Willem-Alexanderhaven
Ontwerp Steigerconstructie [redacted]

Port of Roermond Cooperatief U.A.

A Schipperswal 19
[redacted] Roermond

T -

SBE Rotterdam

A Weena 335, [redacted] Rotterdam (NL)

T +31 10 745 74 70

E info@sbe-engineering.nl

W www.sbe-engineering.com

REV	DATUM	OMSCHRIJVING	IR	CONTR	GOED
1.0	10/09/2025	Eerste uitgave	CVM	GRO	GRO
A					
B					
C					
D					
E					

PROJECT	DOC. TYPE	DISCIPLINE	FASE	DOC. NR	REVISIE
15298	ALG	S	VO	017	1.0

INHOUDSOPGAVE

Afkortingen 4

1 Inleiding 5
- 1.1 Achtergrond 5
- 1.2 Doel van dit document 6
- 1.3 Gegevens gebruiker 6
- 1.4 Objectbeschrijving 6
  - 1.4.1 Locatie 6
  - 1.4.2 Bestaande oevers 6
  - 1.4.3 Bestaande steigerconstructies 8
  - 1.4.4 Bestaande bebouwing en verharding 8
  - 1.4.5 Gebruik van het terrein 8
- 1.5 Toekomstige situatie 8

2 Uitgangspunten 10
- 2.1 Veiligheidsfilosofie 10
  - 2.1.1 Ontwerplevensduur 10
  - 2.1.2 Gevolg- en risicoklasse 10
  - 2.1.3 Correctie op partiele factoren 10
  - 2.1.4 Partiele factoren 11
- 2.2 Geometrische uitgangspunten 11
- 2.3 Maatgevende schepen 13
- 2.4 Belastingen 13
  - 2.4.1 Trap en bordes 13
  - 2.4.2 Bolderbelasting 14
- 2.5 Belastingcombinaties 15
- 2.6 Materialen 15
  - 2.6.1 Staal 15

3 Ontwerp 17
- 3.1 Algemeen 17
  - 3.1.1 Ontwerp steiger- en trapconstructie 17
- 3.2 Ontwerpaspecten 17
  - 3.2.1 Algemeen 17
  - 3.2.2 Invoer parameters 17

4 Modellering 19

5 Resultaten en toetsing 20
- 5.1 Trap- en steigerconstructie 20
  - 5.1.1 Sterktetoets (UGT) 20
  - 5.1.2 Vervormingstoets (GGT) 21
  - 5.1.3 Reactiekrachten 23
- 5.2 Buispalen 23

6 Uitvoeringsaspecten 24
- 6.1 Uitvoeringsvolgorde 24

7 Conclusie en aanbeveling 25
- 7.1 Samenvatting ontwerp 25

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

7.2 Aandachtspunten vervolgfasen 25

Referenties 26

Bijlagen 27

Bijlage 1 SCIA model 27

Bijlage 2 Structurele controle buispaal 28

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Afkortingen

BGT	Bruikbaarheids grenstoestand – komt overeen met SLS (Serviceability Limit State)
DO	Definitief Ontwerp
IGT	Incidentele grenstoestand – komt overeen met ALS (Accidental Limit State)
UGT	Uiterste grenstoestand – komt overeen met ULS (Ultimate Limit State)

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

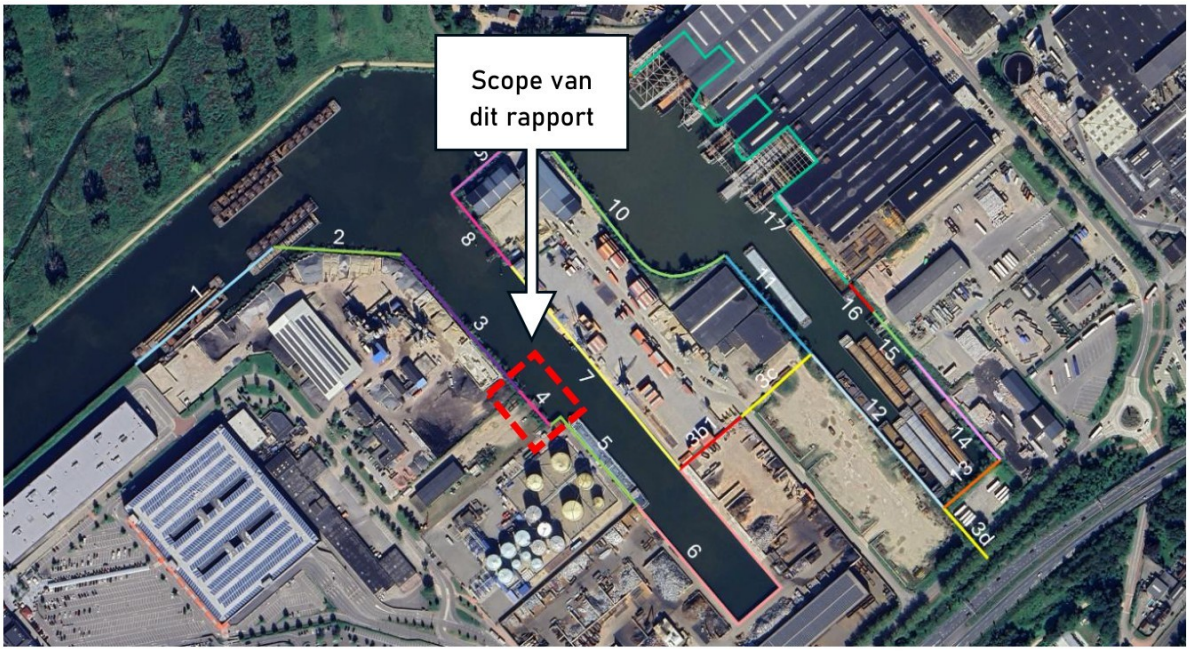
1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Port of Roermond, een collectief van 4 bedrijven aan de Willem-Alexander haven te Roermond (BESIX, Kalle en Bakker, Sif en Smurfit Kappa), heeft de ambitie om de haven te voorzien van een hoogwaterkering welke tevens (deels) functioneert als logistieke kade. Door deze kades kan de haven verder werken aan zijn ambitie als circulaire haven waarbij de Modal Shift (transport over water in plaats van over de weg) optimaal wordt gefaciliteerd. Port of Roermond heeft hiervoor een plan ontwikkeld.

Binnen dit plan zal een deel van de hoogwaterkeringen functioneren als primaire kering en onderdeel worden van het dijktraject Roermond Alexanderhaven (onderdeel van normtraject 76-2). Overige hoogwaterkeringen binnen het plan zijn geen onderdeel van de primaire kering en worden verder aangeduid als maatwerkkering.

Het plan is getoond in Figuur 1.1 en bestaat uit een combinatie van logistieke kaden, in het bestaande talud aan te brengen damwandconstructies (kerende wanden talud) en in het terrein te realiseren kerende wanden.



Figuur 1.1 Overzichtskaart Willem-Alexanderhaven

Buiten het collectief van de 4 bedrijven die Port of Roermond vormen, zijn er andere bedrijven aanwezig binnen het plan. Eén van deze bedrijven is [redacted], t.h.v. sectie 4 uit bovenstaande figuur. Dit VO gaat nader in op de nieuwe steigerconstructie, welke voor de nieuwe logistieke kade wordt voorzien. Het ontwerp van deze logistieke kade is omschreven in rapport [18].

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

1.2 Doel van dit document

Dit rapport bevat het voorontwerp (VO) waarbij de nieuwe steigerconstructie bij [redacted] wordt getoetst op sterkte, stabiliteit en geometrische eisen. Dit document is als volgt ingedeeld.

- H 1: Algemene projectbeschrijving met scope en doel van dit document. Objectbeschrijving met de locatie van de beschouwde constructie en een globale beschrijving van de huidige en toekomstige situatie.
- H 2: Definitie van technische en projectspecifieke uitgangspunten, waaronder normen, richtlijnen, en vereisten waaraan de constructie moet voldoen.
- H 3: Beschrijving van het ontwerp met haar input parameters en de uit te voeren controles.
- H 4: Enkele toelichtingen over de modelleringswijze van specifieke ontwerpelementen in de daarvoor gebruikte softwarepakketten.
- H 5: Overzicht van de rekenresultaten en de toetsing van de constructie. Hierbij wordt gekeken naar de sterkte en stabiliteit van de buispalen.
- H 6: Uitvoeringsaspecten van de steigerconstructie
- H 7: Conclusie met samenvatting van de belangrijkste resultaten en een overzicht van aandachtspunten.

Een referentielijst en de bijlagen zijn opgenomen achterin in dit document.

1.3 Gegevens gebruiker

[redacted] is in Roermond actief als machinefabriek en constructiebedrijf. Het voert hier tal van reparaties uit, met name in de scheepvaart industrie. Door de aanlegsteiger in de Lisbonnehaven kunnen reparaties aan de schepen ook in het water worden uitgevoerd. Daarnaast beschikt [redacted] over een groot buitenterrein en een productiehal.

Het terrein van [redacted] bevindt zich tussen de percelen van Besix en VARO.

1.4 Objectbeschrijving

1.4.1 Locatie

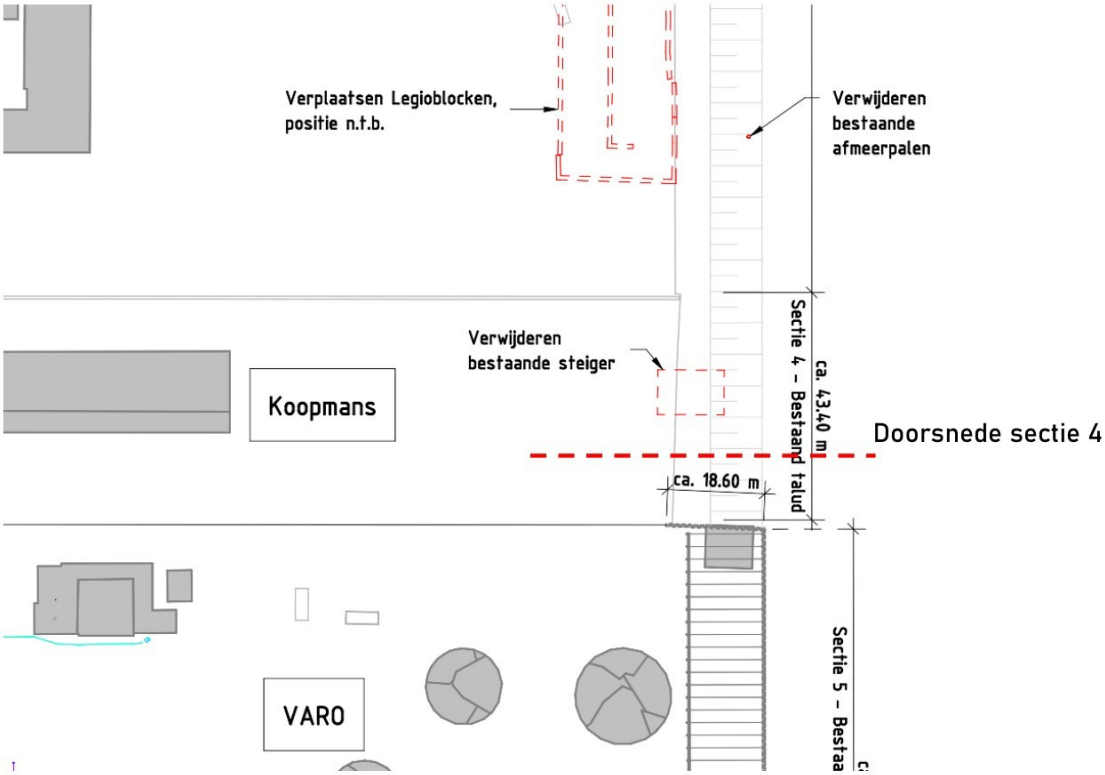
Het projectgebied Willem-Alexanderhaven is gelegen in de provincie Limburg ten noordwesten van de stadskern van Roermond. De haven ligt aan de oostelijke oever van de Maas, ten noorden van de provinciale weg N280 (Hornerweg / Wilhelminasingel). De projectgrenzen binnen de Willem-Alexanderhaven lopen vanaf het perceel van BESIX-infra Nederland BV (ter hoogte van Maashaven/Schipperswal) tot en met het perceel van SIF (ter hoogte van Mijnheerkens/Roro weg). De Willem-Alexanderhaven is via de Maashaven verbonden met de Maas en bestaat uit de Schippershaven, de Lisbonnehaven en de Mijnheerkenshaven.

1.4.2 Bestaande oevers

In de bestaande situatie bestaat de oever voor het terrein van [redacted] uit een natuurlijk talud. Het betreft een relatief kort stuk van ca. 43 m.

- Sectie 4 in de Lisbonnehaven

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)



Figuur 1.2 Overzichtstekening bestaande situatie – sectie 4 [redacted] incl. aanduiding doorsnede

Doorsnede van dit talud is getoond in Figuur 1.3.



Figuur 1.3 Bestaande talud - Sectie 4 [redacted]

Deze oever (sectie 4) bestaat uit een talud met een helling van ongeveer 1:2,9 (onder water). Het talud is volledig begroeid. Het is onbekend of er bescherming aanwezig is op dit talud. Volgens de peiling ligt de bodem op een peil van NAP+10.814 m, wat onder de gewenste onderhoudsdiepte van NAP+12.5 m is. Er is dus al sprake van ontgronding, wat tijdens deze werkzaamheden weer wordt hersteld/aangevuld met o.a. bodembescherming.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

1.4.3 Bestaande steigerconstructies

De bestaande aanlegsteiger voor het terrein van [redacted] wordt verwijderd, zoals in Figuur 1.2 aangegeven. De aanlegsteiger wordt vervangen door een nieuwe steigerconstructie, welke in dit rapport wordt ontworpen. De nieuwe aanlegsteiger wordt aan de nieuwe (logistieke) kade verbonden.

1.4.4 Bestaande bebouwing en verharding

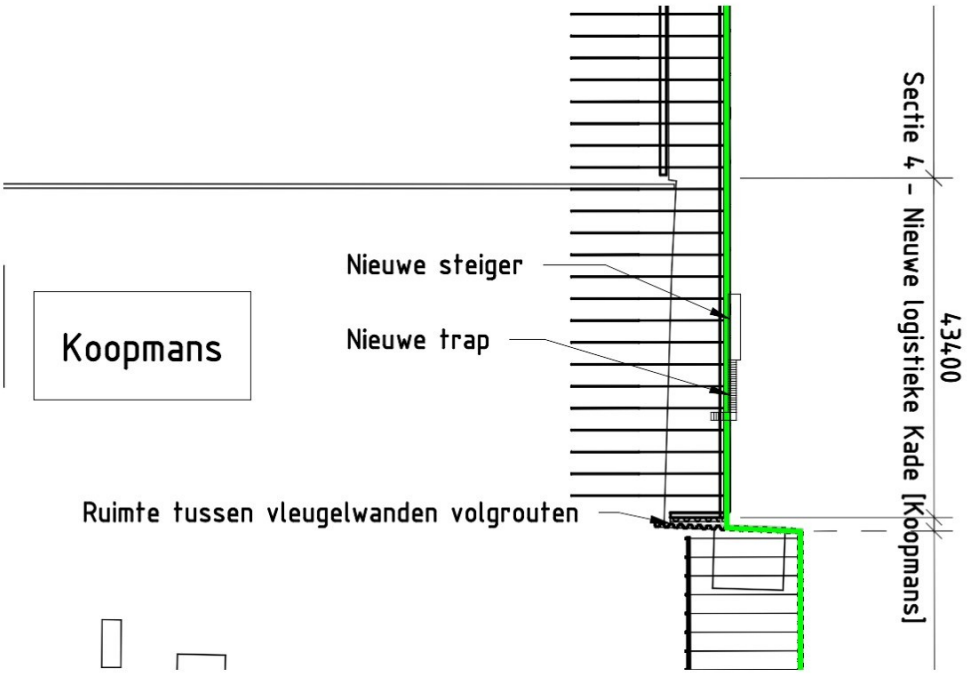
Op het terrein van [redacted] staat een bestaande loods, welke op voldoende afstand (ca. 85 m) staat om enige interferentie met de nieuwe kadeconstructie/steiger te vermijden. Daarnaast is er een elementverharding aanwezig op het terrein van [redacted] Dit zal lokaal worden verwijderd ter realisatie van de nieuwe logistieke kade.

