundations (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : Faunapassage N279

Title 2 : onderdoorgang parallelweg

Title 3 : D-Foundations fundering staal parallelweg

Number of project :

-

Location of project :

2.3 Application Area Model Shallow Foundations

The verifications performed by the model Shallow Foundation of D-FOUNDATIONS concern shallow foundations on which only static or quasi-static loads work. The foundation surface must be practically level and should not exceed an angle of 2.5 degrees with the horizon.

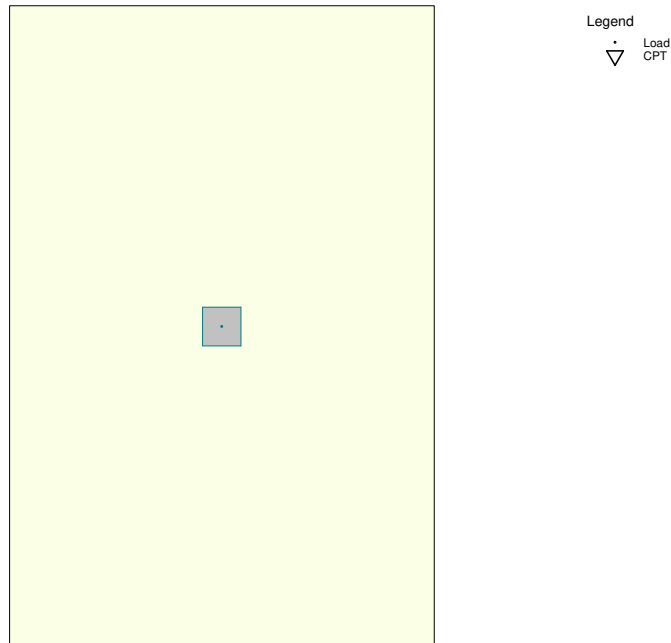
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 2

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



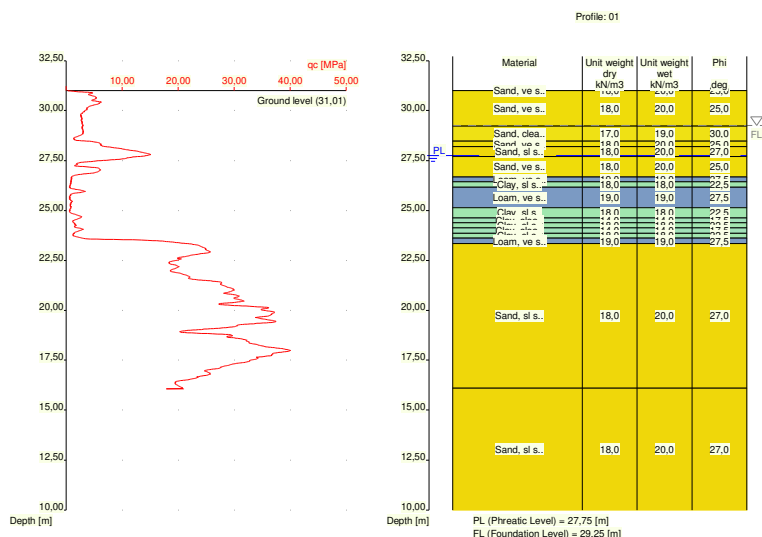
Name CPT	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
01	187201,61	374108,97
02	0,00	0,00

2.6 Soil Data

Number of soilprofiles: 2

2.6.1 Soil Profile 01

Belonging to CPT	01
Surface level in [m. reference level] :	31,01
Phreatic level in [m. reference level] :	27,75
Placement depth of foundation element in [m R.L.] =	29,25
Concentration value according to Frohlich [-] =	3
Number of layers in profile :	17



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f;undr [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	31,010	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
2	31,000	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
3	29,223	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	28,464	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
5	28,205	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
6	27,696	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
7	26,678	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
8	26,428	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
9	26,169	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
10	25,142	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
11	24,633	14,00	14,00	17,50	0,00	25,00	0,33	0,01
12	24,374	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
13	24,124	14,00	14,00	17,50	0,00	25,00	0,33	0,01
14	23,865	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
15	23,606	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
16	23,347	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
17	16,108	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00

Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	31,010	0,26	Sand
2	31,000	0,26	Sand
3	29,223	0,26	Sand
4	28,464	0,26	Sand
5	28,205	0,26	Sand
6	27,696	0,26	Sand

Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _i undr [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
5	29,232	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
6	28,723	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
7	28,473	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
8	28,214	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
9	26,696	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
10	26,437	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
11	25,928	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
12	25,169	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
13	24,660	14,00	14,00	17,50	0,00	25,00	0,33	0,01
14	24,401	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
15	24,151	14,00	14,00	17,50	0,00	25,00	0,33	0,01
16	23,892	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
17	23,642	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
18	23,383	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
19	16,211	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00

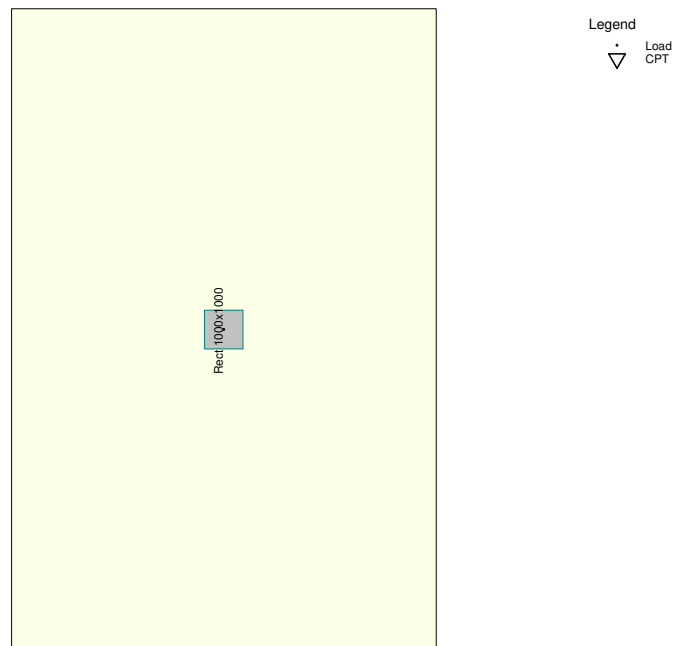
Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	31,010	0,26	Sand
2	31,000	0,26	Sand
3	29,732	0,26	Sand
4	29,482	0,26	Sand
5	29,232	0,26	Sand
6	28,723	0,26	Sand
7	28,473	0,00	Loam
8	28,214	0,26	Sand
9	26,696	0,26	Sand
10	26,437	0,26	Sand
11	25,928	0,00	Loam
12	25,169	0,00	Clay
13	24,660	0,00	Clay
14	24,401	0,00	Clay
15	24,151	0,00	Clay
16	23,892	0,00	Clay
17	23,642	0,26	Sand
18	23,383	0,26	Sand
19	16,211	0,26	Sand

2.7 Foundation Data

Element name	Element shape	Width [m]	Length [m]	Diameter [m]	Type
Rect 1000x1000	Rectangular elem.	1,00	1,00	n.a.	Prefab

2.8 Foundation Plan

2.8.1 View of Foundation Plan



Element number/ name	Xm [m]	Ym [m]	angle [deg]	Matching type name	Matching profile name	Matching load name	Nearby slope
1: 1	18720...	37410...	0,00	Rect 1000x1000	01	Load (1)	None

2.9 Load Data

2.9.1 Vertical Loads

Load	LS EQU/STR/GEO			SLS		
	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]
Load (1)	0,00	0,00	311,00	0,00	0,00	199,00

2.9.2 Horizontal Loads

Load	LS EQU/STR/GEO		SLS		Kappa [deg]
	eH [m]	Hd [kN]	eH [m]	Hd [kN]	
Load (1)	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00

2.10 Requirements

Limit state STR/GEO

Maximum allowed settlement in [m] :

0,150

Serviceability Limit State

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

2.11 Overruled Parameters

All parameters according to standard.

2.12 Model Options

Do not create intermediate results file
Do not use the interaction model.

3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification

3.1 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

3.1.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Rd (Squeeze) [kN]	Fpull [kN]	Result of verification
1	NONE					

- the highest value of Rd is used in the verification!

-Fpull ($0.5 \cdot w' \cdot c_u \cdot d$) is the tension force in the element per meter which should be handled by the element in case of squeeze (see art. 6.5.2.2 (r) NEN 9997-1:2016).

3.1.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Punch) [kN]	Rd (Punch) [kN]	Result of verification
1	Case B	311,00	523,45	0,00	0,00	PASSED

Note: both the situation with and without punch through are checked!

3.1.3 Horizontal Bearing Capacity

Found elem. name	Hd [kN]	Rd undrained [kN]	Rd drained [kN]	Result of verification undrained	Result of verification drained
1	0,00	0,00	0,00	n.a.	PASSED

Note: As passive neither active soil loads are taken into account while determining the horizontal bearing capacity, the qualification "FAILED" in the above table is not an definitive answer. Additional calculations, based on NEN 9997-1:2016 Chapter 9 including all factors, can lead to a different conclusion.

