

CONSTRUCTIEF UITGANGSPUNTEN DOCUMENT

Ontwerpfase

Holland Hydrogen I Project

Document No. HHI-1000-CX-3323-0001

30 Juni 2022

Rev. 03

Disclaimer

This report has been prepared on behalf of and for the exclusive use of Shell Rotterdam Hydrogen Company B.V. and is subject to and issued in accordance with the agreement between Shell Rotterdam Hydrogen Company B.V. and Worley Nederland B.V. Worley Nederland B.V. accepts no liability or responsibility whatsoever for it in respect of any use of or reliance upon this report by any third party. Copying this report without the permission of Shell Rotterdam Hydrogen Company B.V. or Worley Nederland B.V. is not permitted.

The information contained in these documents is protected by the Global Data Protection Regulation (GDPR). Worley complies with the provisions of the Regulation and the information is disclosed on the condition that the Recipient also complies with the provisions of the (GDPR). All of the resumes and the information contained therein, shall be kept securely, shall be used only for the purposes of assessing the suitability of the individuals to perform the tasks proposed and/or assessing the overall capabilities of Worley to undertake the SCOPE proposed and shall be destroyed upon completion of those purposes.

Rev. 04: par 3.2 en afbeelding 39 zijn toegevoegd, paragraaf 5.4.1 en afbeelding 38 zijn gewijzigd.

Rev	Date	Description	Made	Checked	Discipline Approved	Project Approved
01	23/04/2022	IFR	Lorea Arrieta Mejias	5.1,2,e	5.1,2,e	
02	13/05/2022	IFR	Lorea Arrieta Mejias			
03	30/06/2022		5.1,2,e	5.1,2,e	5.1,2,e	
04	22-07-2022	IFA	5.1,2,e	Lorea Arrieta Mejias	5.1,2,e	

COMPANY Project No.: NL8905

COMPANY Document No.: HHI-1000-CX-3323-0001Error! Reference source not found.

Inhoudsopgave

1. DOELSTELLING	5
2. PROJECTBESCHRIJVING	6
2.1 Locatie van het Project	6
3. CONSTRUCTIEF ONTWERP	8
3.1 Architectonisch Ontwerp	8
3.2 Controle op het constructief ontwerp	9
3.3 Explosie Bestendigheid	9
3.4 Omschrijving Gebouwen en Constructies	10
3.4.1 Electrolyser Gebouw	10
3.4.2 Annex Gebouw	14
3.4.3 Magazijn & Werkplaats	15
3.4.4 Waterbehandelingsinstallatie Gebouw	16
3.4.5 Controlegebouw	16
3.4.6 Luchtkoelers Constructie	17
3.4.7 Leidingbruggen	18
3.4.8 Zuurstof- en Waterstofventilatie Constructies	19
3.4.9 Transformatoren 380 kV, Substations, Filters, Statcom	21
3.4.10 Demi Water Gebied	23
3.4.11 Transformatoren & Gelijkrichters	24
3.4.12 Ovale Muur	25
3.4.13 'uitkijk' platform	26
3.4.14 Loopbrug	27
3.4.15 Compressoren	28
4. PRINCIPLES OF DESIGN	30
4.1 Ontwerp Levensduur	30
4.2 Gevolgklasse	30
4.3 Geotechnisch uitgangspunt	30
4.3.1 Grondonderzoek	30
4.3.2 Bodemniveau en Grondwaterstand	32
5. ONTWERP BELASTINGEN	33
5.1 ALGEMEEN	33
5.2 (QUASI) PERMANENTE BELASTING	34
5.2.1 Constructie eigen gewicht en aanvullend eigen gewicht	34
5.2.2 Leeg permanent gewicht leidingen en equipment	34
5.2.3 Test gewicht leidingen en equipment	34
5.3 VARIABELE BELASTING	35
5.3.1 Opgelegde belastingen & opgelegde belastingen	35
5.3.2 Wind belastingen	36
5.3.3 Sneeuw belasting	37

5.3.4	Operationeel gewicht leidingen en equipment (Qop)	37
5.3.5	Tijdelijke onderhoudsbelastingen	37
5.4	BUITENGEWONE BELASTINGEN.....	39
5.4.1	Explosie belasting	39
5.4.2	Aardbevingsbelasting	40
5.5	BELASTINGFACTOREN EN COMBINATIES.....	41
5.5.1	Belastingfactoren	41
5.5.2	Belastingcombinaties	42
6.	ONTWERP CRITERIA.....	44
6.1	FUNDATIE ONTWERP	44
6.1.1	Fundering op Palen.....	44
6.1.2	Fundering op Staal.....	44
6.2	Beton Ontwerp.....	44
6.2.1	Betonkwaliteit	45
6.2.2	Vloeistofdicht beton	45
6.2.3	Wapening	46
6.2.4	Ingestorte voorzieningen	46
6.2.5	Werkvloeren	46
6.2.6	Verankeringen	46
6.3	Staal Ontwerp	46
6.3.1	Standaards.....	46
6.3.2	Staal Kwaliteit.....	47
6.3.3	Roostervloeren	47
6.3.4	Staalprofielen	47
6.3.5	Bouten en moeren.....	47
6.3.6	CE Markering en Executie Klasse.....	47
6.3.7	<i>Duurzaamheid</i>	48
6.4	TOELAATBARE ZAKKING, VERPLAATSING EN DOORBUIGING.....	48
6.4.1	Toelaatbare zakking.....	48
6.4.2	Maximale doorbuiging.....	48
6.4.3	Maximale verplaatsing	49
6.5	HOUTONTWERP	49
7.	NORMEN EN SPECIFICATIES	50
7.1	Eurocodes (incl. Nationale Bijlage)	50
7.2	Nationale Normen en specificaties	50
7.3	Internationale Normen en specificaties.....	50

1. DOELSTELLING

Het voorliggende document geeft een omschrijving van de constructieve uitgangspunten van het project gelinkt aan de ontwerpfase. Dit rapport heeft als doelstelling inzicht te verlenen over het constructief ontwerp van de Wabo bouwvergunningsaanvraag van het Shell Hydrogen I Project (HHI). Tevens is het rapport een onderdeel van de oprichtingsvergunningsaanvraag van Shell, geregistreerd onder Omgevingsloket Online (OLO) Nummer 5888443. De onderdelen milieu en bouwen zijn gefaseerd.

De documenten bij deze aanvraag zijn bedoeld om de WABO bouwaanvraag te initiëren. Bij de WABO bouwaanvraag is een memo toegevoegd, met een toelichting op de aanvraag Omgevingsvergunning - Activiteit Bouwen (OLO Document naam: 'HHI-1000-HX-7180-0007 Toelichting Aanvraag'). De indiening voor de initiatie van de Wabo bouw aanvraag, via het Omgevingsloket Online (OLO), zal plaatsvinden op 25 april 2022. In verband met de afronding van technische studies, zullen op maandag 15 mei 2022, informatie en documenten aan dit rapport worden toegevoegd, betreffende:

- Ovale muur
- 'Uitkijk' platform, geïntegreerd in de ovale muur
- Loopbrug van het Controlegebouw (= Central Control Room (CCR)) toren naar de ovale muur

Deze documenten zijn tevens onderdeel van de initiatie van de Wabo bouw aanvraag.

De documentenlijst (met OLO documentnaam 'HHI-1000-HX-7180-0006 DocLijst'), is een totaal overzicht van alle documenten, die als bijlage aan de WABO bouwaanvraag zijn ingediend.