1.4.5 Gebruik van het terrein

Het terrein van [redacted] wordt gebruikt als opslag van diverse materialen en materieel.

1.5 Toekomstige situatie

Figuur 1.4 toont een overzicht van de nieuwe logistieke kade [redacted] Het totale traject heeft een lengte van circa 43 m en dient aan de noordwestzijde aan te sluiten op de logistieke kade van Besix (sectie 3) en aan de zuidoostzijde aan te sluiten op de bestaande logistieke kade van VARO (sectie 5).

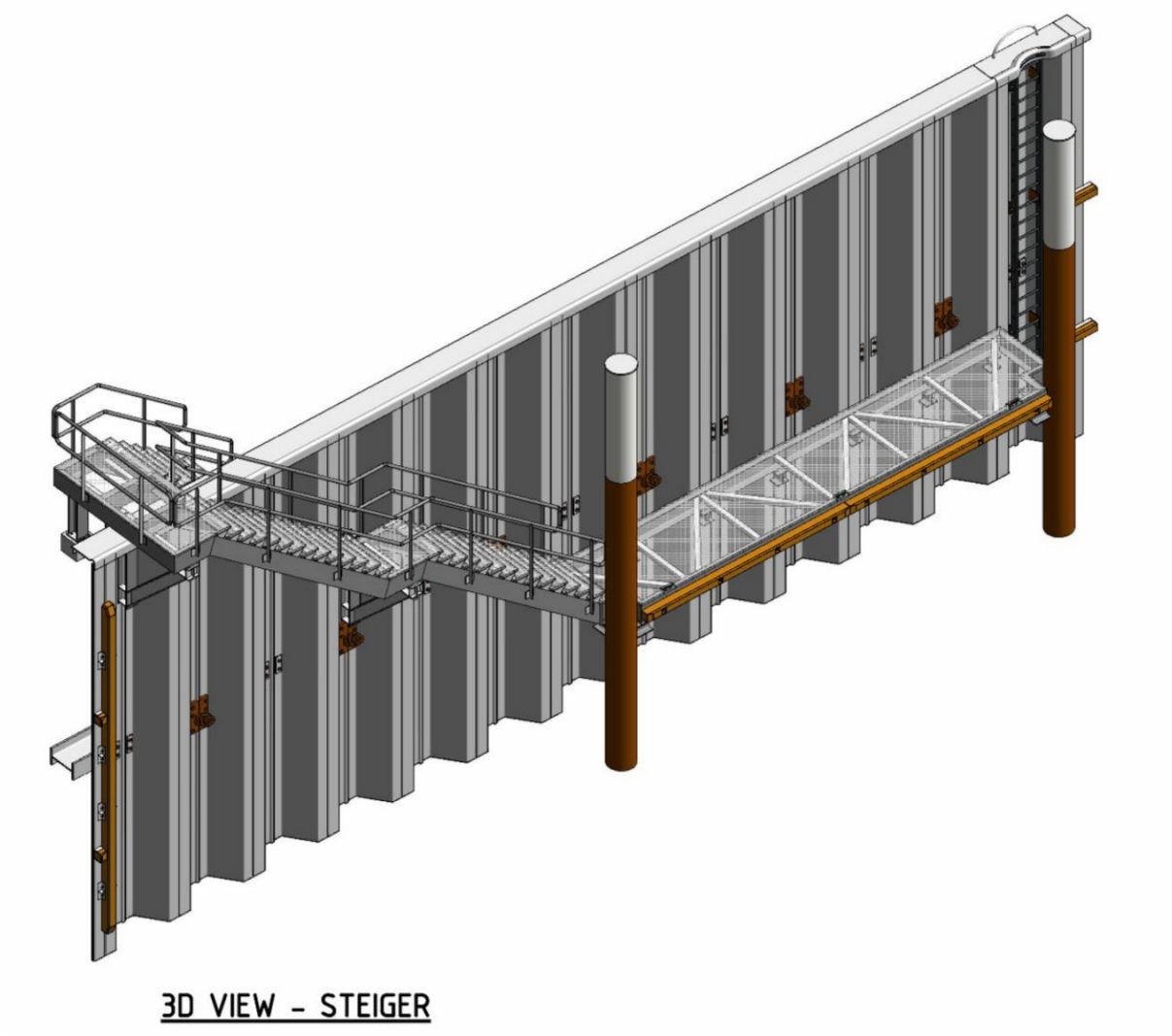


Figuur 1.4 Toekomstige situatie – sectie 4 [redacted]

Er worden een nieuwe steiger en een nieuwe trap voorzien voor de kade, zodat men van het aangemeerde schip kan op- en afstappen. In tekening [19] zijn enkele overzichten en details weergegeven van deze steiger en trap, zoals bepaald in dit document.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Onderstaande 3D view is eveneens afkomstig uit deze tekening en geeft een impressie van de toekomstige situatie m.b.t. de nieuwe logstieke kade, de nieuwe aanlegsteiger en de nieuwe trap.



Figuur 1.5 3D-view van nieuwe steigerconstructie afkomstig uit tekening [19].

Naast de stalen steigerconstructie worden er eveneens twee buispalen voorzien voor de kade. Deze dienen in een latere fase nog te worden gedimensioneerd.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

2 Uitgangspunten

De algemene uitgangspunten, randvoorwaarden en eisen voor het plan Willem-Alexanderhaven zijn beschreven in de uitgangspuntennota van dit project [15]. In onderstaande paragrafen wordt een samenvatting van deze uitgangspunten beschreven en/of worden er afwijkingen hierop vermeld.

2.1 Veiligheidsfilosofie

2.1.1 Ontwerplevensduur

De ontwerplevensduur van de steigerconstructie is 100 jaar [9]. Dit wordt aangehouden in de bepaling van de corrosie en de partiële factoren.

2.1.2 Gevolg- en risicoklasse

Voor toetsing conform het Bouwbesluit dienen de betrouwbaarheids- en gevolgklassen RC2/CC2 – en daarmee een minimale betrouwbaarheid over de gehele levensduur van $\beta_{eis;bouwbesluit;levensduur} = 3{,}8$ – te worden aangehouden.

De keuze van de betrouwbaarheids- en gevolgklassen heeft tot gevolg dat er een verhoging van de partiële materiaalfactoren benodigd is.

2.1.3 Correctie op partiele factoren

De ontwerplevensduur van de constructie is gelijk aan 100 jaar ($\beta = 3{,}8$), terwijl de standaard referentieperiode gelijk is aan 50 jaar ($\beta = 3{,}6$). Om te corrigeren voor de langere levensduur dienen correctiefactoren te worden toegepast op de partiele materiaalfactoren (grondsterkte en staalsterkte),

Het verschil in betrouwbaarheidsindex dient te worden vertaald tot een verhoging van de materiaalfactoren volgens onderstaande formule.

$$\gamma_{m;corr} = e^{\alpha_R(\beta_N - \beta_{Ref})\sqrt{\ln(1+V_R^2)}}$$

Waarin:

$\gamma_{m;corr}$ = correctiefactor op materiaalfactor

α_R = invloedsfactor voor onzekerheid sterkte = 0,8

β_N = betrouwbaarheidsindex voor referentieperiode langer dan 50 jaar

β_{Ref} = betrouwbaarheidsindex voor referentieperiode van 50 jaar

V_R = variatiecoëfficiënt sterkte

De materiaalafhankelijke variatiecoëfficiënten zijn:

- voor staal: V_R = 0,10
- voor beton: V_R = 0,20
- voor hout: V_R = 0,20
- voor grond – effectieve cohesie c': V_R = 0,20 (NEN-EN 1997-1, tabel 2.b)
- voor grond – hoek van inwendige wrijving φ': V_R = 0,10 (NEN-EN 1997-1, tabel 2.b)

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Bij toetsing van de materiaalsterkte dienen de materiaalfactoren daarom als volgt te worden verhoogd:

- voor staal: $\gamma_{m;corr}$ = 1,02
- voor beton: $\gamma_{m;corr}$ = 1,03
- voor hout: $\gamma_{m;corr}$ = 1,03
- voor grond – effectieve cohesie c': V_R = 1,03
- voor grond – hoek van inwendige wrijving φ': V_R = 1,02

Bovenstaande correctiefactoren worden voor de eindfase (t = 100 jaar) in rekening gebracht.

2.1.4 Partiele factoren

Tabel 2.1 Partiele factoren

Partiële factor		Symbool	RC0	RC2
Permanente last, ongunstig	(STR)	$\gamma_{G,ongunstig}$	1,00	1,35
Permanente last, gunstig	(STR)	$\gamma_{G,gunstig}$	1,00	0,90
Variabele last, ongunstig	(STR)	$\gamma_{Q,ongunstig}$	1,00	1,50
Variabele last, gunstig	(STR)	$\gamma_{Q,gunstig}$	0,00	0,00
Weerstand van doorsneden, elke klasse		γ_{M0}	1,00	1,02
Weerstand van doorsnede in trek tot breuk		γ_{M2}	1,00	1,27

2.2 Geometrische uitgangspunten

Voor de geometrische uitgangspunten van met name de trap en het bordes wordt de NEN EN ISO-14122 serie aangehouden, of meer specifiek de normen [6] en [7] voor het ontwerp van de bordessen/looppaden en de trappen/leuningen respectievelijk. Dit resulteert samengevat in onderstaand eisenpakket, waar de trapconstructie op is ontworpen:

Tabel 2.2 Geometrische eisen aan steiger conform NEN EN ISO 14122-serie.

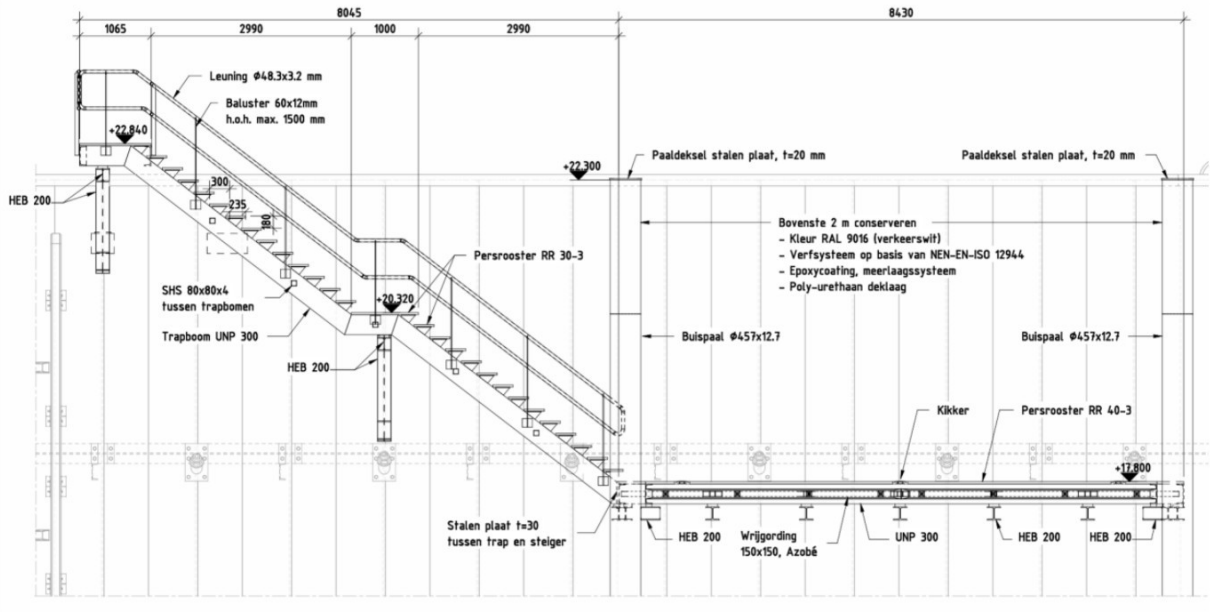
Norm	Artikel	Eis	Besluit
NEN EN ISO 14122-2:2001 Bordessen en looppaden	4.2.2	Vrije hoogte looppad 2100 mm	Geen beperkingen
	4.2.2	Vrije breedte min. 600 mm, bij voorkeur 800 mm. Bij geregeld passeren 1000 mm	Vrije breedte 1000 mm
	4.2.3	Leuningen toepassen als er valgevaar > 500 mm bestaat	Leuningen zijn toegepast
NEN EN ISO 14122-3:2001 Trappen, ladder en leuningen	5.1	600 < g + 2h < 660	g + 2h = 600 mm
	5.2	De wel, r > 10 mm	r = 65 mm
	5.5	Vrije hoogte e min. 2300 mm	Geen beperkingen
	5.6	Vrije afstand c min. 1900 mm	
	5.8	Klimhoogte van afzonderlijke vlucht is max. 3 m, anders bordes met min. lengte 800mm	Bordes voorzien met lengte 1000 mm
	7.2	Een trap moet minstens één handregel bevatten. Bij breedtes > 1200 mm, twee handregels	Ondanks breedte 1000 mm, toch twee handregels voorzien

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

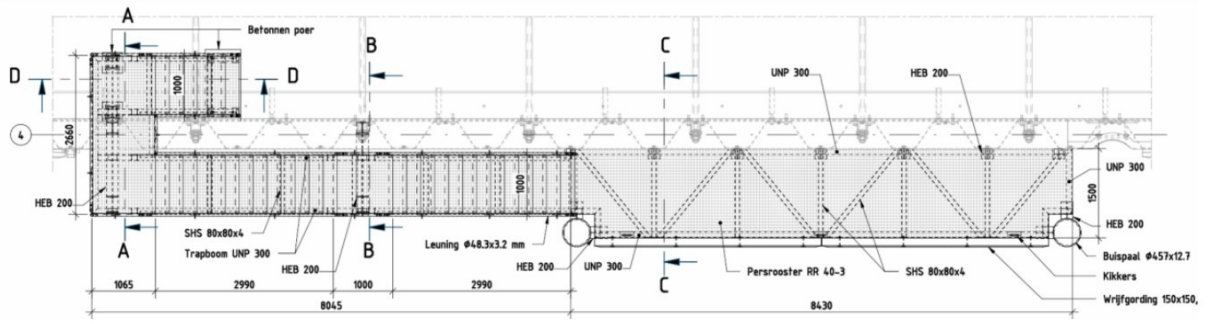
	7.2	Verticale afstand handregel boven rand trede tussen 900 en 1000 mm. Bij bordes min. 1100mm	Afstand van 900 mm en 1100 mm zijn aangehouden voor trede en bordes resp.
	7.2	De handregel heeft een ronde doorsnede met middellijn tussen 25 en 50 mm	Diameter 48.3 mm aangehouden
	7.2	Leuning is voorzien van min. één knieregel, met maximale tussenafstand 500 mm tussen de regels.	Knieregel toegepast en tussenafstand < 500 mm

Daarnaast wordt de steigerconstructie zelf voorzien van enkele stalen profielen met een looprooster erbovenop. De bovenkant van het looprooster ligt op NAP+17.8 m, waarmee de steiger zich ruim 1,0 m boven de gemiddelde buitenwaterstand bevindt.