3.1.4 Stability

Found elem. name	Minimum l' [m]	Minimum w' [m]	Phi`d [deg]	Tip over stability	Total stability
1	1,00	1,00	25,61	PASSED	PASSED

3.2 Verification of Limit State STR/GEO

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$. $S_{req} = 0,150$ [m] $S_d = s1;d + s2;d$

3.2.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
1	0,023	0,039	0,011	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

With only 1 element rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.3 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_{eq} = 0,150$ $S_d = s1;d + s2;d$

3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
1	0,010	0,016	0,000	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

With only 1 element rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.4 Additional Information

The maximum settlement at limit state STR/GEO is 0,034 meter and has been found at foundation element 1

The maximum settlement at the Serviceability Limit State is 0,010 meter and has been found at foundation element 1

End of Report

Bijlage 4**Draagvermogen sondering 3 en 4**

Report for D-Foundations 21.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Date of report: 1-11-2021
Time of report: 10:54:06
Report with version: 21.1.1.32449

Date of calculation: 1-11-2021
Time of calculation: 10:52:00
Calculated with version: 21.1.1.32449

File name: fundering staal N279

Project identification: Faunapassage N279
onderdoorgang N279
D-Foundations fundering staal N279

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Shallow Foundations	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	4
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 03	4
2.6.2 Soil Profile 04	6
2.7 Foundation Data	7
2.8 Foundation Plan	7
2.8.1 View of Foundation Plan	7
2.9 Load Data	8
2.9.1 Vertical Loads	8
2.9.2 Horizontal Loads	8
2.10 Requirements	8
2.11 Overruled Parameters	8
2.12 Model Options	8
3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification	9
3.1 Verification of Limit State EQU	9
3.1.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation	9
3.1.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation	9
3.1.3 Horizontal Bearing Capacity	9
3.1.4 Stability	9
3.2 Verification of Limit State STR/GEO	9
3.2.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO	9
3.3 Verification of Serviceability Limit State	10
3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State	10
3.4 Additional Information	10

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Shallow Foundations (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : Faunapassage N279

Title 2 : onderdoorgang N279

Title 3 : D-Foundations fundering staal N279

Number of project : -

Location of project :

2.3 Application Area Model Shallow Foundations

The verifications performed by the model Shallow Foundation of D-FOUNDATIONS concern shallow foundations on which only static or quasi-static loads work. The foundation surface must be practically level and should not exceed an angle of 2.5 degrees with the horizon.

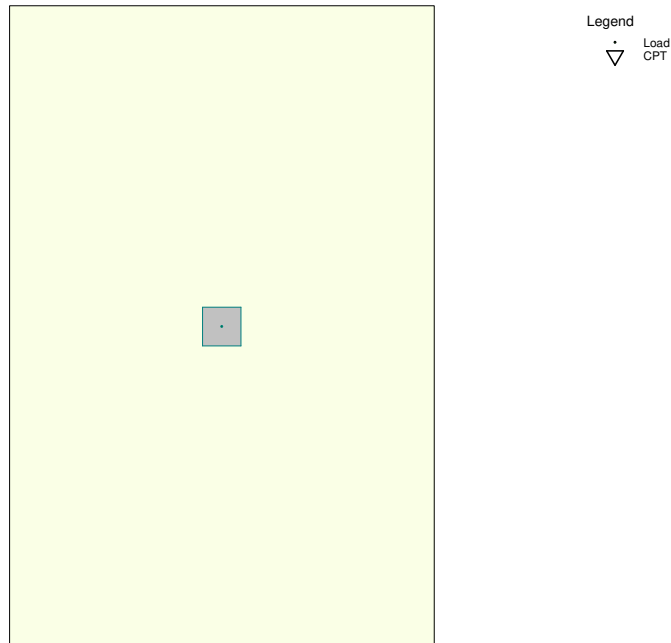
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 2