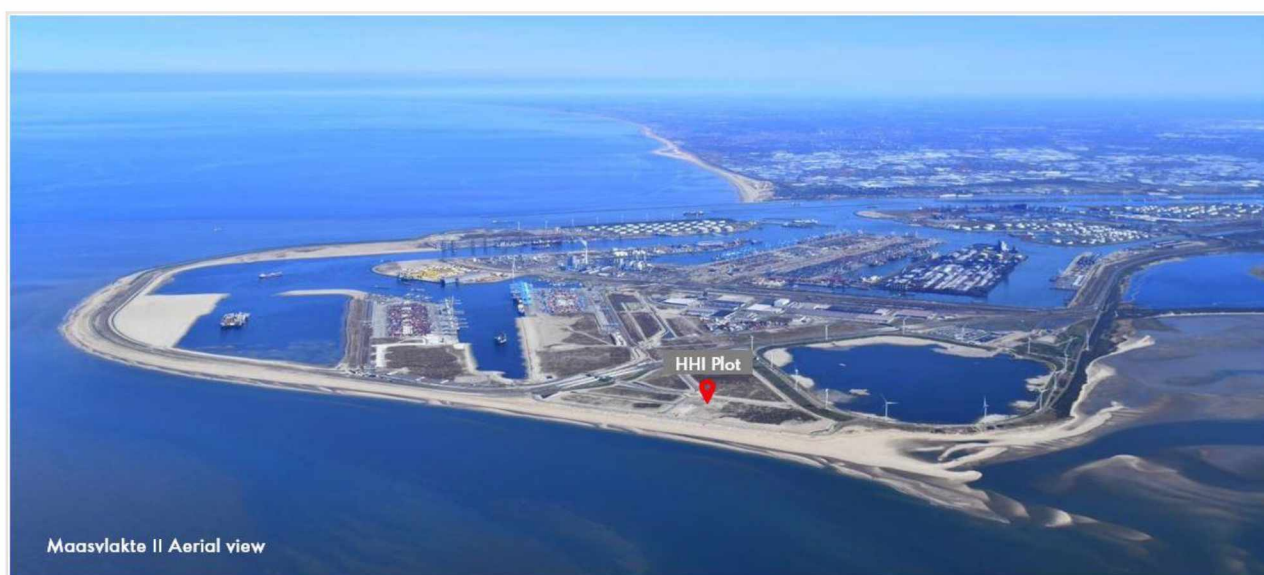
Separaat zal op een later moment, uiterlijk 3 weken voor de start van de constructiewerkzaamheden, de details van de constructieve bescheiden zoals o.a. de berekeningen, staaltekeningen en technische installatie tekeningen, ter goedkeuring worden aangeboden. Deze bescheiden maken geen onderdeel uit van deze rapportage en zullen uit naam van Shell, op een later moment worden ingediend.

2. PROJECTBESCHRIJVING

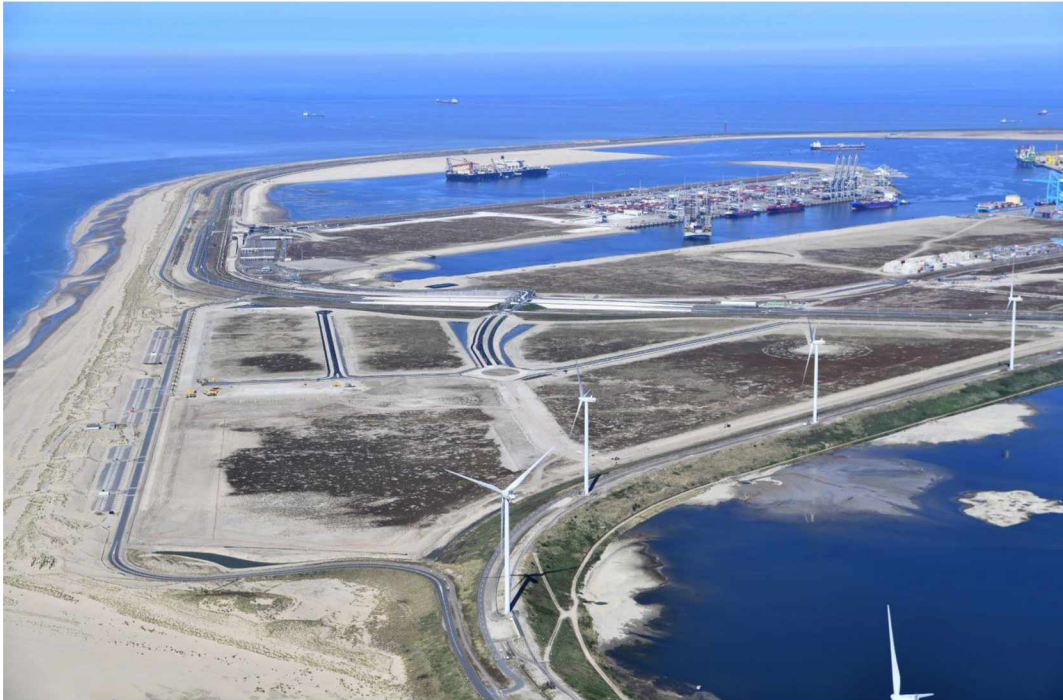
Rotterdam Hydrogen Company B.V. (een dochteronderneming van Royal Dutch Shell, en zodoende verder "Shell" genoemd) is voornemens om op Maasvlakte 2 groene waterstof te gaan produceren middels een elektrolyse-proces in een waterstoffabriek (Projectnaam Holland Hydrogen 1 = HH1). De waterstof wordt in eerste instantie gebruikt om de productie van brandstoffen in de Shell Energy & Chemicals Park Rotterdam (= Shell Nederland Raffinaderij te Pernis) te verduurzamen. In de toekomst komt waterstof mogelijk ook beschikbaar voor inzet als transportbrandstof. De waterstoffabriek, met een vermogen van circa 200 MW, wordt gebouwd op het speciaal hiervoor ingerichte bedrijfsterrein (1 GW 'conversiepark') van het Havenbedrijf Rotterdam.

2.1 Locatie van het Project

De waterstoffabriek wordt gebouwd op de Maasvlakte II, (RD 51.929213, 3.986721) in Rotterdam, als onderdeel van het waterstof conversiepark, ontwikkeld door het Havenbedrijf Rotterdam.



Afbeelding 1. Locatie Shell Holland Hydrogen I project op de Tweede Maasvlakte



Afbeelding 2. Luchtfoto van waterstof conversiepark

Afbeelding 33 hieronder geeft de laatste ontwikkelingen door Havenbedrijf Rotterdam aan. Elke ontwikkelaar (gebied A, B, C of D) heeft een gebied van ongeveer 4 ha, en gebied B is toegewezen aan het HHI project.



Afbeelding 3. Plot overzicht

Tijdens de constructiefase zal gebied D gebruikt worden als tijdelijke bouwplaats, met opslag, kantoren, kantine en parkeerplaatsen.

3. CONSTRUCTIEF ONTWERP

3.1 Architectonisch Ontwerp

Het Havenbedrijf Rotterdam is de autoriteit die de zeehaven van Rotterdam exploiteert, verkent en ontwikkelt. Esthetische kwaliteitsregels zijn van toepassing op nieuwe ontwikkelingen in deze regio. Deze 10 algemene criteria staan vermeld in de brochure "Het oog wil ook wat" van havenbedrijf Rotterdam.

Voor het Maasvlakte 2 gebied zijn de criteria van "Welstandsnota Rotterdam" van toepassing. Dat document onderstreept het belang van ruimtelijke kwaliteit en is een van de instrumenten om die kwaliteit te managen.

Daarnaast heeft de architect in haar ontwerp rekening gehouden met de volgende sociale, milieu- en klant-eisen in het architectonisch ontwerp:

1. Symbool van energietransitie voor Shell, Havenbedrijf Rotterdam en Nederland
2. Dicht bij het openbare strand; aantrekkelijk uiterlijk
3. Een voor zichzelf sprekend huis van waterstof, als groene energiebron
4. Afgestemd op de wijk Maasvlakte 2, inclusief landschap met biodiversiteit
5. Positieve voetafdruk van gebouwen
6. Milieugevoelige materialen vermijden

Architectonische ontwerpen zullen van toepassing zijn voor het Controlegebouw (Central Control Room (CCR), Magazijn&Werkplaats, Electrolyser gebouw, bijgebouw van het electrolyser gebouw (Annex gebouw), demiwater behandelingsinstallatie (=polishing) gebouw en voor de ovale muur rondom de productiefaciliteiten.

Het ontwerp is gepresenteerd aan het Q-team op 31 januari 2022 met positieve reactie van het Q-team. De notulen van het havenbedrijf Rotterdam zijn toegevoegd als bijlage aan de omgevingsvergunning aanvraag onderdeel Bouwen via document naam 'Q-team Shell HollandHydrogen2022-01-31'.

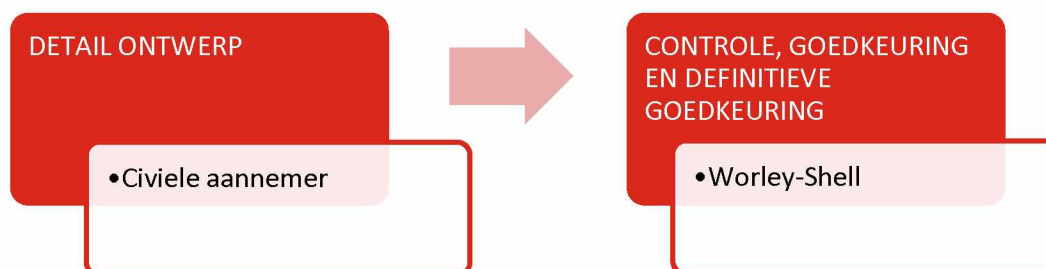
3.2 Controle op het constructief ontwerp

Door diverse constructieve adviesburo's en aannemers worden de constructies verder uitgewerkt. De controle flow wordt hieronder weergegeven.