Dit alles tezamen resulteert in de geometrie zoals in de figuren hieronder weergegeven.

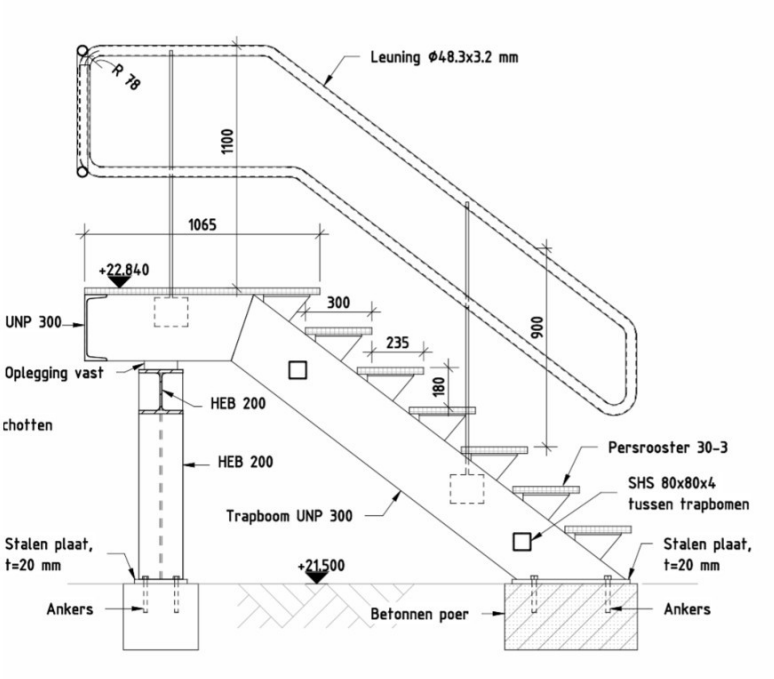


Figuur 2.1 Vooraanzicht steigerconstructie afkomstig uit tekening [19]



Figuur 2.2 Bovenaanzicht steigerconstructie afkomstig uit tekening [19]

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)



Figuur 2.3 Detail trapconstructie afkomstig uit tekening [19]

2.3 Maatgevende schepen

Er wordt aangenomen dat de schepen welke afmeren aan de steiger voor [redacted] over het algemeen relatief klein van aard zijn. De breedte van de steiger is slechts ca. 8,5 m. Er wordt aangenomen dat het maatgevende schip voor de steigerconstructie ca. 15 m lang is, wat in relatie staat tot de aan te houden 'bolderbelasting'.

Bovendien is de nieuwe kade van [redacted] ontworpen als logistieke kade, wat inhoudt dat deze ontworpen is op haalpen belastingen gelijk aan 250 kN. De schepen van grotere aard (bijv: CEMT-Vb) kunnen aanmeren op de logistieke kade.

2.4 Belastingen

2.4.1 Trap en bordes

De belastingen welke aangehouden dienen te worden zijn eveneens afkomstig uit de NEN EN ISO 14122 serie. Op gelijke wijze zijn de aan te houden belastingen hieronder samengevat:

Tabel 2.3 Belastingen en vervormingseisen voor trap/bordes conform NEN EN ISO 14122 serie.

Norm	Artikel	Belasting	Eis m.b.t. vervorming
NEN EN ISO 14122-2:2001 Bordessen en looppaden	4.2.5	Minimale werklast voor looppaden en bordessen 2 kN/m^2	Maximaal L / 200 ; 4 mm Aangehouden is 4 mm
	4.2.5	1,5 kN plaatselijke belasting over 200 x 200 mm	Maximaal L / 200 ; 4 mm Aangehouden is 4 mm
NEN EN ISO 14122-3:2001 Trappen, ladder en leuningen	4.7	Minimale werklast 1,5 kN/m^2	Maximaal L / 300 ; 6 mm Aangehouden is 3,33 mm
	4.7	1,5 kN plaatselijke belasting over 100 x 100 mm (midden en rand) voor trapbreedtes w < 1200 mm	Maximaal L / 300 ; 6 mm Aangehouden is 3,33 mm

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

	7.3	Proeflast F_{min} = 300 x L (N) met L is tussenafstand staanders. F_{min} = 300 x 2,0 m = 600 N.	Maximale doorbuiging 30 mm

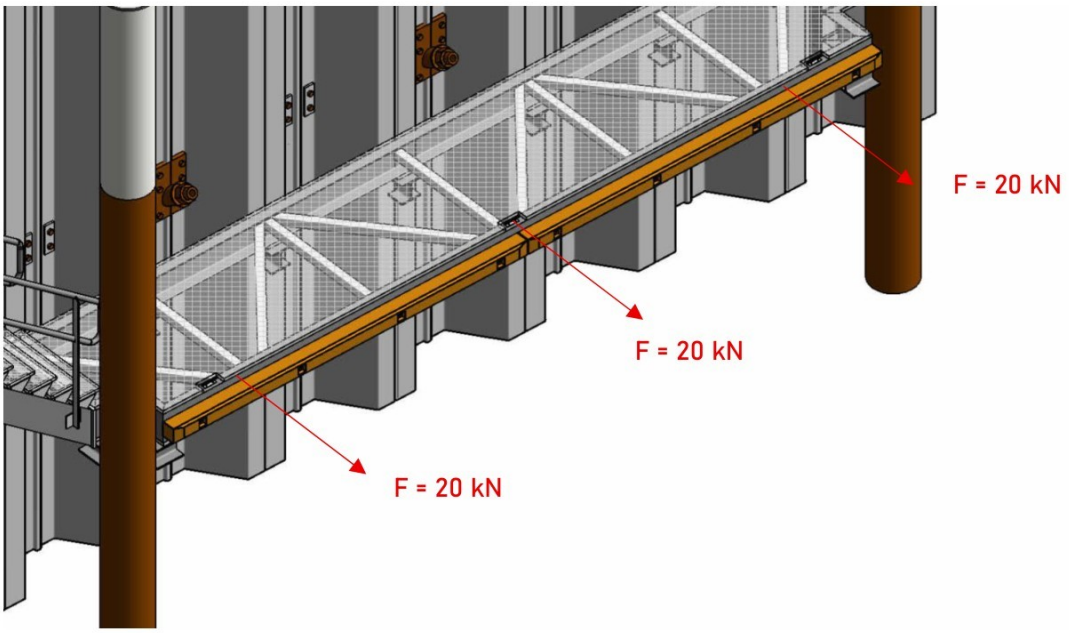
Voor de steiger wordt een uniforme oppervlaktelast van 5 kN/m^2 aangehouden, wat representatief is voor een mensenmassa. Dit resulteert in een lijnlast op elke hoofdligger gelijk aan 5 kN/m^2 · 1,5 m / 2 = 3,75 kN/m.

2.4.2 Bolderbelasting

Tabel 9.9-9 van de PIANC WG149 [8] geeft een indicatie van de aan te houden statische bolderkracht in functie van de lengte van een schip. Zoals reeds omschreven in §2.3 wordt er een ontwerpschip voor de steigerconstructie aangehouden met een lengte van ca. 15 m. Conform zojuist vermelde Tabel uit de PIANC WG 149 stemt dit overeen met een bolderkracht van 19.5 kN.

In het ontwerp van de steigerconstructie wordt een bolderbelasting van 20 kN aangehouden. Deze wordt op elk van de drie voorziene kikkers geplaatst. Zie hieronder:

Merk op dat de werkelijke gegevens onbekend zijn en dat deze bolderkracht dient te worden geverifieerd bij [redacted]



Figuur 2.4 Bolderbelasting op de steigerconstructie – te verifiëren bij [redacted]

De bolderbelasting wordt onder verschillende hoeken gemodelleerd, variërend van -90° t/m +90° in het horizontale vlak (loodrecht op de steiger is 0°) en van 0 tot 45° in het verticale vlak (maximaal omhoog gericht)

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

2.5 Belastingcombinaties

Voor de verticale belastingen wordt, vanzelfsprekend, ofwel de oppervlaktelast ofwel de puntlast gemodelleerd. Ditzelfde geldt voor de puntlast aan de rand of de puntlast in het midden.

De diverse configuraties van de bolderbelasting (per kikker) worden ook niet met elkaar gecombineerd. Het kan wél gebeuren dat er drie kikkers tegelijk worden belast, zoals in Figuur 2.4 bijvoorbeeld zichtbaar.

Tot slot worden er geen combinatiefactoren toegepast op de verschillende variabele lasten. Conservatief worden alle variabele lasten 'volledig' met elkaar gecombineerd.

2.6 Materialen

2.6.1 Staal

De materiaaleigenschappen van het staal zijn gegeven in Tabel 2.4 waarin:

f_y= vloeigrens staal

f_u= treksterkte staal

Tabel 2.4 Materiaaleigenschappen staal

Staalsoort	t < 40 mm f_y [N/mm²]	f_u [N/mm²]	40 mm < t f_y [N/mm²]	< 80 mm f_u [N/mm²]
S355	355	490	335	470

De (koker)profielen van de trap en de steiger worden geverfd en/of gecoat, waardoor er geen rekening hoeft te worden gehouden met corrosie. De roostervloer en de bevestigingsmiddelen worden thermisch verzinkt, waardoor hier ook geen corrosie in rekening wordt gebracht.

Voor corrosiesnelheden van de buispalen worden de richtwaarden uit [9] Tabel 9.2 en Tabel 9.3 aangehouden. Waarden voor aantasting in de bodem en ophogingen zijn opgenomen in Tabel 2.5. Waarden voor aantasting van buispalen in zoet en zout water zijn opgenomen in Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Aantasting in [mm] van buispalen in bodem en ophogingen met/zonder grondwater (per blootgestelde zijde)

Omstandigheid	Beoogde levensduur [jaar]				
	5 [c]	25 [c]	50	75	100
Ongeroerde, schone bodem	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verontreinigde bodem, geroerde grond	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Zure bodem (veen, moeras)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Onverdichte aanvullingsgrond (klei, zand) [b]	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Onverdicht, agressief ophoogmateriaal [b]	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

(a) Uit NEN-EN 1993-5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.
(b) Corrosiesnelheden zijn in verdichte ophogingen lager dan in onverdichte ophogingen. Voor verdichte ophogingen moeten de gegeven waarden door 2 gedeeld worden.
(c) Getallen voor 5 jaar en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Tabel 2.6 Aantasting in [mm] van buispalen in zoet en zout water (per blootgestelde zijde)

Omstandigheid	Beoogde levensduur [jaar]				
	5 c)	25 c)	50	75	100
Schoon, zoet water (rond de waterlijn)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Sterk verontreinigd zoet water (rond de waterlijn)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Zout water in gematigd klimaat (spatzone en laagwaterzone)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Zout water in gematigd klimaat (permanent onderwaterzone)	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

(a) Uit NEN-EN 1993-5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.
(b) In water met getijdebeweging treden de hoogste corrosiesnelheden op ter hoogte van de spatzone en de laagwaterzone.
(c) Getallen voor 5 jaar en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

Op basis van Tabel 2.5 en Tabel 2.6 worden de in Tabel 2.7 gegeven corrosiesnelheden per zone aangehouden.

Tabel 2.7 Aan te houden corrosiesnelheden per zone

Zone	Bovenkant zone	Corrosiesnelheid
	[m+NAP]	Per zijde
Waterzone	+22,30	1,40 mm/100 jaar
Bodemzone	+12,00	1,20 mm/100 jaar

De maximaal optredende momenten treden op in de bodemzone, waardoor er voor de ontwerplevensduur op 1,2 mm corrosie wordt gerekend op de wanddikte van de buispaal.

Er wordt uitgegaan van het toepassen van overdikte van het staal in plaats van het toepassen van corrosiebescherming.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

3 Ontwerp

3.1 Algemeen

3.1.1 Ontwerp steiger- en trapconstructie

Het ontwerp van de steiger- en de trapconstructie is reeds weergegeven in Figuur 2.1 t/m Figuur 2.3. Een uitgebreider beeld is weergegeven in tekening [19].

3.2 Ontwerpaspecten

3.2.1 Algemeen

De toetsing van de steigerconstructie wordt simplistisch uitgevoerd om de hoofddimensies te bepalen. Er wordt gecontroleerd of de UGT-hoofdspanningen in de staalconstructie onder de vloeigrens $f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1{,}02 = 348$ MPa blijven. Merk op dat dit maatgevend is t.o.v. de treksterkte $f_u / \gamma_{M2} = 386$ MPa.

Daarnaast wordt gecontroleerd of de vervormingseisen zoals weergegeven in Tabel 2.3 worden gerespecteerd.

Tot slot worden de buispalen welke voor de steigerconstructie staan nog gecontroleerd, hoewel deze vooral vanuit praktisch oogpunt worden gedimensioneerd.

3.2.2 Invoer parameters

In Tabel 3.1 zijn de invoergegevens voor de buispaal gegeven.