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



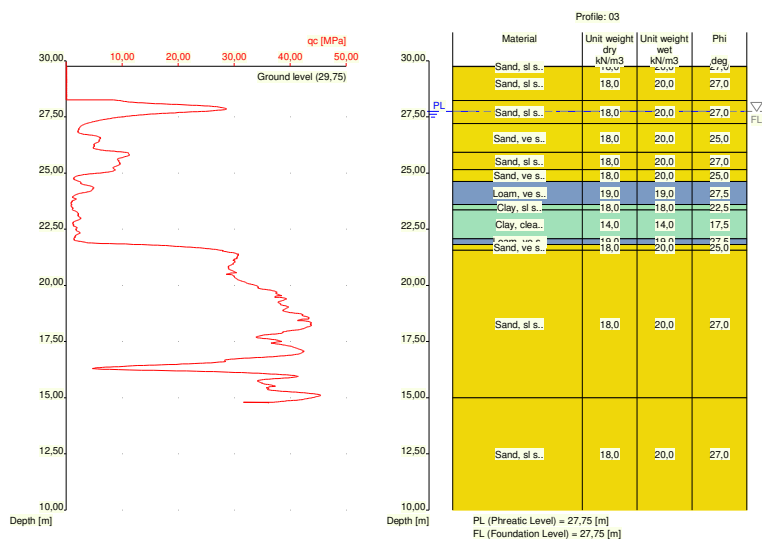
Name CPT	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
03	187183,06	374087,25
04	187175,25	374080,55

2.6 Soil Data

Number of soilprofiles: 2

2.6.1 Soil Profile 03

Belonging to CPT	03
Surface level in [m. reference level] :	29,75
Phreatic level in [m. reference level] :	27,75
Placement depth of foundation element in [m R.L.] =	27,75
Concentration value according to Frohlich [-] =	3
Number of layers in profile :	13



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f;undr [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	29,750	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
2	29,740	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
3	28,222	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	27,204	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
5	25,918	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
6	25,150	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
7	24,631	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
8	23,604	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
9	23,354	14,00	14,00	17,50	0,00	25,00	0,33	0,01
10	22,077	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
11	21,827	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
12	21,568	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
13	14,996	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00

Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	29,750	0,26	Sand
2	29,740	0,26	Sand
3	28,222	0,26	Sand
4	27,204	0,26	Sand
5	25,918	0,26	Sand
6	25,150	0,26	Sand
7	24,631	0,00	Loam
8	23,604	0,00	Clay
9	23,354	0,00	Clay
10	22,077	0,00	Loam

Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
11	21,827	0,26	Sand
12	21,568	0,26	Sand
13	14,996	0,26	Sand

2.6.2 Soil Profile 04

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Placement depth of foundation element in [m R.L.] =

Concentration value according to Frohlich [-] =

Number of layers in profile :

04

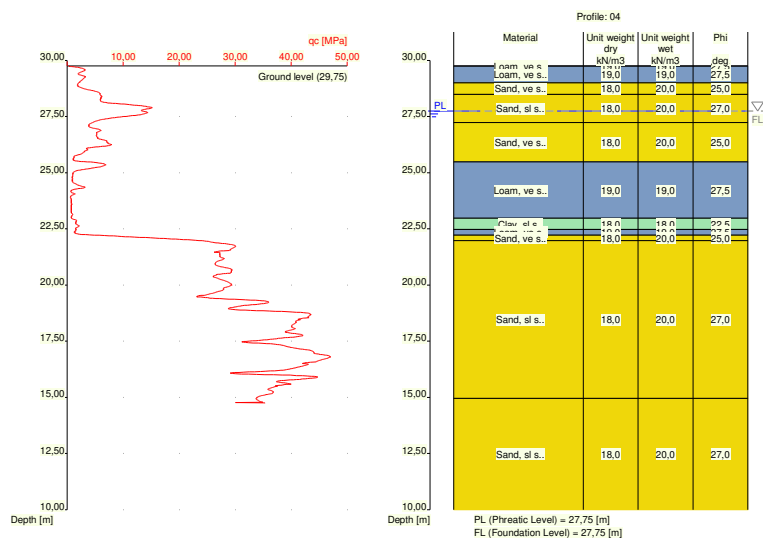
29,75

27,75

27,75

3

11



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _i undr [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	29,750	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
2	29,740	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
3	28,990	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	28,490	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
5	27,230	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
6	25,471	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
7	22,971	18,00	18,00	22,50	5,00	80,00	0,12	0,00
8	22,471	19,00	19,00	27,50	0,00	50,00	0,05	0,00
9	22,221	18,00	20,00	25,00	0,00	0,00	0,01	0,00
10	21,971	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
11	14,953	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00