- Constructie van Controle gebouw, loopbrug en Oval wall



- Constructies van gebouwen en fabrieksonderdelen binnen in de Ovale wand



3.3 Explosie Bestendigheid

Op basis van veiligheidsstudies en de daaruit volgende overdrukcontouren, in het gebied van de compressoren, is explosiebestendigheid vereist voor de volgende gebouwen en constructies:

- Electrolyser gebouw: ondanks dat hier geen personen aanwezig zijn, is het uitgangspunt dat er geen voortschrijdend instorten zal plaatsvinden. *De hoofddraagconstructie wordt volledig explosiebestendig ontwerpen, echter het loslaten van de gevelplaten wordt als risico geaccepteerd. Verder toelichting in hoofdstuk 3.3.1.*
- Annex gebouw: bescherming van mogelijke personen in het gedeelte van de werkplaats.

- Explosiemuur rondom de compressoren: Om personen buiten het terrein te beschermen, en tevens de waterstofexportleiding en het meetstation te beschermen.

Deze gebouwen en structuren zullen dienovereenkomstig worden ontworpen en berekend.

De definitieve constructie ontwerpen zullen gebaseerd worden op het technische veiligheidsrapport, dat explosiebelastingen en impulswaarden bevat, en verband houden met de afstanden tot de explosielocatie.

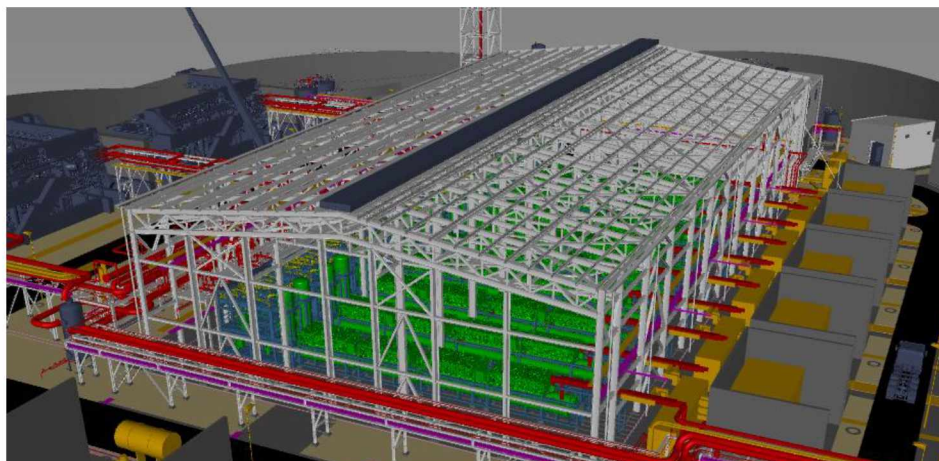
3.4 Omschrijving Gebouwen en Constructies

In het volgende hoofdstuk zijn de belangrijkste eisen aan de constructie beschreven. De volgende gebouwen / bouwwerken komen aan de orde:

- Electrolyser gebouw
- Annex gebouw (bijgebouw van het electrolyser gebouw)
- Magazijn & Werkplaats
- Controlegebouw (Central Control Room (CCR))
- Luchtkoelers constructie
- Leidingbruggen
- Zuurstof- en waterstofventilatie constructies
- Transformatoren 380 kV, substations, elektrische filters & statcom
- Demiwater gebied
- Ovale muur (rondom de productie faciliteiten)
- Loopbrug van het controlegebouw naar de ovale muur, inclusief uitkijkplatform
- Compressoren

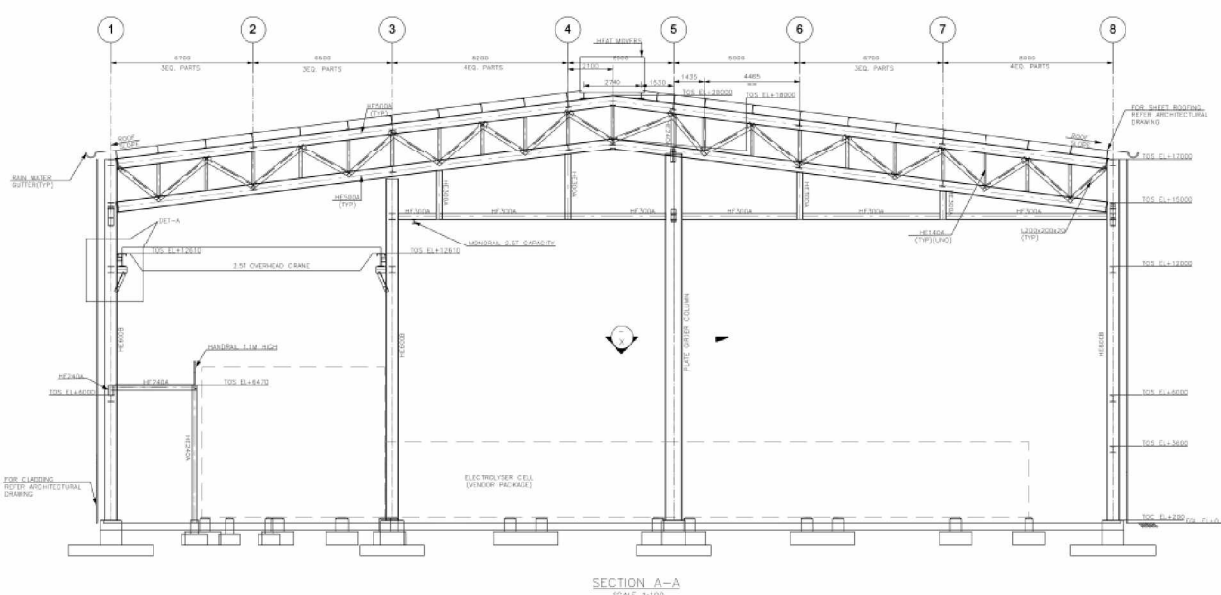
3.4.1 Electrolyser Gebouw

Het electrolyser gebouw is een staalconstructie met afmetingen van 47 meter bij 87 meter en ongeveer 17 meter hoog. De funderingen zijn losse poeren op staal. Een 3D weergave is hieronder aangegeven.

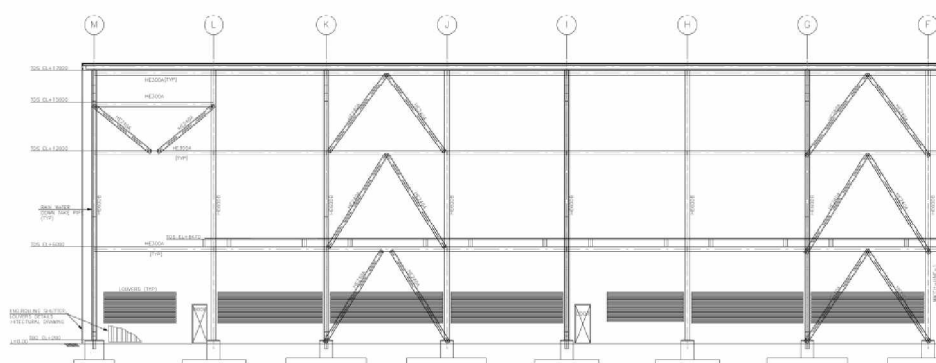


Afbeelding 4. Electrolyser gebouw 3D-weergave

Een doorsnede van een van de belangrijkste secties van de staalconstructie:



Afbeelding 5. Electrolyser gebouw staalconstructie, vooraanzicht



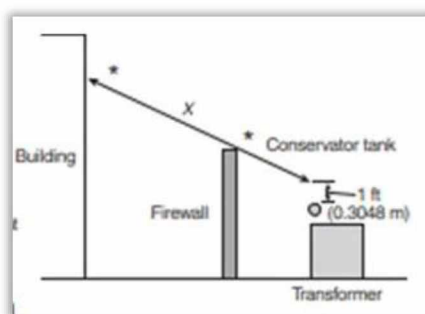
Afbeelding 6. Electrolyser gebouw staalconstructie, zij-aanzicht

De volgende eisen zijn meegenomen in het ontwerp:

- De **fundering** van het electrolyser gebouw is ontworpen op basis van de door de electrolyser leverancier verstrekte gegevens met betrekking tot electrolyser modules, gelijkrichtercontainers en elektrolyser transformatoren.
- **Hijs- en kraanvoorzieningen** in de electrolyser celruimte zijn opgezet in samenwerking met de electrolyser leverancier en Shell. Met als resultaat een monorail systeem boven de electrolyser modules en een bovenloopkraan van 20 ton capaciteit boven de proces installatie.
- **Ventilatie in het elektrolyser gebouw:** Natuurlijke ventilatie is vereiste volgens de electrolyser leverancier om de explosieve zone te vermijden.
 - Op basis van deze eisen is voorzien in natuurlijke ventilatie met wand- en dakvoorzieningen in de elektrolyser ruimte. Het Computational Fluid Dynamics (CFD) model voor luchtcirculatie in het electrolyser gebouw zal in de volgende projectfase worden bijgewerkt voor een gedetailleerd ontwerp van de gebouwventilatie.
- **Brandveiligheid en brandwerendheid van gebouwen:** leidend voor alle gebouwen is de nieuwste versie van het Bouwbesluit. De elektrolyser celruimte (>2500 m²) is ontworpen als één brandcompartiment vanwege de lage brandbelasting in de ruimte.