Tabel 3.1 Invoer parameters steiger- en trapconstructie

Grootheid	Eenheid	Steiger [redacted]
Trapconstructie		
Trapboom	-	UNP 300
Traptrede BxHxt	mm	300x90x5
Verticale ondersteuning	-	HE200B
Hand- en knieregel	-	CHS48.3/3.2
Baluster	mm	60x12
Bordes	-	Persrooster RR 30-3
Steigerconstructie		
Hoofdligger	-	UNP 300
Diagonalen	-	SHS80x80x4
Algemeen		
Staalkwaliteit profielen	-	S355J2
Staalkwaliteit persrooster	-	S235

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Tabel 3.2 Invoer parameters buispaal

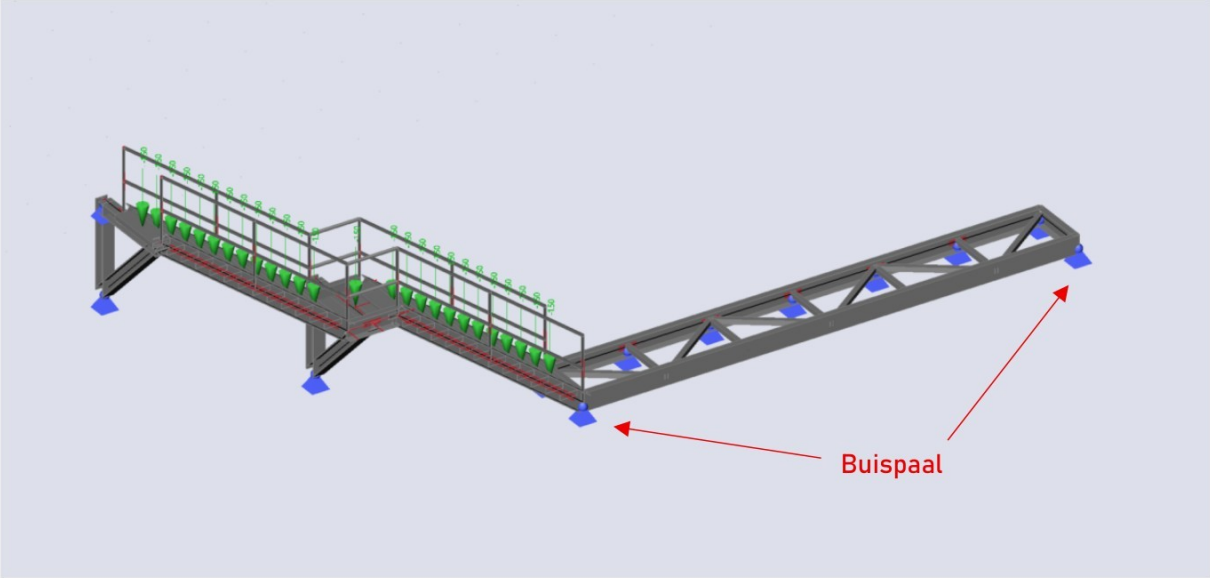
Grootheid	Eenheid	Buispalen [redacted]
Diameter	mm	457
Wanddikte	mm	12.7
Staalkwaliteit	-	S355
Niveau top	m NAP	+22,3
Niveau teen	m NAP	+10.0
Paallengte	m	12.3
Elasticiteitsmodulus (E)	N/mm^2	210.000
Doorsnedeklasse	-	2
Weerstandsmoment M_{Rd}	kNm	711

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

4 Modellering

De steiger- en trapconstructie worden in SCIA Engineer v25.0 gemodelleerd. De buispalen worden gemodelleerd als steunpunten, net als alle verbindingen met de damwand. Deze steunpunten kunnen alle enkel een dwars- of normaalkracht opnemen, waar de verbinding uiteindelijk op dient te worden gedimensioneerd in een latere fase.

In onderstaande figuur is het rekenmodel weergegeven, met de puntlasten op elke traptrede in het midden zichtbaar.



Figuur 4.1 Rekenmodel van steiger- en trapconstructie in SCIA-Engineer incl. aanduiding oplegging buispaal

De buispaal zelf wordt eenvoudig gecontroleerd door de reactiekracht vanuit het SCIA model op de buispaal te plaatsen en het bijbehorende inklemmingsmoment te begroten. De geotechnische stabiliteit dient in een latere fase nog te worden onderzocht, met name in relatie tot het aanzetpeil van de buispaal welke nu is aangenomen op NAP+10.0 m

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

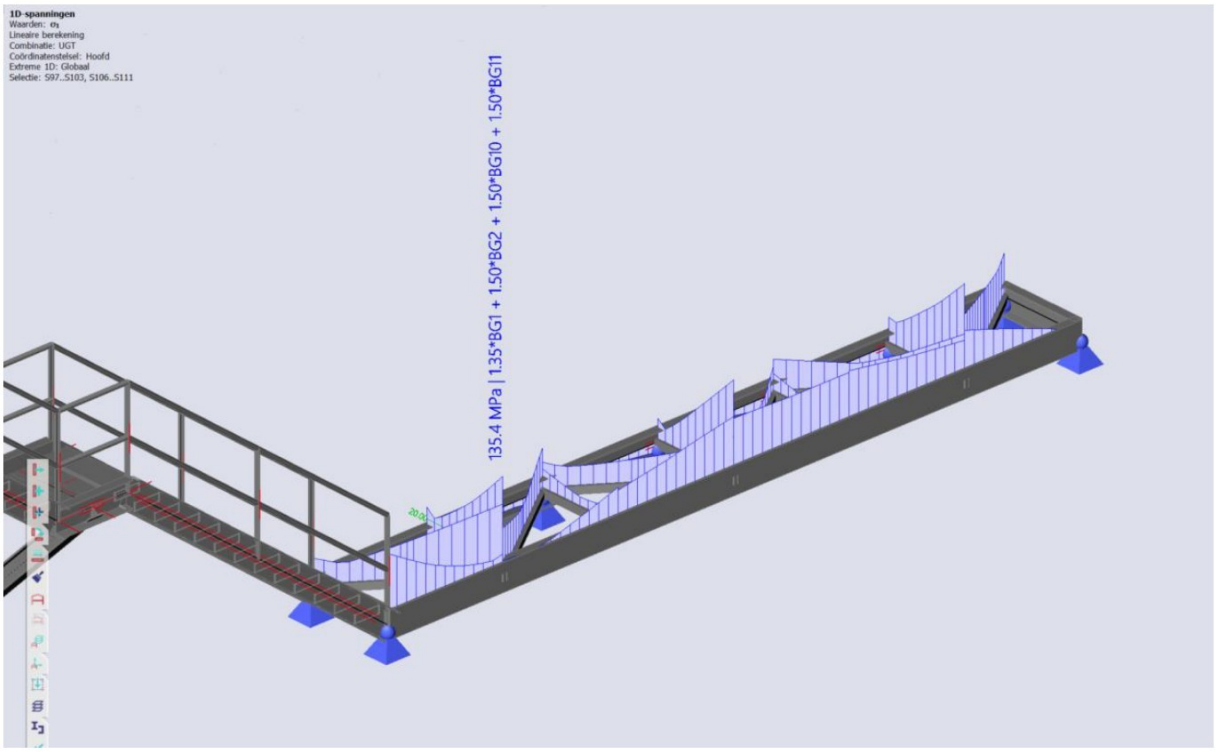
5 Resultaten en toetsing

De rapportage van het SCIA Engineer model is weergegeven in Bijlage 1.

5.1 Trap- en steigerconstructie

5.1.1 Sterktetoets (UGT)

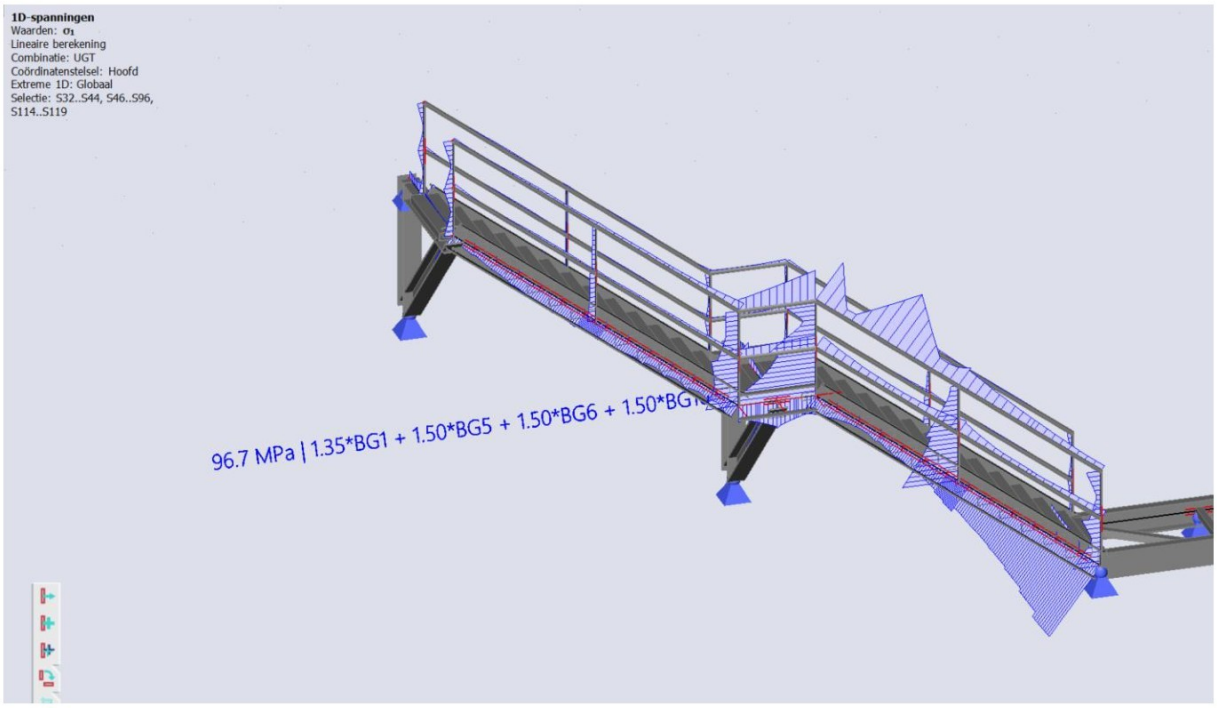
De hoofdspanningen in de steigerconstructie worden in UGT bepaald in SCIA en deze zijn gelijk aan 135,4 MPa. Deze maximale spanningen treden op in de horizontale ligger SHS 80x80x4. Dit resulteert dus in een grove benadering van de unity check gelijk aan UC = 135.4 / 348 = 0.39 wat ruimschoots voldoende is.



Figuur 5.1 Hoofdspanningen in steigerconstructie (UGT) in SCIA Engineer v25

De hoofdspanningen in de trapconstructie zijn eveneens in UGT bepaald en gelijk aan 96.7 MPa voor de baluster. Dit resulteert dus in een (grove benadering van de) unity check gelijk aan UC = 96.7 / 348 = 0.28. Hier zit dus ook voldoende marge op.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

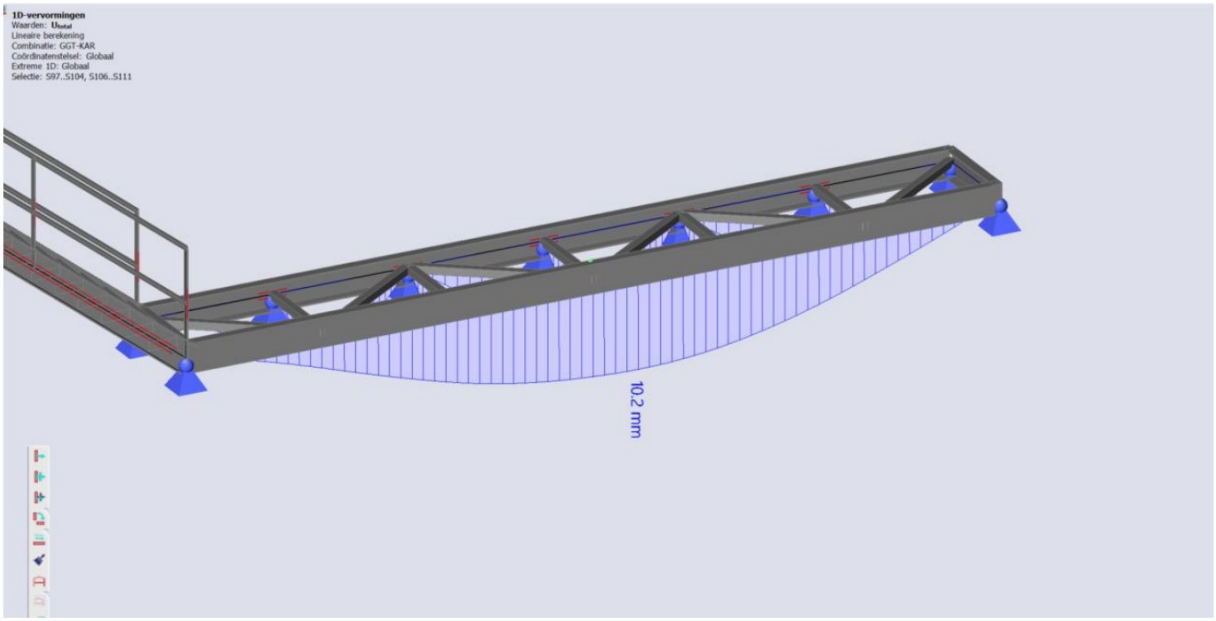


Figuur 5.2 Hoofdspanningen in trapconstructie (UGT) in SCIA Engineer v25

5.1.2 Vervormingstoets (GGT)

De vervormingstoets dient in GGT uitgevoerd te worden. De vervormingseisen ten aanzien van de steigerconstructie worden bepaald o.b.v. NEN-EN-1990 [1] Bijlage A1.4.3, waarin wordt vermeld dat de maximale doorbuiging van 'overige vloeren' die intensief door personen worden gebruikt niet groter mag zijn dan 3/1000^{e} van de overspanning l_{rep}. De overspanning (van de hoofdligger UNP-300) is gelijk aan ca. 8,5 m wat resulteert in een maximale doorbuiging van 3/1000 · 8500 = 25,5 mm.

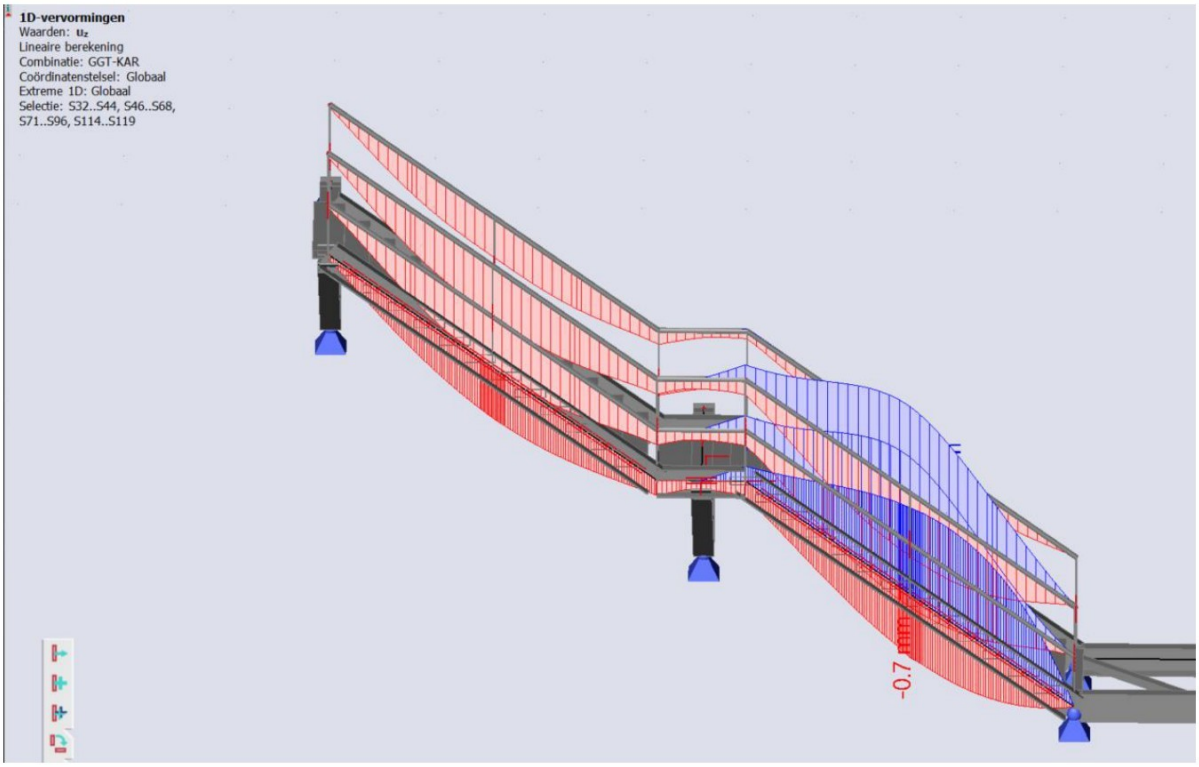
De maximale doorbuiging is gelijk aan 10,2 mm in de GGT-combinatie, wat resulteert in een UC = 0,4.