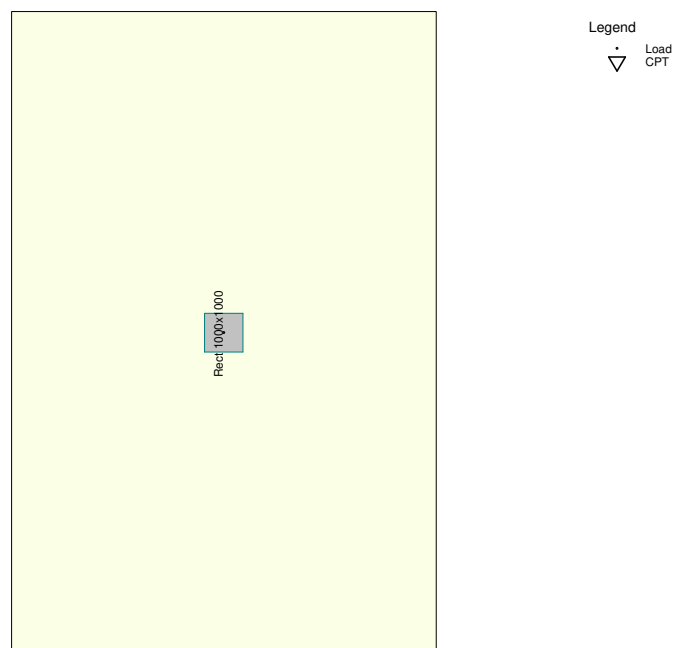
Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	29,750	0,00	Loam
2	29,740	0,00	Loam
3	28,990	0,26	Sand
4	28,490	0,26	Sand
5	27,230	0,26	Sand
6	25,471	0,00	Loam
7	22,971	0,00	Clay
8	22,471	0,00	Loam
9	22,221	0,26	Sand
10	21,971	0,26	Sand
11	14,953	0,26	Sand

2.7 Foundation Data

Element name	Element shape	Width [m]	Length [m]	Diameter [m]	Type
Rect 1000x1000	Rectangular elem.	1,00	1,00	n.a.	Prefab

2.8 Foundation Plan

2.8.1 View of Foundation Plan



Element number/ name	Xm [m]	Ym [m]	angle [deg]	Matching type name	Matching profile name	Matching load name	Nearby slope
1: 1	0,00	0,00	0,00	Rect 1000x1000	03	Load (1)	None

2.9 Load Data

2.9.1 Vertical Loads

Load	LS EQU/STR/GEO			SLS		
	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]
Load (1)	0,00	0,00	311,00	0,00	0,00	199,00

2.9.2 Horizontal Loads

Load	LS EQU/STR/GEO		SLS		Kappa [deg]
	eH [m]	Hd [kN]	eH [m]	Hd [kN]	
Load (1)	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00

2.10 Requirements

Limit state STR/GEO

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

Serviceability Limit State

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

2.11 Overruled Parameters

All parameters according to standard.

2.12 Model Options

Do not create intermediate results file

Do not use the interaction model.

3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification

3.1 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

3.1.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Rd (Squeeze) [kN]	Fpull [kN]	Result of verification
1	NONE					

- the highest value of R_d is used in the verification!

- F_{pull} ($0.5 \cdot w' \cdot c_u$;d) is the tension force in the element per meter which should be handled by the element in case of squeeze (see art. 6.5.2.2 (r) NEN 9997-1:2016).

3.1.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Punch) [kN]	Rd (Punch) [kN]	Result of verification
1	Case B	311,00	423,44	0,00	0,00	PASSED

Note: both the situation with and without punch through are checked!

3.1.3 Horizontal Bearing Capacity

Found elem. name	Hd [kN]	Rd undrained [kN]	Rd drained [kN]	Result of verification undrained	Result of verification drained
1	0,00	0,00	0,00	n.a.	PASSED

Note: As passive neither active soil loads are taken into account while determining the horizontal bearing capacity, the qualification "FAILED" in the above table is not an definitive answer. Additional calculations, based on NEN 9997-1:2016 Chapter 9 including all factors, can lead to a different conclusion.

3.1.4 Stability

Found elem. name	Minimum l' [m]	Minimum w' [m]	Φ^d [deg]	Tip over stability	Total stability
1	1,00	1,00	23,22	PASSED	PASSED

3.2 Verification of Limit State STR/GEO

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$. $S_{req} = 0,150$ [m] $S_d = s1;d + s2;d$

3.2.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
1	0,016	0,040	0,004	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

With only 1 element rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.3 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_{eq} = 0,150$ $S_d = s_1;d + s_2;d$

3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
1	0,008	0,014	0,000	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

With only 1 element rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.4 Additional Information

The maximum settlement at limit state STR/GEO is 0,020 meter and has been found at foundation element 1

The maximum settlement at the Serviceability Limit State is 0,008 meter and has been found at foundation element 1

End of Report