Het electrolyser gebouw heeft een brandcompartiment met een oppervlakte van 4.190 m² en is daarmee groter dan de grenswaarde van 2.500 m² die Bouwbesluit 2012 in de prestatie-eis stelt. Gezien het gebruik van het gebouw is een bouwkundige indeling in brandcompartimenten niet mogelijk. Daarom is gebruik gemaakt van artikel 1.3 van Bouwbesluit 2012, waarmee er een gelegenheid is om door middel van een gelijkwaardige oplossing aan te tonen dat er sprake is van een zelfde mate van veiligheid als bedoeld in artikel 2.83 van Bouwbesluit 2012. Een middel om deze gelijkwaardigheid aan te tonen is NEN 6060 voor grote brandcompartimenten. Dit is beschreven in de bijlage met documentnaam: 'Brandveiligheidsconcept Electrolyse gebouw'.

- De oostelijke wand van de elektrolyzercel ruimte is niet brandwerend, omdat betonnen transformatorwanden hoog genoeg zijn om bescherming te bieden in geval van transformatorbrand.



Afbeelding 7. Transformator brandmuur

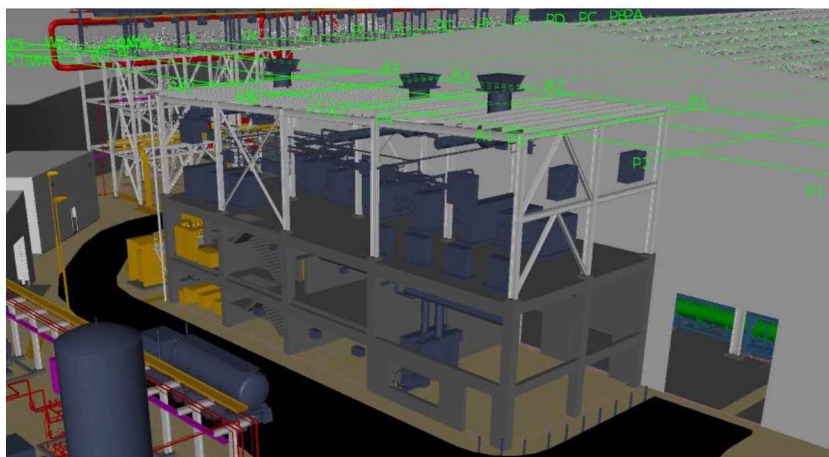
- **Explosiebestendigheid:** In het huidige ontwerp is nog geen rekening gehouden met de explosie-impact. *Het uitgangspunt is dat de gevelplaten bij een bepaalde gereduceerde druk zullen loslaten en dan alleen de hoofdconstructie blijft staan. Deze hoofdconstructie wordt vervolgens berekend op de volledige explosiedruk, maar alleen effectief op de staalprofielen ter*

plaatse van de gevel. Aangenomen wordt dat de dakplaten wel blijven zitten, waardoor de dakplaten en draagconstructie wel ontworpen worden op de maximale explosiedruk.

- **Thermische isolatie** voor de (verwarmde/gekoelde) gebouwen wordt gespecificeerd volgens de minimale eisen van het Bouwbesluit en wordt getoond op de bouwvergunningstekeningen van de architect.
- **Vloer, wanden & dakafwerking:** Het electrolyser gebouw heeft een hellend dak, bestaande uit trapeziumvormige dakplaten met lamellenventilatie boven op de staalconstructiespant (frame), afgewerkt met dakbedekkingslaag. De optie voor zonnepanelen geïntegreerd in het dak, wordt nader onderzocht. De buitenmuren zijn opgebouwd uit metalen platen welke voor 50% gesloten zijn en 50% ventilatieroosters.

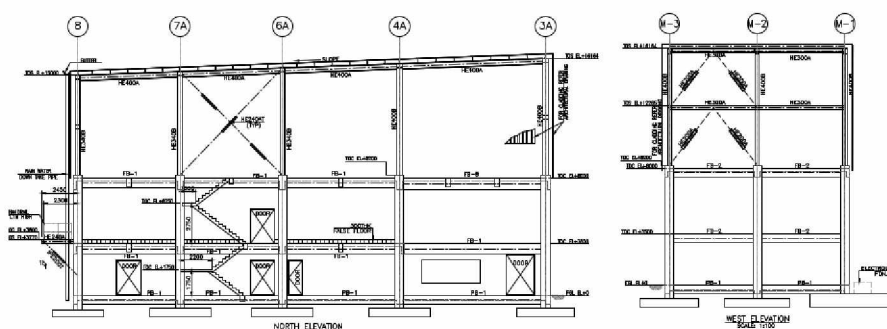
3.4.2 Annex Gebouw

Het Annex gebouw is een gesloten gebouw gelegen naast het elektrolyser gebouw met afmetingen van 32 bij 12 meter, en een hoogte van 16 meter. De fundering is op staal, de eerste twee verdiepingen van het gebouw zijn betonnen constructies, maar de bovenste verdieping voor het ventilatiesysteem is opgebouwd uit een staalconstructie.



Afbeelding 8. Annex gebouw structuur 3D-modelweergave

Een weergave van een van de belangrijkste secties van de staalconstructie:



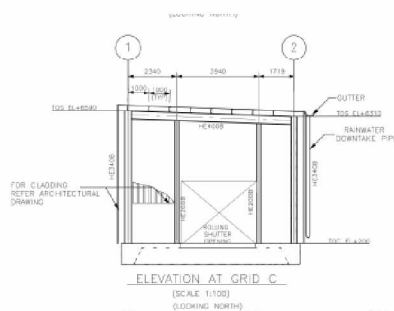
Afbeelding 9. Annex gebouw, voor- en zijaanzicht

De volgende eisen zijn meegenomen in het ontwerp:

- **Fundering** en gebouw zijn gebaseerd op de verstrekte apparatuur gegevens van de leverancier.
- **Hijs- en kraanvoorzieningen.** Er is een hijsbalk op de derde verdieping van het gebouw, deze heeft een capaciteit van 2 ton en is verlengd met 2 meter buiten het gebouw. De hijsbalk bevindt zich in het noorden van het gebouw.
- **Gebouw brandveiligheid en brandwerendheid:** Compartimenten en brandwerendheden in het Annex gebouw worden uitgevoerd zoals aangegeven op de specifieke bouwvergunningstekening.
 1. Voor de muur tussen Annex en Cell-room: 90 minuten (WBDBO). Dit geldt ook voor deuren en installatiedoорvoeren in deze wand.

- ### 3.4.3 Magazijn & Werkplaats

Een weergave van een van de belangrijkste secties van de staalconstructie:



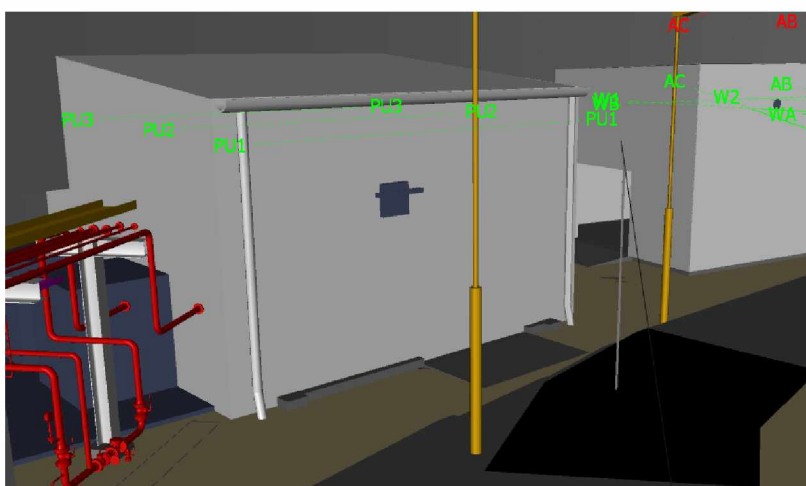
Document No HHI-1000-CX-3323-0001

De volgende eisen zijn meegenomen in het ontwerp:

- **Explosiebestendig.** Het magazijn en de werkplaats liggen buiten de explosie contour, waardoor er geen explosiebelasting overwogen wordt in het ontwerp.
- **Thermische isolatie.** De (verwarmde/gekoelde) gebouwen worden gespecificeerd volgens de minimale eisen van het Bouwbesluit en dit wordt getoond op de bouwvergunningstekeningen (door architect).
- **Vloerafwerking.** Architect werkte dit uit in een gebouwtekening met plattegrond, doorsneden en gevels. De vloeren zijn gevlinderde betonvloeren incl. kwartsverharder. Dak: trapeziumvormige staalplaat, isolatie en afgewerkt met dakbedekking. Buitenmuren zijn opgebouwd uit geïsoleerde, stalen gevel platen.