Figuur 5.3 Maximale vervorming steigerconstructie in GGT combinatie

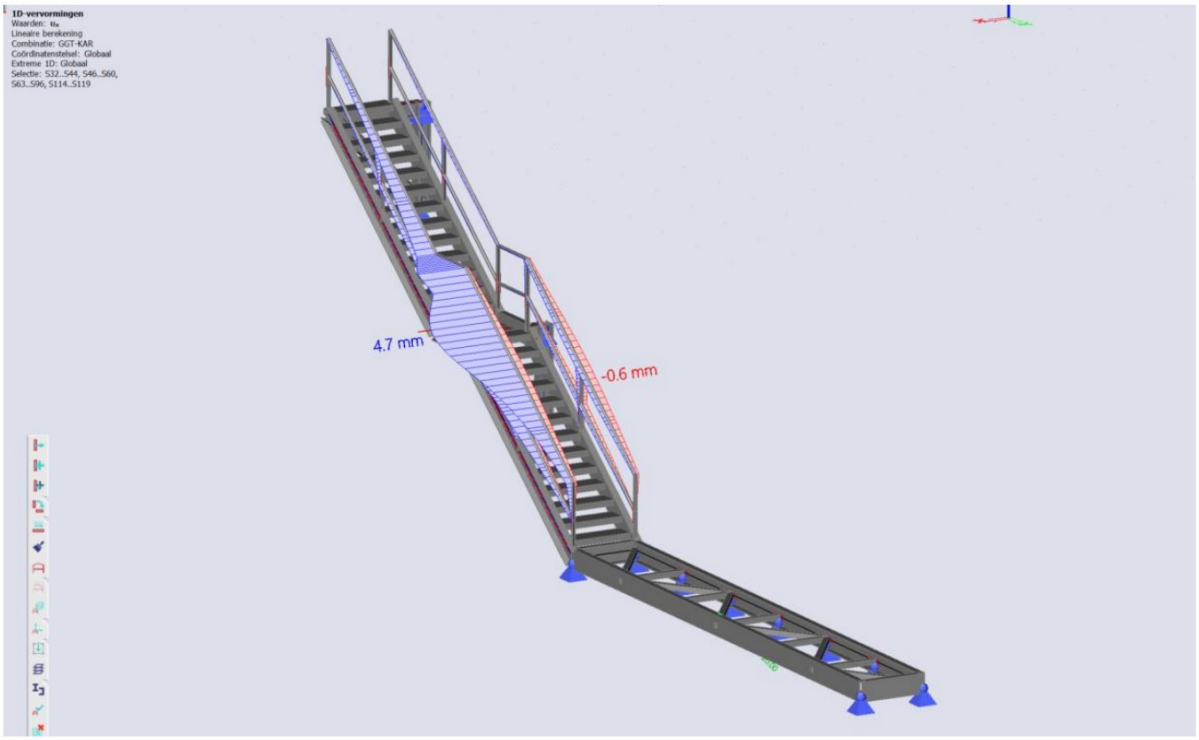
CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

De maximale verticale vervorming van de trapconstructie is gelijk aan 1,0 mm, waarmee automatisch kan worden geconcludeerd dat aan alle eisen uit Tabel 2.3 wordt voldaan.



Figuur 5.4 Maximale verticale vervorming trapconstructie in GGT

De maximale horizontale vervorming t.g.v. de horizontale proefbelasting op de leuning is gelijk aan 4,7 mm wat nog ruimschoots onder de grenswaarde van 30 mm uit Tabel 2.3 blijft.



Figuur 5.5 Maximale horizontale vervorming trapconstructie in GGT

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Concluderend wordt gesteld dat de steigerconstructie zoals hier gepresenteerd op VO niveau is getoetst en dat deze voldoet aan de sterkte- en vervormingseisen zoals opgelegd door de vigerende normen en richtlijnen.

5.1.3 Reactiekrachten

Voor het ontwerp van de verbindingen met de damwand, worden de reactiekrachten uit SCIA afgelezen. Zodoende kunnen de verbindingen worden gedimensioneerd op trek en afschuiving in een latere fase.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- De reactiekracht in de buispalen
- De reactiekracht in de verbinding met de damwand t.h.v. de steiger
- De reactiekracht in de verbinding met de HE200B-liggers

Tabel 5.1 UGT-Reactiekrachten uit SCIA-Engineer t.b.v. ontwerp verbindingen

UGT Reactiekrachten	Eenheid	Rx dwars	Ry parallel	Rz Verticaal
Buispaal	kN	1	20	55
Verbinding damwand t.h.v. steiger	kN	21	12	20
Verbinding damwand t.h.v. HE200B	kN	50	5	50

Zoals duidelijk wordt uit bovenstaande tabel zijn de reactiekrachten relatief beperkt, waardoor de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van dit principe is aangetoond. In een latere fase dienen de verbindingen ook gedimensioneerd te worden.

5.2 Buispalen

De buispalen worden onderworpen aan de reactiekrachten zoals weergegeven in Tabel 5.1. De maximale, horizontale kracht is gelijk aan 20 kN op een peil van NAP+17.8 m.

Een conservatieve inschatting is dat het inklemmingspunt van de buispaal op het aanzetpeil ligt. In werkelijkheid zal dit hoger liggen, doordat de grond al een tegendruk levert. Het aanzetpeil van de buispaal is nu aangenomen op NAP+10.0 m, wat resulteert in een arm van 7.8 m. Het bijbehorende moment in de buispaal is dan gelijk aan 20 kN · 7,8 m = 156 kNm.

De momentweerstand is gelijk aan 711 kNm, zoals reeds vermeld in Tabel 3.2 en uitgebreider berekend in Bijlage 2. De unity check is daarmee gelijk aan 0.22.

In een latere fase dient de geotechnische (horizontale en verticale) draagkracht van de buispaal nog te worden gecontroleerd. Echter, gegeven de zeer beperkte reactiekrachten voor zowel de horizontale als de verticale richting, wordt er nu vanuit gegaan dat dit ontwerp haalbaar is.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

6 Uitvoeringsaspecten

6.1 Uitvoeringsvolgorde

De globale uitvoeringsvolgorde van de hoofdonderdelen is hieronder uiteengezet:

1. Ontwerp, leveranties en vergunningen.
2. Verwijderen van eventuele obstakels op de waterbodem.
3. Aanbrengen nieuwe damwandconstructie – zoals omschreven in rapport [18]
4. Aanbrengen HE200B profielen ter ondersteuning trap
5. Aanbrengen buispalen ter ondersteuning steiger
6. Installeren en bevestigen steigerconstructie aan buispalen en damwand
7. Installeren en bevestigen trapconstructie aan HE200B opleggingen, damwand en steiger
8. Afwerken trap – en steigerconstructie

In een latere fase dienen meerdere uitvoeringsaspecten te worden beschouwd, zoals de heibaarheid van de stalen buispalen, de kans op schade en hinder en eventuele clashes met K&L.

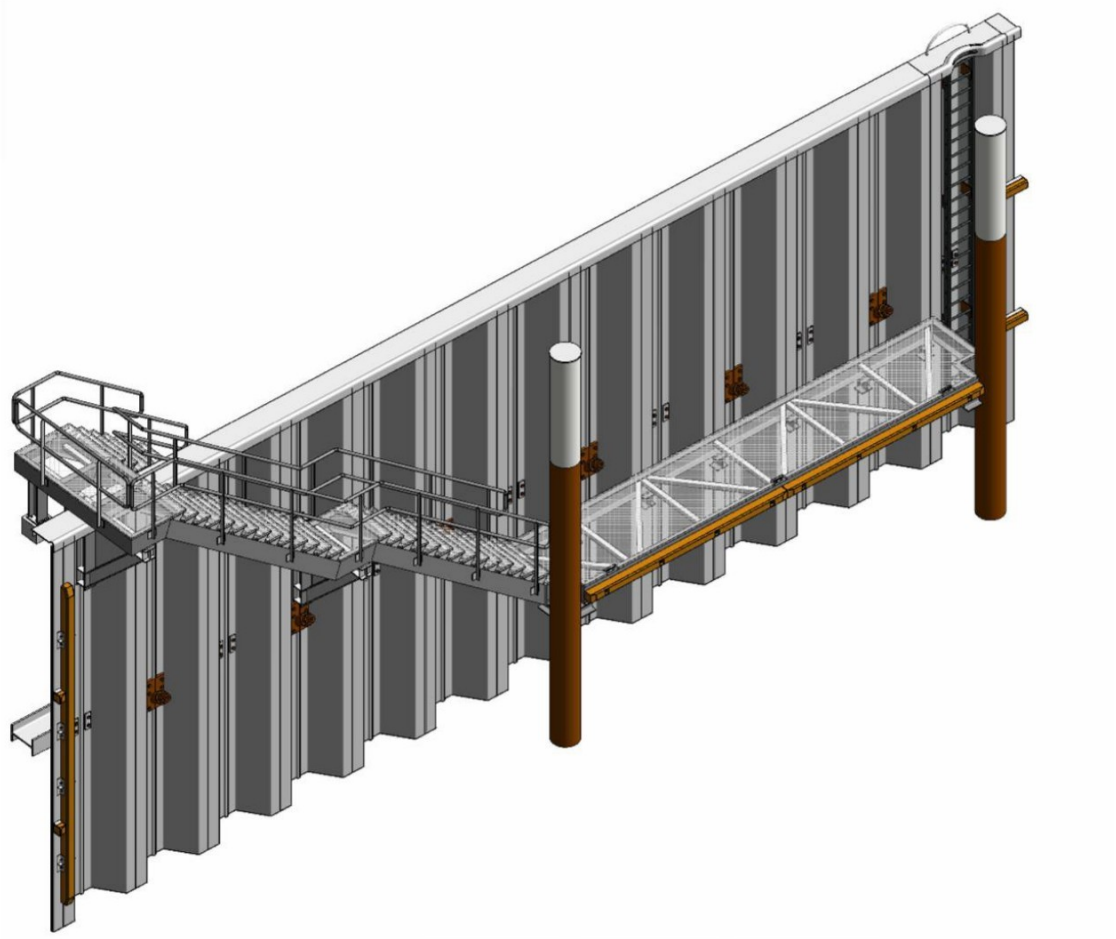
CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

7 Conclusie en aanbeveling

7.1 Samenvatting ontwerp

Samengevat is in deze rapportage een haalbaar ontwerp gepresenteerd voor de steigerconstructie bij [redacted] – sectie 4 – in de Lisbonnehaven te Roermond op een VO-niveau. Er lijkt ruim voldoende marge te zitten op het ontwerp naar zowel de sterkte-eisen als de vervormingseisen. Het ontwerp is gepresenteerd in tekening [19], waarbij onderstaande 3D view een impressie geeft van het ontwerp.

De trap- en bordesconstructie is (geometrisch) getoetst aan de eisen geldend volgens de NEN EN ISO 14122-serie.



Figuur 7.1 3D-impressie van de steigerconstructie bij [redacted]

7.2 Aandachtspunten vervolgfasen

- Dit ontwerp betreft een VO, waarbij er meer in detail kan worden gekeken naar de mogelijk optredende belastingen en uit te voeren controles.
- De buispalen zijn op constructief vlak gecontroleerd, maar nog niet op geotechnisch vlak. Er dient nog gecontroleerd te worden of de bodem voldoende verticale en horizontale weerstand kan bieden tegen de optredende reactiekrachten op de buispaal, zonder dat deze de vervormingseisen overschrijdt of een permanente vervorming ondergaat onder deze belastingen.
- De verbindingen van de trap- en steigerconstructie aan de damwand dienen in een latere fase nog te worden gedimensioneerd.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Referenties

Normen en richtlijnen

[1] NEN-EN 1990: Eurocode 0 – Grondslag van het constructief ontwerp.
[2] NEN-EN 1991: Eurocode 1 – Belastingen op constructies.
[3] NEN-EN 1993: Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies.
[4] NEN-EN 1997: Eurocode 7 – Geotechnisch ontwerp.
[5] NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies.
[6] NEN EN ISO 14122-2:2001 – Bordessen en looppaden
[7] NEN EN ISO 14122-3:2001 – Trappen, ladders en leuningen
[8] PIANC WG 149 [2016] – Guidelines for Marina Design

Projectdocumenten

[9] Waterschap Limburg, november 2020, IO.DR76.26.023 Handleiding ten behoeve van het ontwerp van damwanden welke dienen als waterkering nabij de Alexanderhaven te Roermond, IO.DR76.26.023-1.0-1-Rp-Handleiding damwandontwerp.
[10] Waterschap Limburg, oktober 2021, IO.DR76.26.021 Ontwerpnota planfase normtraject 76-2 Roermond Alexanderhaven 1.0-2.
[11] Gemeente Roermond, april 2017, Beheerplan havens en waterpartijen 2017 – 2026.
[12] Waterschap Limburg, november 2021, PP.DR76.26.010 Ontwerp-Projectplan Waterwet dijkversterking Roermond.
[13] WSP, januari 2023, Hoogte kering integraalplan, doc.nr. BIKR-04-N-006, versie 1.
[14] WSP, februari 2023, Bepaling constructiediepte nieuwe kaden, doc.nr. BIKR-04-N-006, versie 1.
[15] SBE, 2024, Uitgangspuntennotitie Willem-Alexanderhaven Roermond 15298-ALG-G-DO-001
[16] SBE, 2024, Haalbaarheid installeren damwanden 15298-MEM-G-DO-002
[17] SBE, 2024, Logistieke kade en kerende wand Smurfit Westrock, 15298-ALG-G-DO-005
[18] SBE, 2024, Logistieke kade [redacted], 15298-ALG-G-DO-003
[19] SBE, 2025, Primaire kering [redacted], Steiger sectie 4: 15298-SBE-DO-DET-TEK-CIV-3104

Onderzoeken en metingen

[20] IGL, november 2021, Mijnheerkenshaven Roermond; Bodemhoogten multibeam, GER007B_MIJNHEERKENSHAVEN-BODEM_20211109.
[21] Inpijn-Blokpoel, april 2023, BIZ-kaden en HWK Roermond - Willem-Alexanderhaven te Roermond, 22ZP1423-RG-01.

Overige documenten en referenties

[22] "DSM AHN4", Actueel Hoogtebestand Nederland, (22-09-2022) https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/
[23] Liebherr Technical Description Crawler Excavator R 954C
[24] Port of Rotterdam, juni 2016, Bodembescherming belast door schroefstralen, Rekenmethodiek Port of Rotterdam versie 1.0
[25] Rijkswaterstaat, december 2021, RTD 1001 Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken, versie 2.0.
[26] Rijkswaterstaat, juli 2020, Richtlijnen Vaarwegen 2020.
[27] Rijkswaterstaat, https://waterinfo.rws.nl/.