3.4.4 Waterbehandelingsinstallatie Gebouw

Het waterbehandelingsinstallatie gebouw is dicht bij het magazijn & werkplaats gebouw gesitueerd. De dimensies, indeling en architectonische eigenschappen zijn in lijn met de uitgangspunten van het Warehouse (zie paragraaf 3.3.3).



Afbeelding 12. Waterbehandelingsinstallatie

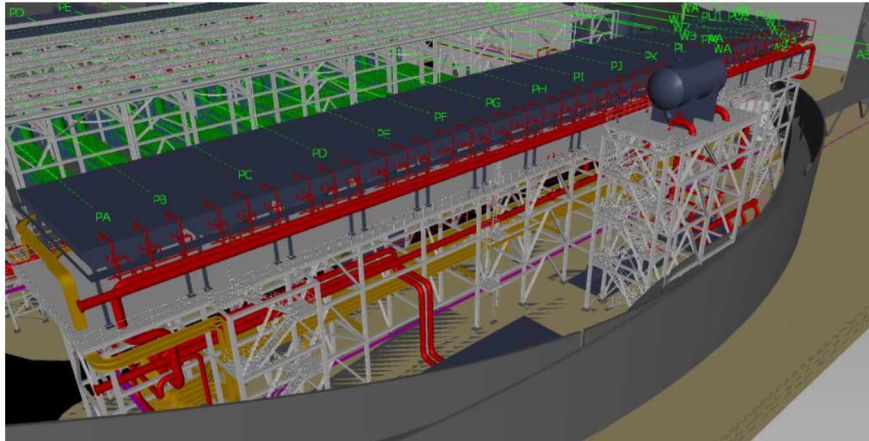
3.4.5 Controlegebouw

Het controlegebouw (Central Control Room (CCR)) staat buiten de ovale muur. In het controlegebouw bevinden zich de controlekamer (CCR) voor de waterstoffabriek en de verblijfsruimten voor personeel, zoals kantoorruimte, vergader- en presentatieruimten voor eventuele bezoekers van de waterstoffabriek. Voor de bezoekers zal een bezoekersprocedure van toepassing zijn. Verder bevinden zich in het controlegebouw een instrumentatieruimte en een elektrische ruimte. Het constructief ontwerp voor het controlegebouw is ontwikkeld door Arup. Alle documenten en tekeningen gelinkt aan het controlegebouw zijn toegevoegd als bijlage aan de WABO bouwaanvraag, en weergegeven in de documenten lijst met als OLO documentnaam: 'HHI-1000-HX-7180-0006 DocLijst'.

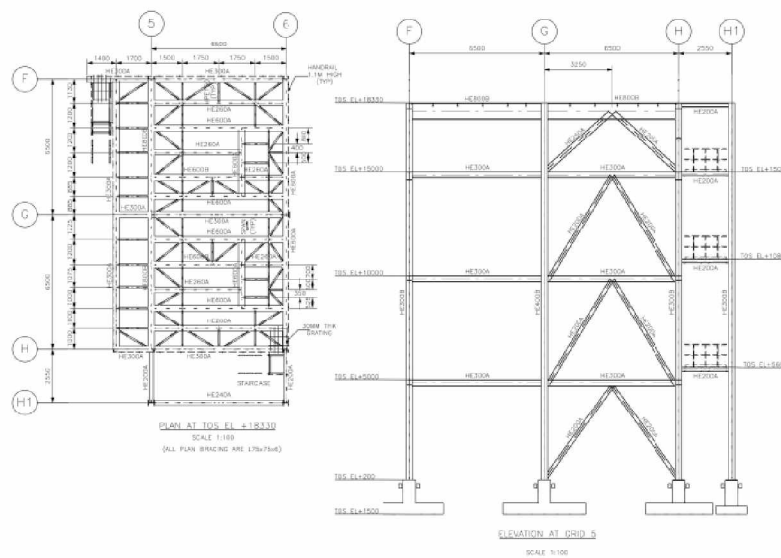
Noot: de toegepaste houttypen, verbindingen en duurzaamheid wordt in het UGP van ARUP behandeld.

3.4.6 Luchtkoelers Constructie

De luchtkoelers staalconstructie is ongeveer 20 meter hoog, met afmetingen van 90 meter bij 15 meter. De constructie ondersteunt de koelerbanken op hoogte. De hoogte van de structuur is bepaald op basis van de ventilatieberekeningen van de hele installatie.



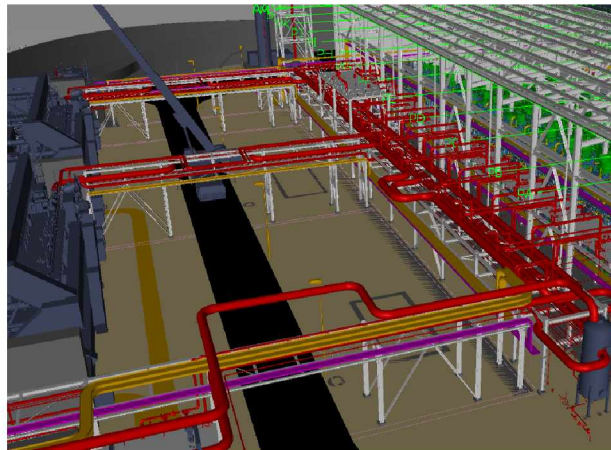
Afbeelding 13. Luchtkoeler constructie 3D-modelweergave



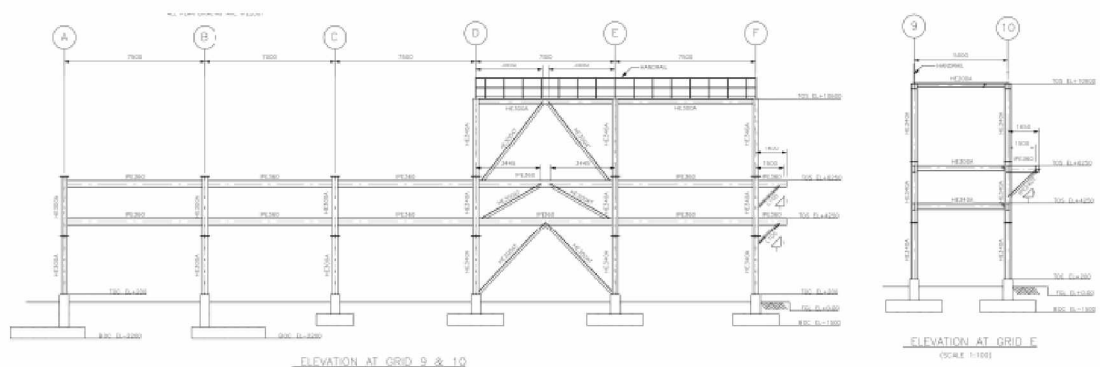
Afbeelding 14. Luchtkoeler constructie, zijaanzicht & plattegrond

3.4.7 Leidingbruggen

Er zijn enkele leidingbruggen op de locatie, welke modulair zijn ontworpen om de constructie te vereenvoudigen en te versnellen. Deze leidingbruggen worden compleet met leidingwerk getransporteerd en op de locatie geïnstalleerd. De fundering bestaand uit poeren op staal.



Afbeelding 15. Staalconstructie leidingbruggen, 3D-modelweergave



Afbeelding 16: Staalconstructie leidingbruggen, doorsnede en zij aanzicht

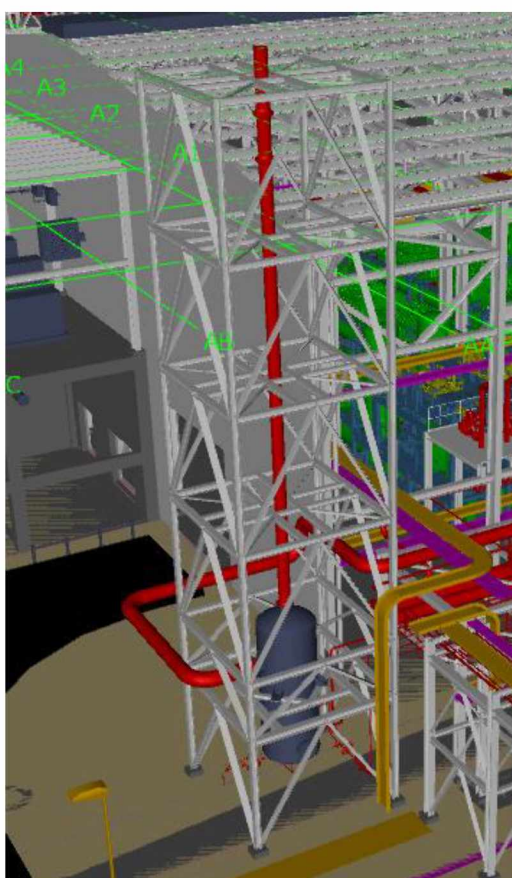
3.4.8 Zuurstof- en Waterstofventilatie Constructies

Zuurstofventilatie constructie

Tijdens het electrolyseproces wordt gedemineraliseerd water elektrochemisch gesplitst in waterstof en zuurstof. De zuurstof wordt naar de lucht geëmitteerd via het zuurstofventilatiepunt

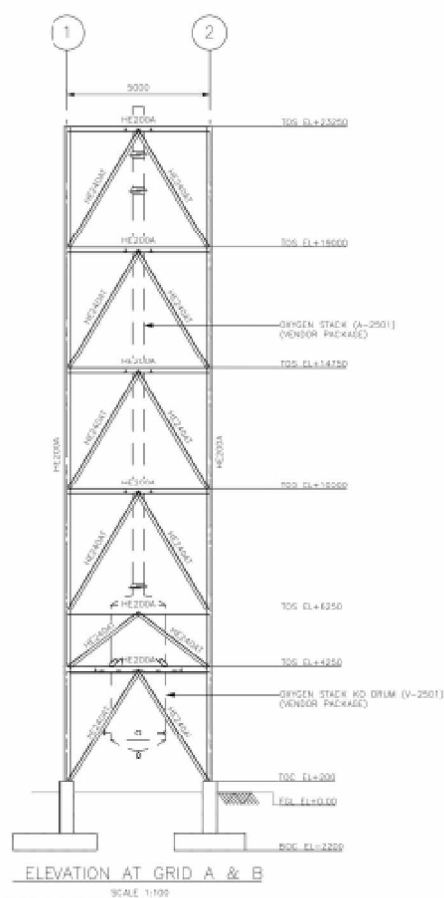
In het basisonwerp wordt de zuurstof geventileerd naar de buitenlucht. Mogelijk wordt op een later moment, de zuurstof gecomprimeerd voor bijvoorbeeld industriële toepassingen. Hiervoor worden reeds voorbereidingen getroffen in het huidige ontwerp.

Het zuurstof ventilatiepunt is volledig van staal gemaakt en heeft een basis van 5 bij 5 meter met een hoogte van 23,5m. De fundering bestaat uit een poeren op staal.



Afbeelding 17.

Zuurstofventilatie - 3D modelweergave



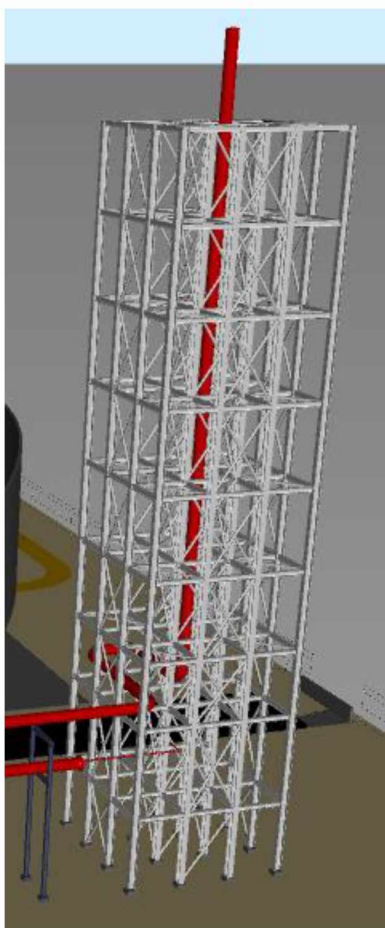
Afbeelding 18.

Zuurstofventilatie constructie – Zijaanzicht

Waterstofventilatie constructie

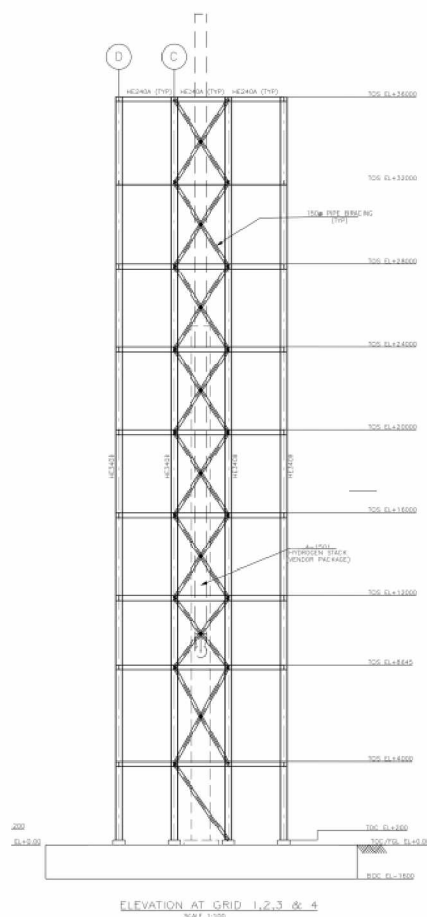
Voor het drukvrij maken van de installatie, bij bijvoorbeeld de opstart of het stil leggen van de installatie wordt er discontinu waterstof afgeblazen via het waterstofventilatiepunt. De waterstofproductie is gelinkt aan de elektriciteitsproductie van het windpark Hollandse Kust Noord. Om deze reden is het mogelijk, als onderdeel van de normale bedrijfsvoering, dat een deel van de elektrolysermodules niet continu in bedrijf staat. Bij het in- en/of uitschakelen van een of meerdere elektrolysermodules, zal de waterstof tijdelijk worden afgeblazen via het waterstofventilatiepunt. Een (lage) stikstofstroom vormt een barrière tegen zuurstofintrek in de ventilatieleiding. Daarnaast worden tijdens onvoorziene omstandigheden de elektrolyser, zuiveringsinstallatie, en waterstofcompressor vanwege veiligheidsredenen drukvrij gemaakt door waterstof met een stikstofstroom te ventileren naar de buitenlucht.

Het waterstofventilatiepunt is volledig van staal gemaakt en heeft een basis van 8 bij 8 meter en een hoogte van 35m. De fundering bestaat uit een poeren op staal. De Hydrogenstack wordt gebruikt om in geval van calamiteiten het waterstofsysteem van druk te kunnen halen op een veilige hoogte.



Afbeelding 19.

**Waterstofventilatie constructie 3D
modelweergave**

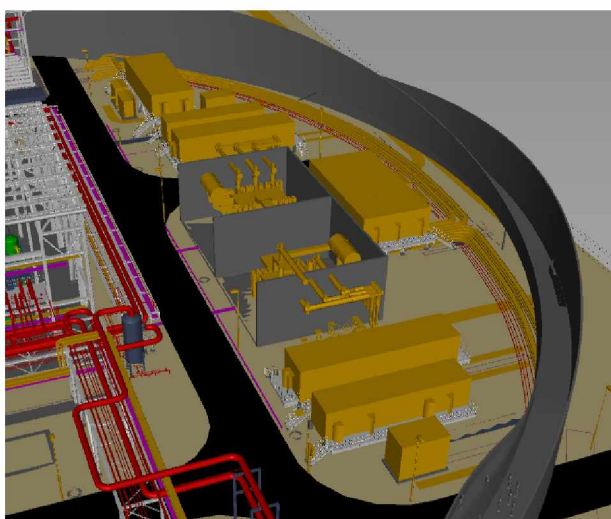


Afbeelding 20.