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Bijlagen

Bijlage 1 SCIA model

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

1. Inhoudsopgave

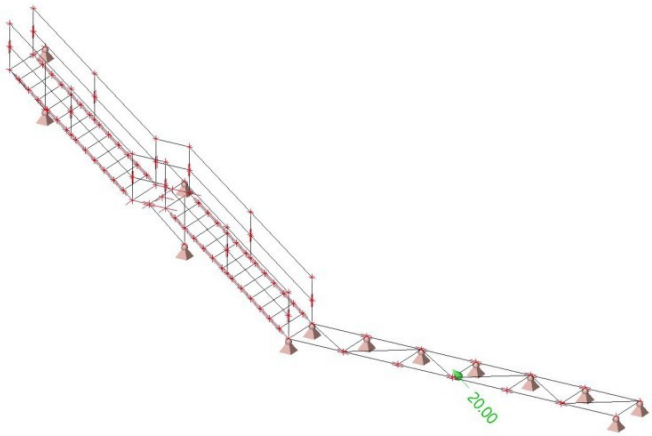
1. Inhoudsopgave 1
2. Project 1
3. 3D view rekenmodel 2
3.1. 3D VIEW 2
3.2. 3D view 2
4. Doorsneden 3
5. Materialen 7
6. Knopen 7
7. Staven 8
8. 2D-elementen 10
9. Knoopsteunpunten 10
10. Belastingsgevallen 11
11. Belastinggroepen 11
12. Combinaties 11
13. Resultaatklasses 12
14. UGT- Spanningen 12
14.1. 1D-spanningen 12
14.2. 1D-spanningen; σ_1 13
15. GGT - Vervormingen 13
15.1. 1D-vervormingen 13
15.2. 1D-vervormingen; U_total 14
16. UGT - Reactiekrachten 14
16.1. Reacties 14
16.2. Reacties; R_z 15
16.3. Reacties; R_x 15

2. Project

Gebruiker van licentie	[redacted]@sbe-engineering.nl
Project	Globale controle steiger [redacted]
Onderdeel	Sectie 4 -- Port of Roermond
Omschrijving	-
Auteur	CVM
Datum	20-6-2025
Constructie	Algemeen XYZ
Aantal knopen :	157
Aantal staven :	114
Aantal platen :	1
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	6
Aantal belastingsgevallen :	12
Aantal gebruikte materialen :	2
Gravitatieversnelling [m/s^2]	9.810
Nationale norm	EC - EN

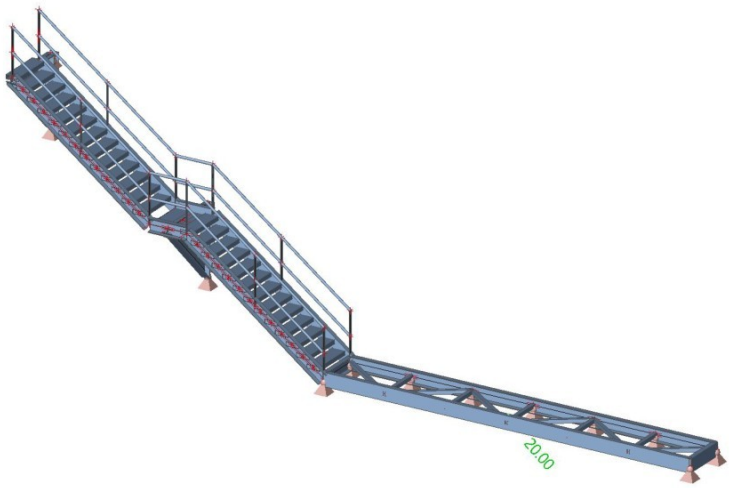
3. 3D view rekenmodel

3.1. 3D VIEW



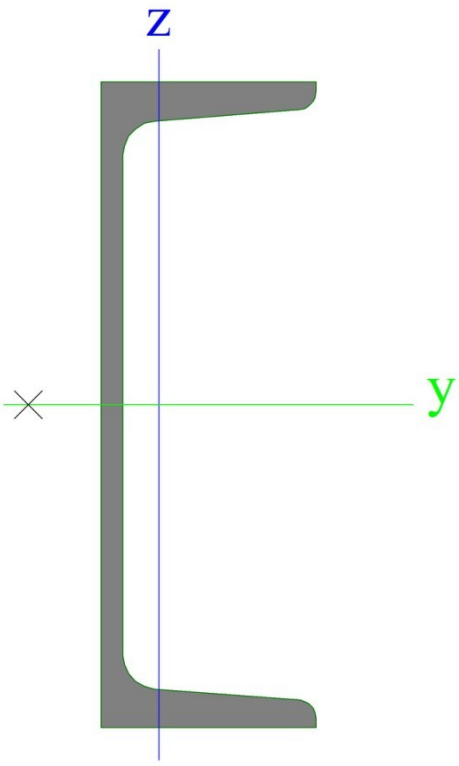


3.2. 3D view

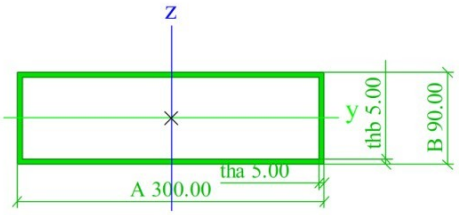


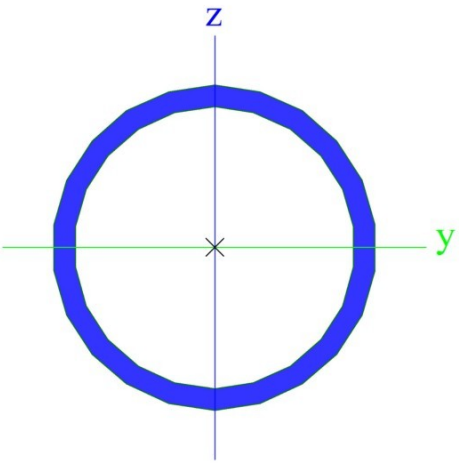


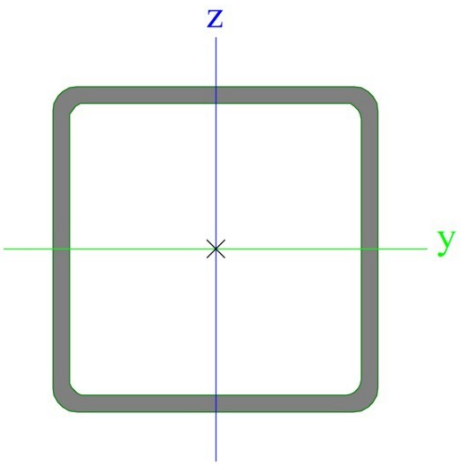
4. Doorsneden

CS1		
Type	UNP300	
Vormnorm	5 - Kanaaldoorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 355	
Bouwwijze	gewalst	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	c	c
A [mm^2]	5.8800e+03	
A_y [mm^2], A_z [mm^2]	3.0546e+03	2.9933e+03
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	9.5000e-01	9.4901e-01
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	26.99	150.00
α [deg]	0.00	
I_y [mm^4], I_z [mm^4]	8.0300e+07	4.9500e+06
i_y [mm], i_z [mm]	116.86	29.01
$W_{el.y}$ [mm^3], $W_{el.z}$ [mm^3]	5.3500e+05	6.7800e+04
$W_{pl.y}$ [mm^3], $W_{pl.z}$ [mm^3]	6.3200e+05	1.3000e+05
$M_{pl.y.+}$ [Nmm], $M_{pl.y.-}$ [Nmm]	224560198.88	224560198.88
$M_{pl.z.+}$ [Nmm], $M_{pl.z.-}$ [Nmm]	46106243.17	46106243.17
d_y [mm], d_z [mm]	-60.78	0.00
I_t [mm^4], I_w [mm^6]	3.8000e+05	7.8943e+10
β_y [mm], β_z [mm]	0.00	326.31
Afbeelding		

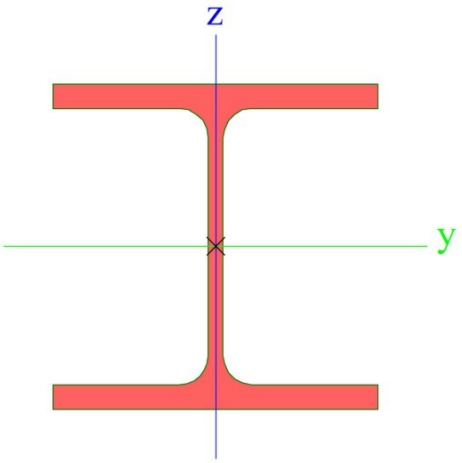
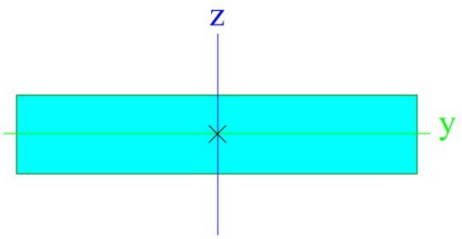
CS2		
Type	O	
Gedetailleerd	300.00; 5.00; 90.00; 5.00	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	S 355	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [mm^2]	3.8000e+03	

A_y [mm²], A_z [mm²]	2.7464e+03	4.4462e+02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	7.8000e-01	1.5200e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	150.00	45.00
α [deg]	0.00	
I_y [mm⁴], I_z [mm⁴]	5.8517e+06	3.9907e+07
i_y [mm], i_z [mm]	39.24	102.48
$W_{el.y}$ [mm³], $W_{el.z}$ [mm³]	1.3004e+05	2.6604e+05
$W_{pl.y}$ [mm³], $W_{pl.z}$ [mm³]	1.4350e+05	3.4300e+05
$M_{pl.y.+}$ [Nmm], $M_{pl.y.-}$ [Nmm]	50942500.00	50942500.00
$M_{pl.z.+}$ [Nmm], $M_{pl.z.-}$ [Nmm]	121765000.00	121765000.00
d_y [mm], d_z [mm]	0.00	0.00
I_t [mm⁴], I_w [mm⁶]	1.6771e+07	1.6042e+10
β_y [mm], β_z [mm]	0.00	0.00
Afbeelding		

CS5		
Type	CHS48.3/3.2	
Vormnorm	3 - Cirkelvormige holle doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 355	
Bouwwijze	koudgevormd	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	c	c
A [mm²]	4.5300e+02	
A_y [mm²], A_z [mm²]	2.8864e+02	2.8864e+02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	1.5200e-01	2.8336e-01
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	24.15	24.15
α [deg]	0.00	
I_y [mm⁴], I_z [mm⁴]	1.1600e+05	1.1600e+05
i_y [mm], i_z [mm]	16.00	16.00
$W_{el.y}$ [mm³], $W_{el.z}$ [mm³]	4.8000e+03	4.8000e+03
$W_{pl.y}$ [mm³], $W_{pl.z}$ [mm³]	6.4169e+03	6.4169e+03
$M_{pl.y.+}$ [Nmm], $M_{pl.y.-}$ [Nmm]	2313807.94	2313807.94
$M_{pl.z.+}$ [Nmm], $M_{pl.z.-}$ [Nmm]	2313807.94	2313807.94
d_y [mm], d_z [mm]	0.00	0.00
I_t [mm⁴], I_w [mm⁶]	2.3200e+05	1.7457e-25
β_y [mm], β_z [mm]	0.00	0.00
Afbeelding		

CS6		
Type	SHS80/80/4.0	
Vormnorm	2 - Rechthoekige kokerdoorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 355	
Bouwwijze	gewalst	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	a	a
A [mm²]	1.2000e+03	
A_y [mm²], A_z [mm²]	5.9926e+02	5.9926e+02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	3.1000e-01	5.9075e-01
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	40.00	40.00
α [deg]	0.00	
I_y [mm⁴], I_z [mm⁴]	1.1400e+06	1.1400e+06
i_y [mm], i_z [mm]	30.82	30.82
$W_{el.y}$ [mm³], $W_{el.z}$ [mm³]	2.8600e+04	2.8600e+04
$W_{pl.y}$ [mm³], $W_{pl.z}$ [mm³]	3.4000e+04	3.4000e+04
$M_{pl.y.+}$ [Nmm], $M_{pl.y.-}$ [Nmm]	12056723.79	12056723.79
$M_{pl.z.+}$ [Nmm], $M_{pl.z.-}$ [Nmm]	12056723.79	12056723.79
d_y [mm], d_z [mm]	0.00	0.00
I_t [mm⁴], I_w [mm⁶]	1.8000e+06	1.0923e+09
β_y [mm], β_z [mm]	0.00	0.00
Afbeelding		

CS7		
Type	HEB200	
Vormnorm	1 - I-doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 355	
Bouwwijze	gewalst	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	b	c
A [mm²]	7.8080e+03	
A_y [mm²], A_z [mm²]	5.7750e+03	1.9112e+03
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	1.1500e+00	1.1510e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	100.00	100.00
α [deg]	0.00	
I_y [mm⁴], I_z [mm⁴]	5.6960e+07	2.0030e+07
i_y [mm], i_z [mm]	85.41	50.65
$W_{el.y}$ [mm³], $W_{el.z}$ [mm³]	5.6960e+05	2.0030e+05
$W_{pl.y}$ [mm³], $W_{pl.z}$ [mm³]	6.4250e+05	3.0580e+05
$M_{pl.y.+}$ [Nmm], $M_{pl.y.-}$ [Nmm]	228247989.79	228247989.79
$M_{pl.z.+}$ [Nmm], $M_{pl.z.-}$ [Nmm]	108583608.13	108583608.13
d_y [mm], d_z [mm]	0.00	0.00
I_t [mm⁴], I_w [mm⁶]	5.9280e+05	1.7113e+11
β_y [mm], β_z [mm]	0.00	0.00

Afbeelding		
CS8		
Type	FL60X12	
Vormnorm	7 - Volledig rechthoekige doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 355	
Bouwwijze	gewalst	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	c	c
A [mm²]	7.2000e+02	
A_y [mm²], A_z [mm²]	6.0000e+02	6.0000e+02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	1.4400e-01	1.4400e-01
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	30.00	6.00
α [deg]	0.00	
I_y [mm⁴], I_z [mm⁴]	8.6400e+03	2.1600e+05
i_y [mm], i_z [mm]	3.46	17.32
$W_{el.y}$ [mm³], $W_{el.z}$ [mm³]	1.4400e+03	7.2000e+03
$W_{pl.y}$ [mm³], $W_{pl.z}$ [mm³]	2.1600e+03	1.0800e+04
$M_{pl.y.+}$ [Nmm], $M_{pl.y.-}$ [Nmm]	766800.00	766800.00
$M_{pl.z.+}$ [Nmm], $M_{pl.z.-}$ [Nmm]	3834000.00	3834000.00
d_y [mm], d_z [mm]	0.00	0.00
I_t [mm⁴], I_w [mm⁶]	3.4560e+04	0.0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0.00	0.00
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
Vormnorm	h - Hoogte b - Flensbreedte t - Flensdikte s - Lijfdikte r - Straal bij flensbasis r1 - Straal bij flensvoet a - Flenshelling wm1 - Welving van eenheid bij flensbasis wm2 - Welving van eenheid bij flensvoet
A	Gebied

Verklaring van symbolen	
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond

Verklaring van symbolen	
	de ZLCS as
$I_{YZ.LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
$W_{el.y}$	Elastische doorsnedemodulus rond de hoofd y-as
$W_{el.z}$	Elastische doorsnedemodulus rond de hoofd z-as
$W_{pl.y}$	Plastische doorsnedemodulus rond de hoofd y-as
$W_{pl.z}$	Plastische doorsnedemodulus rond de hoofd z-as
$M_{pl.y.+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
$M_{pl.y.-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment

Verklaring van symbolen	
$M_{pl.z.+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl.z.-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Coördinaat dwarskrachtencentrum in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
d_z	Coördinaat dwarskrachtencentrum in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
I_t	Torsie constante
I_w	Welvings constante
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