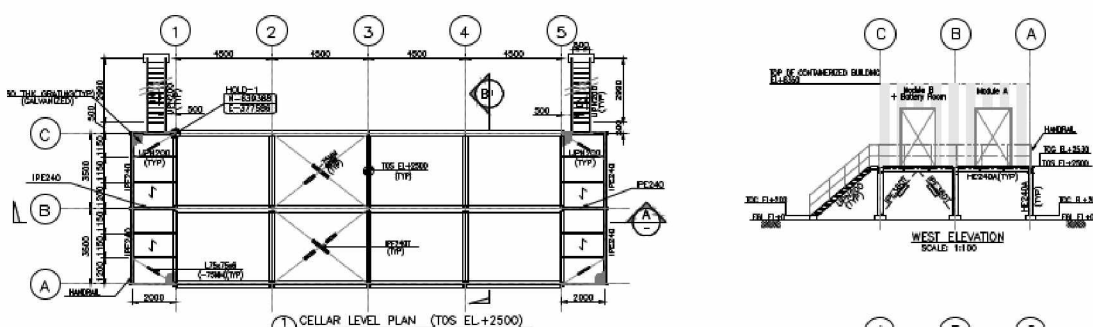
Waterstofventilatie Zijaanzicht

3.4.9 Transformatoren 380 kV, Substations, Filters, Statcom

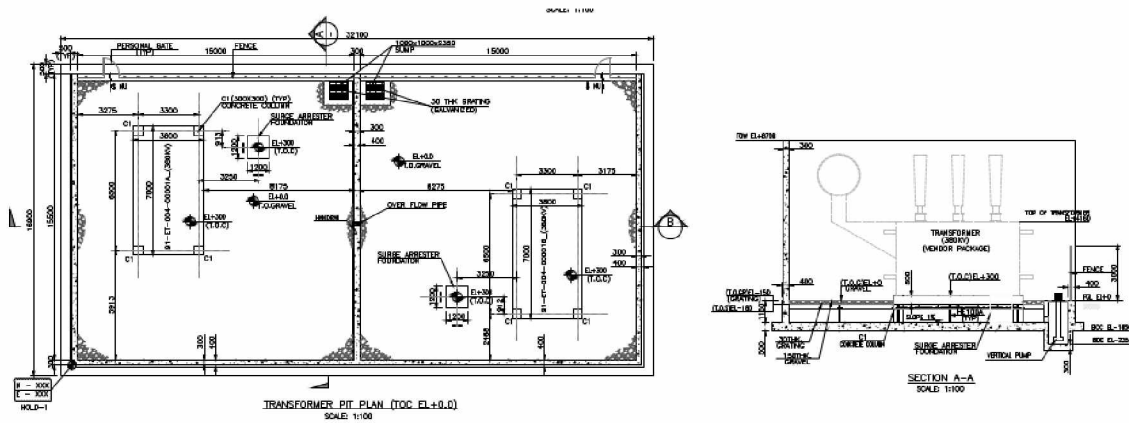
In het gebied van de elektrische voeding zijn de 380kV transformatoren, twee onderstations, de harmonische en de statcom-filterkasten geplaatst. De 380kV transformatoren, worden op een funderingsvloer op staal gebouwd, inclusief 3-zijdige brandmuren om bij calamiteit brandoverslag te voorkomen. De onderstations, harmonische en statcom filters worden allemaal als container gebouwd ontworpen en prefab gebouwd, om vervolgens op funderingspoeren op staal geïnstalleerd te worden. De substations worden op een verhoogde staalconstructie van circa 2 meter geplaatst om van onderaf kabels te kunnen invoeren.



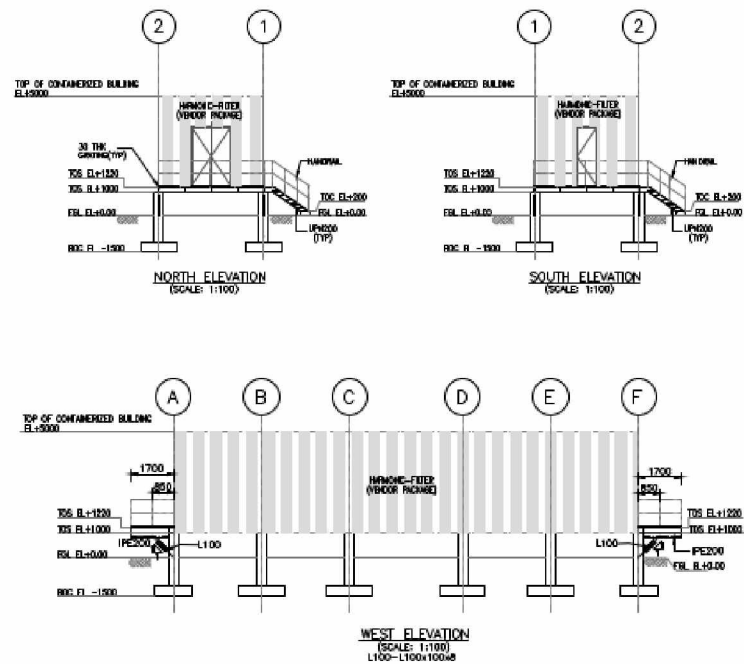
Afbeelding 21. 3D weergave van de 380kV transformatoren, substations, elektrische filters & statcom



Afbeelding 22. Substations: plattegrond en doorsnede



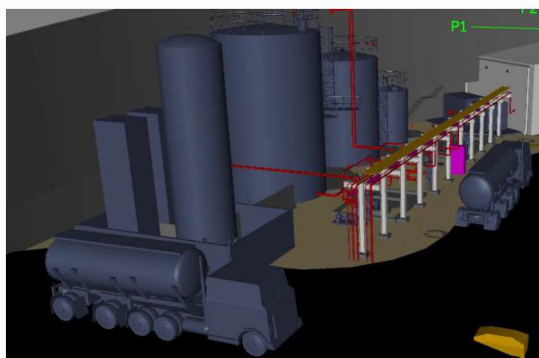
Afbeelding 23: 380kV Transformatoren: plattegrond en doorsnede



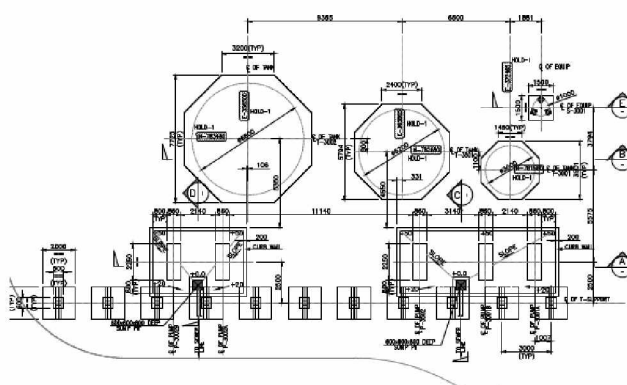
Afbeelding 24: Harmonische filter: doorsnede

3.4.10 Demi Water Gebied

Het demi watergebied wordt gevormd door enige tanks, pompen en leidingondersteuning. Deze worden allemaal op betonplaten op staal gefundeerd.



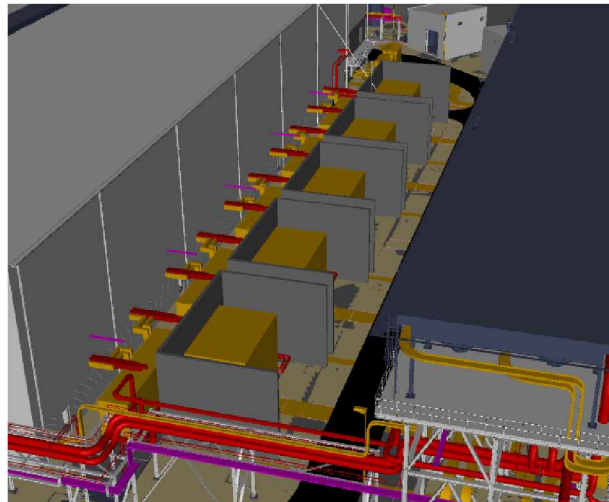
Afbeelding 25. Demiwater gebied tank funderingen



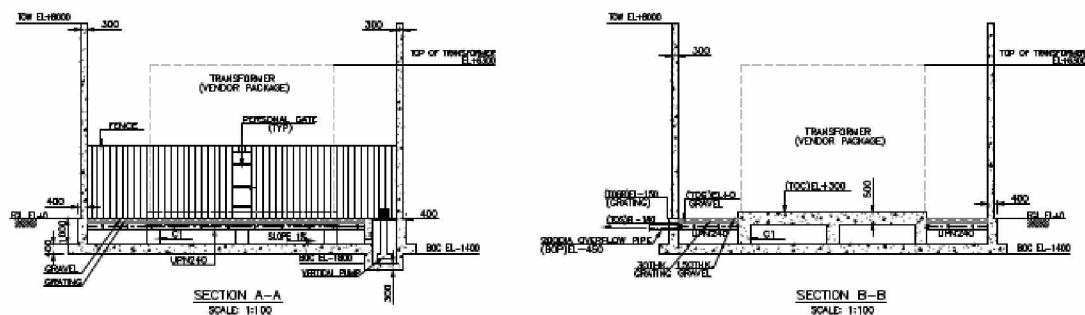
Afbeelding 26. Demiwater funderingen plattegrond

3.4.11 Transformatoren & Gelijkrichters

Naast het electrolyser gebouw komen enkele transformatoren en gelijkrichters voor de voeding van de electrolyserinstallatie. De gelijkrichters komen op eenvoudige betonpoeren op staal te staan, terwijl de transformatoren voorzien worden van een 3-zijdige brandmuur. De hoogte van de betonnen wanden wordt gedefinieerd om brand in het naastgelegen electrolysergebouw te voorkomen.