5. Materialen

Staal EC3

Naam	ρ [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	Onderlimiet [mm]	Bovenlimiet [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Kleur
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 355	7850.00	2.1000e+05	0.3	0.00	40.00	355.0	490.0	
		8.0769e+04	0.01e-003	40.00	80.00	335.0	470.0	
S 355 - stijfheid hoog	7850.00	2.1000e+07	0.3	0.00	40.00	355.0	490.0	
		8.0769e+06	0.01e-003	40.00	80.00	335.0	470.0	

6. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0.000	0.000	0.000
K2	0.000	6.325	-4.844
K3	1.000	6.325	-4.844
K4	1.000	0.000	0.000
K5	0.000	0.243	-0.186
K6	1.000	0.243	-0.186
K7	0.000	0.487	-0.373
K8	1.000	0.487	-0.373
K9	0.000	0.730	-0.559
K10	1.000	0.730	-0.559
K11	0.000	0.973	-0.745
K12	1.000	0.973	-0.745
K13	0.000	1.216	-0.932
K14	1.000	1.216	-0.932
K15	0.000	1.460	-1.118
K16	1.000	1.460	-1.118
K17	0.000	1.703	-1.304
K18	1.000	1.703	-1.304
K19	0.000	1.946	-1.490
K20	1.000	1.946	-1.490
K21	0.000	2.189	-1.677
K22	1.000	2.189	-1.677
K23	0.000	2.433	-1.863
K24	1.000	2.433	-1.863
K25	0.000	2.676	-2.049
K26	1.000	2.676	-2.049

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K27	0.000	2.919	-2.236
K28	1.000	2.919	-2.236
K29	0.000	3.163	-2.422
K30	1.000	3.163	-2.422
K31	0.000	3.406	-2.608
K32	1.000	3.406	-2.608
K33	0.000	3.649	-2.795
K34	1.000	3.649	-2.795
K35	0.000	3.892	-2.981
K36	1.000	3.892	-2.981
K37	0.000	4.136	-3.167
K38	1.000	4.136	-3.167
K39	0.000	4.379	-3.354
K40	1.000	4.379	-3.354
K41	0.000	4.622	-3.540
K42	1.000	4.622	-3.540
K43	0.000	4.865	-3.726
K44	1.000	4.865	-3.726
K45	0.000	5.109	-3.912
K46	1.000	5.109	-3.912
K47	0.000	5.352	-4.099
K48	1.000	5.352	-4.099
K49	0.000	5.595	-4.285
K50	1.000	5.595	-4.285
K51	0.000	5.838	-4.471
K52	1.000	5.838	-4.471

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K53	0.000	6.082	-4.658
K54	1.000	6.082	-4.658
K55	10.000	0.000	0.000
K58	11.000	0.000	0.000
K59	10.000	0.243	-0.186
K60	11.000	0.243	-0.186
K61	10.000	0.487	-0.373
K62	11.000	0.487	-0.373
K63	10.000	0.730	-0.559
K64	11.000	0.730	-0.559
K65	10.000	0.973	-0.745
K66	11.000	0.973	-0.745
K67	10.000	1.216	-0.932
K68	11.000	1.216	-0.932
K69	10.000	1.460	-1.118
K70	11.000	1.460	-1.118
K71	10.000	1.703	-1.304
K72	11.000	1.703	-1.304
K73	10.000	1.946	-1.490
K74	11.000	1.946	-1.490
K75	10.000	2.189	-1.677
K76	11.000	2.189	-1.677
K77	10.000	2.433	-1.863
K78	11.000	2.433	-1.863
K79	10.000	2.676	-2.049
K80	11.000	2.676	-2.049
K81	10.000	2.919	-2.236
K82	11.000	2.919	-2.236
K83	10.000	3.163	-2.422
K84	11.000	3.163	-2.422
K85	11.000	4.013	-2.422
K86	10.000	4.013	-2.422
K87	10.000	4.256	-2.608
K88	11.000	4.256	-2.608
K89	10.000	4.500	-2.795
K90	11.000	4.500	-2.795
K91	10.000	4.743	-2.981
K92	11.000	4.743	-2.981
K93	10.000	4.986	-3.167
K94	11.000	4.986	-3.167
K95	10.000	5.229	-3.354
K96	11.000	5.229	-3.354
K97	10.000	5.473	-3.540
K98	11.000	5.473	-3.540
K99	10.000	5.716	-3.726
K100	11.000	5.716	-3.726
K101	10.000	5.959	-3.912
K102	11.000	5.959	-3.912
K103	10.000	6.202	-4.099
K104	11.000	6.202	-4.099
K105	10.000	6.446	-4.285
K106	11.000	6.446	-4.285
K107	10.000	6.689	-4.471

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K108	11.000	6.689	-4.471
K109	10.000	6.932	-4.658
K110	11.000	6.932	-4.658
K111	10.000	7.176	-4.844
K112	11.000	7.176	-4.844
K113	10.000	4.013	-1.322
K114	10.000	3.163	-1.322
K115	11.000	3.163	-1.322
K116	11.000	4.013	-1.322
K117	11.000	7.176	-3.744
K118	10.000	7.176	-3.744
K119	10.000	5.594	-3.633
K120	10.000	5.594	-2.533
K121	11.000	5.594	-3.633
K122	11.000	5.594	-2.533
K123	10.000	1.581	-1.211
K124	10.000	1.581	-0.111
K125	11.000	1.581	-1.211
K126	11.000	1.581	-0.111
K127	10.000	0.000	1.100
K128	11.000	0.000	1.100
K129	11.000	0.000	0.550
K130	11.000	1.581	-0.661
K131	11.000	3.163	-1.872
K132	11.000	4.013	-1.872
K133	11.000	5.594	-3.083
K134	11.000	7.176	-4.294
K135	10.000	7.176	-4.294
K136	10.000	5.594	-3.083
K137	10.000	4.013	-1.872
K138	10.000	3.163	-1.872
K139	10.000	1.581	-0.661
K140	10.000	0.000	0.550
K141	10.500	3.625	-2.422
K142	11.000	15.605	-4.844
K143	10.000	15.605	-4.844
K144	11.000	8.581	-4.844
K145	10.000	8.581	-4.844
K146	11.000	9.986	-4.844
K147	10.000	9.986	-4.844
K148	11.000	11.390	-4.844
K149	10.000	11.390	-4.844
K150	11.000	12.796	-4.844
K151	10.000	12.796	-4.844
K152	11.000	14.200	-4.844
K153	10.000	14.200	-4.844
K154	9.500	3.588	-2.422
K155	11.000	3.588	-2.422
K156	9.500	3.588	-3.922
K157	9.500	0.000	-1.500
K158	9.500	0.000	0.000
K159	10.000	3.588	-2.422

7. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS1 - UNP300	S 355	7.967	K1	K2	Algemeen (0)
S2	CS1 - UNP300	S 355	7.967	K4	K3	Algemeen (0)
S3	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K4	K1	Algemeen (0)
S4	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K5	K6	Balk (80)
S5	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K7	K8	Balk (80)
S6	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K9	K10	Balk (80)
S7	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K11	K12	Balk (80)

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S8	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K13	K14	Balk (80)
S9	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K15	K16	Balk (80)
S10	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K17	K18	Balk (80)
S11	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K19	K20	Balk (80)
S12	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K21	K22	Balk (80)
S13	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K23	K24	Balk (80)
S14	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K25	K26	Balk (80)
S15	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K27	K28	Balk (80)
S16	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K29	K30	Balk (80)
S17	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K31	K32	Balk (80)
S18	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K33	K34	Balk (80)
S19	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K35	K36	Balk (80)
S20	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K37	K38	Balk (80)
S21	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K39	K40	Balk (80)
S22	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K41	K42	Balk (80)
S23	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K43	K44	Balk (80)
S24	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K45	K46	Balk (80)
S25	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K47	K48	Balk (80)
S26	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K49	K50	Balk (80)
S27	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K51	K52	Balk (80)
S28	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K53	K54	Balk (80)
S29	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K2	K3	Balk (80)
S32	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K58	K55	Algemeen (0)
S33	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K59	K60	Balk (80)
S34	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K61	K62	Balk (80)
S35	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K63	K64	Balk (80)
S36	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K65	K66	Balk (80)
S37	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K67	K68	Balk (80)
S38	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K69	K70	Balk (80)
S39	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K71	K72	Balk (80)
S40	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K73	K74	Balk (80)
S41	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K75	K76	Balk (80)
S42	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K77	K78	Balk (80)
S43	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K79	K80	Balk (80)
S44	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K81	K82	Balk (80)
S46	CS1 - UNP300	S 355	3.983	K55	K83	Balk (80)
S47	CS1 - UNP300	S 355	3.983	K58	K84	Balk (80)
S48	CS1 - UNP300	S 355	0.850	K84	K85	Balk (80)
S49	CS1 - UNP300	S 355	0.850	K83	K86	Balk (80)
S50	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K85	K86	Algemeen (0)
S51	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K87	K88	Balk (80)
S52	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K89	K90	Balk (80)
S53	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K91	K92	Balk (80)
S54	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K93	K94	Balk (80)
S55	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K95	K96	Balk (80)
S56	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K97	K98	Balk (80)
S57	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K99	K100	Balk (80)
S58	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K101	K102	Balk (80)
S59	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K103	K104	Balk (80)
S60	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K105	K106	Balk (80)
S61	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K107	K108	Balk (80)
S62	CS2 - O (300.00; 5.00; 90.00; 5.00)	S 355	1.000	K109	K110	Balk (80)
S63	CS1 - UNP300	S 355	3.983	K86	K111	Balk (80)
S64	CS1 - UNP300	S 355	3.983	K85	K112	Balk (80)
S65	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K86	K113	Kolom (100)
S66	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K83	K114	Kolom (100)
S67	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K84	K115	Kolom (100)
S68	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K85	K116	Kolom (100)
S69	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K112	K117	Kolom (100)
S70	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K111	K118	Kolom (100)
S71	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K119	K120	Kolom (100)
S72	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K121	K122	Kolom (100)
S73	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K123	K124	Kolom (100)
S74	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K125	K126	Kolom (100)
S75	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K55	K127	Kolom (100)
S76	CS8 - FL60X12	S 355	1.100	K58	K128	Kolom (100)

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S77	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K127	K124	Balk (80)
S78	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K124	K114	Balk (80)
S79	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	0.850	K114	K113	Balk (80)
S80	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K113	K120	Balk (80)
S81	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K120	K118	Balk (80)
S82	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K117	K122	Balk (80)
S83	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K122	K116	Balk (80)
S84	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	0.850	K116	K115	Balk (80)
S85	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K115	K126	Balk (80)
S86	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K126	K128	Balk (80)
S87	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K129	K130	Balk (80)
S88	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K130	K131	Balk (80)
S89	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	0.850	K131	K132	Balk (80)
S90	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K132	K133	Balk (80)
S91	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K133	K134	Balk (80)
S92	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K135	K136	Balk (80)
S93	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K136	K137	Balk (80)
S94	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	0.850	K137	K138	Balk (80)
S95	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K138	K139	Balk (80)
S96	CS5 - CHS48.3/3.2	S 355	1.992	K139	K140	Balk (80)
S97	CS1 - UNP300	S 355	8.430	K112	K142	Balk (80)
S98	CS1 - UNP300	S 355	8.430	K111	K143	Balk (80)
S99	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.000	K144	K145	Balk (80)
S100	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.000	K146	K147	Balk (80)
S101	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.000	K148	K149	Balk (80)
S102	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.000	K150	K151	Balk (80)
S103	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.000	K152	K153	Balk (80)
S104	CS1 - UNP300	S 355	1.000	K142	K143	Balk (80)
S105	CS1 - UNP300	S 355	1.000	K112	K111	Balk (80)
S106	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.725	K111	K144	Balk (80)
S107	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.725	K144	K147	Balk (80)
S108	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.725	K147	K148	Balk (80)
S109	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.725	K148	K151	Balk (80)
S110	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.725	K151	K152	Balk (80)
S111	CS6 - SHS80/80/4.0	S 355	1.725	K152	K143	Balk (80)
S114	CS7 - HEB200	S 355	1.500	K154	K155	Balk (80)
S115	CS7 - HEB200	S 355	1.500	K154	K156	Balk (80)
S116	CS7 - HEB200	S 355	2.121	K156	K155	Balk (80)
S117	CS7 - HEB200	S 355	1.500	K158	K157	Balk (80)
S118	CS7 - HEB200	S 355	2.121	K157	K58	Balk (80)
S119	CS7 - HEB200	S 355	1.500	K158	K58	Balk (80)

8. 2D-elementen

Naam	Laag	Type	Element type	Materiaal	Dikte type	D. [mm]
E1	Laag1	vloer (90)	Standaard	S 355 - stijfheid hoog	constant	10.00

9. Knoopsteunpunten

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn1	K4	GCS	Standaard	Vast	Vrij	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2	K1	GCS	Standaard	Vast	Vrij	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3	K3	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4	K2	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K111	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10	K112	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11	K142	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn12	K143	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn13	K145	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K147	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15	K149	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn16	K151	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn17	K153	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn18	K154	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn19	K156	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn20	K157	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij
Sn21	K158	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vast	Vrij	Vrij	Vrij

10. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Type last				
BG1	Eigen gewicht	Permanent	LG1	-Z		
		Eigen gewicht				
BG2	Puntlasten midden	Variabel	LG2 - verticaal		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG3	Oppervlaktelast	Variabel	LG2 - verticaal		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG4	Leuning midden	Variabel	LG3 - Leuning		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG5	Leuning staander	Variabel	LG3 - Leuning		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG6	Puntlasten rand	Variabel	LG2 - verticaal		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG7	Trosbelasting	Variabel	LG4 - Trosbelasting pos 2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG8	Trosbelasting	Variabel	LG4 - Trosbelasting pos 2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG9	Trosbelasting	Variabel	LG4 - Trosbelasting pos 2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG10	Trosbelasting	Variabel	LG4 - Trosbelasting pos 2		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG11	Trosbelasting	Variabel	LG5 - Trosbelasting		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				
BG12	Trosbelasting	Variabel	LG5 - Trosbelasting		Kort	Geen
	Standaard	Statisch				

11. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2 - verticaal	Variabel	Exclusief	Cat A : Woning
LG3 - Leuning	Variabel	Exclusief	Cat A : Woning
LG4 - Trosbelasting pos 2	Variabel	Exclusief	Cat A : Woning
LG5 - Trosbelasting	Variabel	Standaard	Cat A : Woning

12. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
UGT-Set B (automatisch)		EN-UGT (STR/GEO) Set B	BG1 - Eigen gewicht	1.000
			BG2 - Puntlasten midden	1.000
			BG3 - Oppervlaktelast	1.000
			BG4 - Leuning midden	1.000
			BG5 - Leuning staander	1.000
			BG6 - Puntlasten rand	1.000
			BG7 - Trosbelasting	1.000
			BG8 - Trosbelasting	1.000
			BG9 - Trosbelasting	1.000

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG10 - Trosbelasting	1.000
			BG11 - Trosbelasting	1.000
			BG12 - Trosbelasting	1.000
BGT-kar (automatisch)		EN-BGT Karakteristiek	BG1 - Eigen gewicht	1.000
			BG2 - Puntlasten midden	1.000
			BG3 - Oppervlaktelast	1.000
			BG4 - Leuning midden	1.000
			BG5 - Leuning staander	1.000
			BG6 - Puntlasten rand	1.000
			BG7 - Trosbelasting	1.000
			BG8 - Trosbelasting	1.000
			BG9 - Trosbelasting	1.000
			BG10 - Trosbelasting	1.000
			BG11 - Trosbelasting	1.000
			BG12 - Trosbelasting	1.000
GGT-KAR		Omhullend - BGT	BG1 - Eigen gewicht	1.000
			BG2 - Puntlasten midden	1.000
			BG3 - Oppervlaktelast	1.000
			BG4 - Leuning midden	1.000
			BG5 - Leuning staander	1.000
			BG6 - Puntlasten rand	1.000
			BG7 - Trosbelasting	1.000
			BG8 - Trosbelasting	1.000
			BG9 - Trosbelasting	1.000
			BG10 - Trosbelasting	1.000
			BG11 - Trosbelasting	1.000
			BG12 - Trosbelasting	1.000
UGT		Omhullend - UGT	BG1 - Eigen gewicht	1.350
			BG2 - Puntlasten midden	1.500
			BG3 - Oppervlaktelast	1.500
			BG4 - Leuning midden	1.500
			BG5 - Leuning staander	1.500
			BG6 - Puntlasten rand	1.500
			BG7 - Trosbelasting	1.500
			BG8 - Trosbelasting	1.500
			BG9 - Trosbelasting	1.500
			BG10 - Trosbelasting	1.500
			BG11 - Trosbelasting	1.500
			BG12 - Trosbelasting	1.500

13. Resultaatklasses

Naam	Lijst
Alle UGT	UGT-Set B (automatisch) - EN-UGT (STR/GEO) Set B
	UGT - Omhullend - UGT
Alle BGT	BGT-kar (automatisch) - EN-BGT Karakteristiek
	GGT-KAR - Omhullend - BGT
Alle UGT+BGT	UGT-Set B (automatisch) - EN-UGT (STR/GEO) Set B
	UGT - Omhullend - UGT
	BGT-kar (automatisch) - EN-BGT Karakteristiek
	GGT-KAR - Omhullend - BGT

14. UGT- Spanningen

14.1. 1D-spanningen

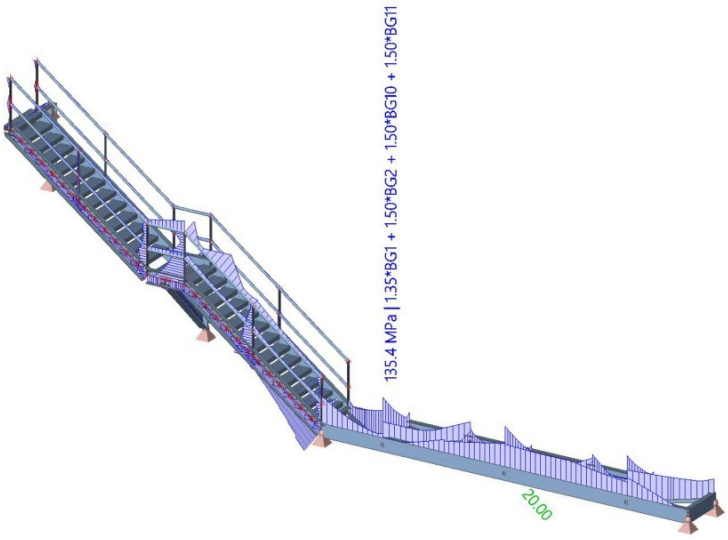
Lineaire berekening
Combinatie: UGT
Coördinatenstelsel: Hoofd
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle

Naam	dx [m]	Vezel	Belasting	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	T_{tot} [MPa]	σ_E [MPa]
S99	0.000	9	UGT/1	**135.4**	-0.6	8.9	135.7

Naam	Combinatiesleutel
UGT/1	1.35*BG1 + 1.50*BG2 + 1.50*BG10 + 1.50*BG11

14.2. 1D-spanningen; σ_1

Waarden: σ_1
Lineaire berekening
Combinatie: UGT
Coördinatenstelsel: Hoofd
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle





15. GGT - Vervormingen

15.1. 1D-vervormingen

Lineaire berekening
Combinatie: GGT-KAR
Coördinatenstelsel: Globaal
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle

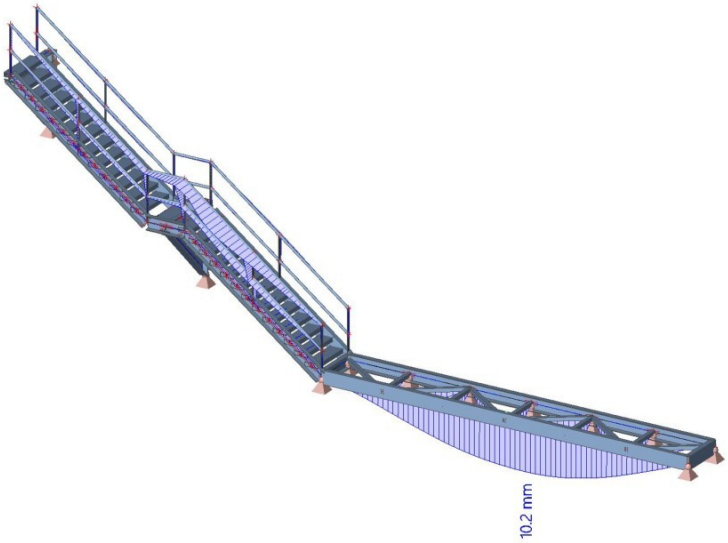
Vervormingen

Naam	dx [m]	Belasting	u_x [mm]	u_y [mm]	u_z [mm]	φ_x [mrad]	φ_y [mrad]	φ_z [mrad]	U_{total} [mm]
S71	1.100	GGT-KAR/1	**-0.6**	0.0	0.0	-0.1	-0.4	0.3	0.6
S83	0.871	GGT-KAR/2	**4.7**	-0.4	-0.6	-0.4	2.7	-1.8	4.7
S16	0.500-	GGT-KAR/3	0.0	**-2.6**	-3.5	0.0	0.0	0.0	4.4
S72	1.100	GGT-KAR/1	-0.6	**0.8**	0.9	0.0	-0.4	0.3	1.4
S97	4.683	GGT-KAR/1	0.0	0.0	**-10.2**	0.0	9.9	0.0	**10.2**
S97	4.332	GGT-KAR/2	0.0	0.0	**3.6**	0.0	-1.3	0.0	3.6
S97	1.405-	GGT-KAR/1	0.1	0.0	-3.7	**-3.3**	6.4	0.0	3.7
S97	8.430	GGT-KAR/1	0.0	0.0	0.0	**4.6**	-0.3	0.0	0.0
S101	0.900	GGT-KAR/2	0.0	0.0	0.5	0.0	**-4.6**	0.0	0.5
S97	4.215-	GGT-KAR/1	0.1	0.0	-10.1	-0.6	**12.9**	0.0	10.1
S83	1.618	GGT-KAR/2	3.2	-0.2	-0.3	-0.5	1.1	**-4.6**	3.2
S83	0.124	GGT-KAR/4	2.3	0.8	0.9	0.1	3.2	**0.9**	2.6

Naam	Combinatiesleutel
GGT-KAR/1	BG1 + BG3 + BG7 + BG11 + BG12
GGT-KAR/2	BG1 + BG4 + BG6 + BG10
GGT-KAR/3	BG1 + BG2
GGT-KAR/4	BG1 + BG3 + BG4 + BG7 + BG11 + BG12

15.2. 1D-vervormingen; U_total

Waarden: U_{total}
Lineaire berekening
Combinatie: GGT-KAR
Coördinatenstelsel: Globaal
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle





16. UGT - Reactiekrachten

16.1. Reacties

Lineaire berekening
Combinatie: UGT
Systeem: Globaal
Extreme: Globaal
Selectie: Alle

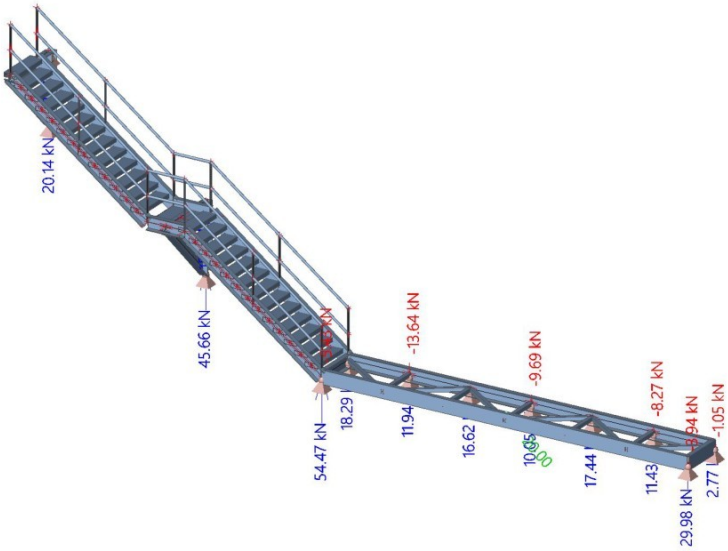
Knoopreacties

Naam	Belasting	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	e_x [mm]	e_y [mm]
Sn18/K154	UGT/1	**-46.47**	0.97	7.83	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
Sn19/K156	UGT/1	**44.57**	0.22	45.66	**0.00**	**0.00**	**0.00**	0.0	0.0
Sn9/K111	UGT/2	-5.25	**-11.59**	5.96	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
Sn10/K112	UGT/3	-0.07	**17.77**	53.76	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
Sn13/K145	UGT/4	-21.19	0.01	**-13.64**	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
Sn10/K112	UGT/5	-0.08	11.56	**54.47**	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0

Naam	Combinatiesleutel
UGT/1	1.35*BG1 + 1.50*BG5 + 1.50*BG6 + 1.50*BG10
UGT/2	1.35*BG1 + 1.50*BG3 + 1.50*BG9 + 1.50*BG11 + 1.50*BG12
UGT/3	1.35*BG1 + 1.50*BG3 + 1.50*BG4 + 1.50*BG8 + 1.50*BG11 + 1.50*BG12
UGT/4	1.35*BG1 + 1.50*BG2 + 1.50*BG10 + 1.50*BG11
UGT/5	1.35*BG1 + 1.50*BG3 + 1.50*BG4 + 1.50*BG7 + 1.50*BG11 + 1.50*BG12

16.2. Reacties; R_z

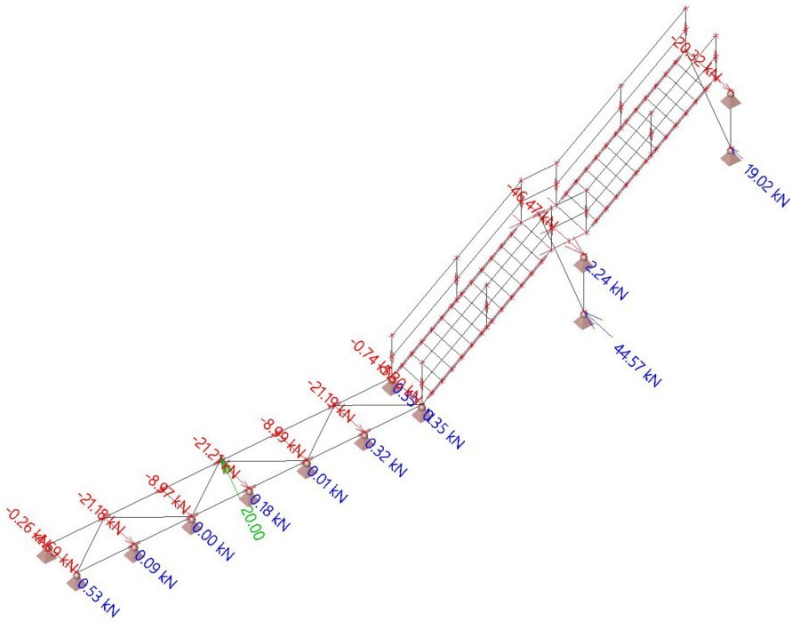
Waarden: R_z
Lineaire berekening
Combinatie: UGT
Systeem: Globaal
Extreme: Element
Selectie: Alle





16.3. Reacties; R_x

Waarden: R_x
Lineaire berekening
Combinatie: UGT
Systeem: Globaal
Extreme: Element
Selectie: Alle





Bijlage 2 Structurele controle buispaal

CONFIDENTIALITY: Public (unrestricted)

Projectnummer:	15298	**Datum:**	10-9-2025	**Opsteller:**	CVM
Projectnaam:	Willem_Alexanderhaven_Roermond				
Projectonderdeel:	G-006 v1.1 Toetsing van damplanken en buispalen				

Structurele toetsing van buispalen volgens CUR211:2013 (Gresnigt)

1. Invoergegevens

E-modulus:	E	210000	MPa	γ_{M0}	1.1	-
Karakteristieke vloeigrens:	f_y	355	MPa	γ_{M1}	1	-
Buitendiameter:	D_o	455.6	mm			
Wanddikte, incl. corrosie:	t	11.3	mm			
Constructieklasse:		B	A/B/C			
Zandgevuld?		Ja	-			
Buigend moment, 1e orde (ontwerpwaarde):	M_{Sd}	156	kNm			
Normaalkracht (ontwerpwaarde):	N_{Sd}	0	kN			
Kracht tussenplanken:	F	0	kN/m			
Actieve gronddruk:	q_{actief}	0	kPa			
Passieve gronddruk:	$q_{passief}$	0	kPa			
Normaalkracht bovenaan buispaal:	$N_{Sd,knik}$	0	kN			
Kniklengte:	l_{knik}	15	m			
Wijze van vervaardiging:		Koudgevormd en gelast	-			
Hor. verplaatsing bovenste M-nulpunt:	$u_{x,boven}$	0	mm			
Hor. verplaatsing t.h.v. max. buigmoment:	$u_{x,midden}$	0	mm			
Hor. verplaatsing onderste M-nulpunt:	$u_{x,onder}$	0	mm			

2. Tussenresultaten

Ovalisatie t.g.v. initële vormfout:	a_1	2.17	mm
Ovalisatie t.g.v. damplanken:	a_2	0.00	mm
Ovalisatie t.g.v. gronddrukken op de buispaal:	a_3	0.00	mm
Ovalisatie t.g.v. tweede orde-effect buiging:	a_4	0.02	mm
Totale ovalisatie:	a	2.18	mm
Effectief ontwerpweerstandsmoment lege buispaal:	$M_{Rd,\ leeg}$	712	kNm
Elastische, axiale ontwerpcapaciteit, lege buispaal:	$N_{Rd,\ leeg}$	5090	kN
Totale ovalisatie, met invloed zandvulling:	a_{zand}	2.18	mm
Effectief ontwerpweerstandsmoment zandgevulde buispaal:	$M_{Rd,\ zand}$	712	kNm
Elastische, axiale ontwerpcapaciteit, zandgevulde buispaal:	$N_{Rd,\ zand}$	5090	kN
Tweede orde buigmoment, lege buispaal, CUR 211:	$M_{2eorde,leeg}$	nvt	
Tweede orde buigmoment, zandgevulde buispaal, CUR 211:	$M_{2eorde,zand}$	nvt	

3. Resultaten

Structurele controle / plooicontrole:	21.9	%
Is knikcontrole noodzakelijk?	Neen	
Knikcontrole:		%