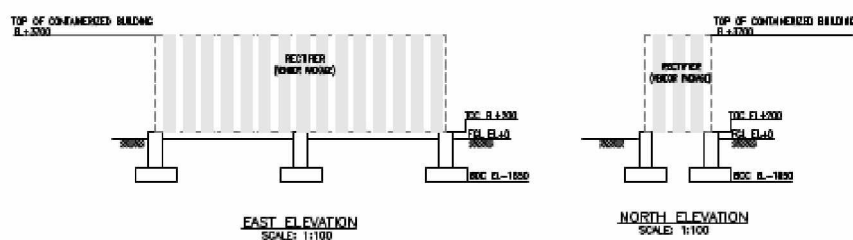


Afbeelding 27. Transformatoren & gelijkrichters, 3D modelweergave



Afbeelding 28. Transformatoren doorsnede

De gelijkrichters worden geleverd als prefab containereenheden op betonpoeren.



Afbeelding 29. Gelijkrichters doorsnede

3.4.12 Ovale Muur

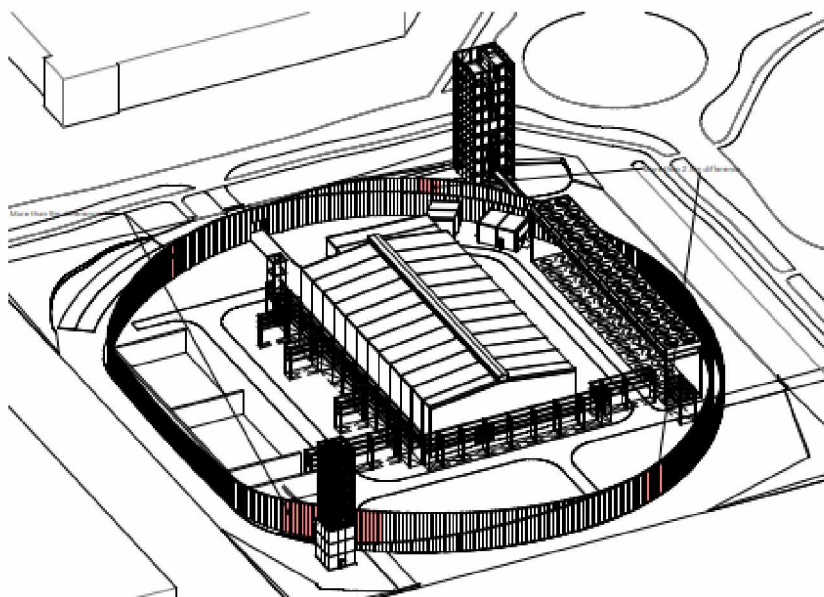
De waterstoffabriek zal worden omgeven door een ovale muur, die in de eerste plaats een architectonische functie zal hebben. Buiten de ovale muur zal het terrein ook omgeven worden door een afscheiding van natuurlijk materiaal (bij de erfafscheiding), die de toegang tot het terrein voor onbevoegden zal belemmeren.

Binnen de ovale muur staan de installaties van het waterstof productieproces. De ovale muur heeft een aantal functies:

- Scheiding & fysieke barrière van het productieproces en de groene infrastructuur.
- Reflecteert architectuur energie transitie.
- Tegenhouden / reduceren van overlast door zand en wind binnen de ring.

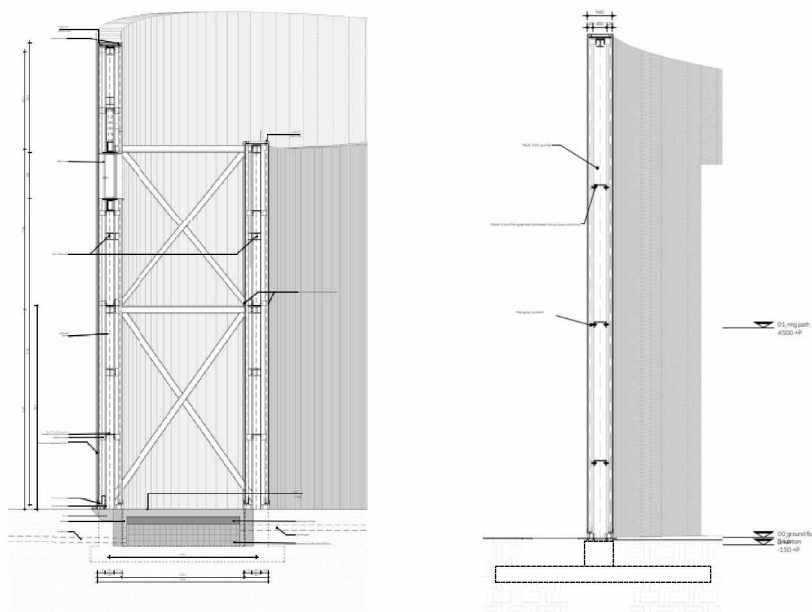
De wand bestaat uit 2 ontwerpen die in elkaar overlopen. Het deel met dubbele wanden is opgebouwd uit 2 wanden, waarvan de binnenste wand bestaat uit strekmetaal en is voor 80% open. De buitenwand is een gesloten wand. Deze wanden staan op een gezamenlijke funderingsplaat.

De deel met een enkele wand bestaat uit enkel strekmateriaal en is voor 80% open. Het materiaal wordt bevestigd aan vrijstaande kolommen, op een ongeveer even grote funderingsplaat als voor dubbele wand.



Afbeelding 30. Ovale Wand Ontwerp

In onderstaande afbeelding is een algemene doorsnede gegeven.

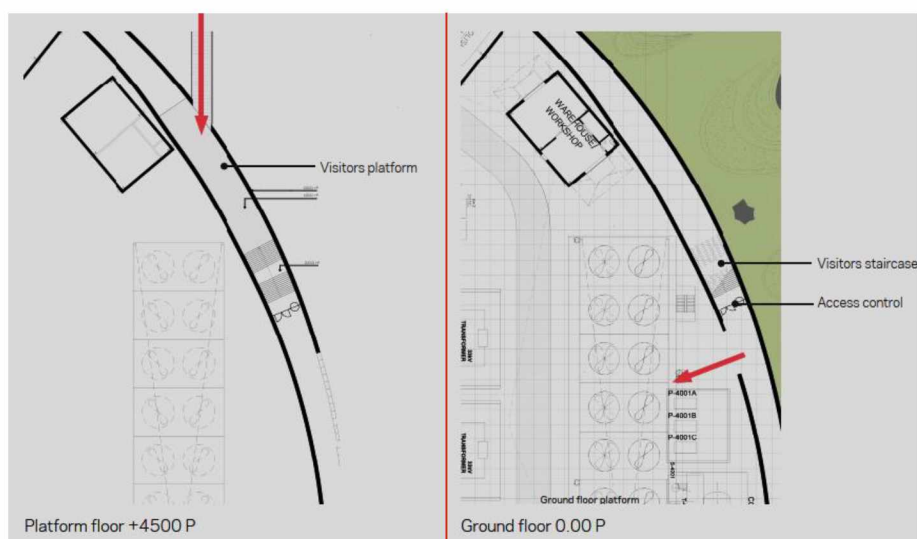


Afbeelding 31. Algemene doorsnede dubbele wand en enkele

3.4.13 'uitkijk' platform

Een loopbrug verbindt het controlegebouw met de ovale muur. Een uitkijkplatform wordt geïntegreerd op de ovale muur. Via het uitkijkplatform is het mogelijk om de waterstoffabriek installaties en gebouwen te zien.

Bij het uitkijkplatform, wordt tevens een trap voorzien, voor toegang en vluchten naar begane grond niveau.



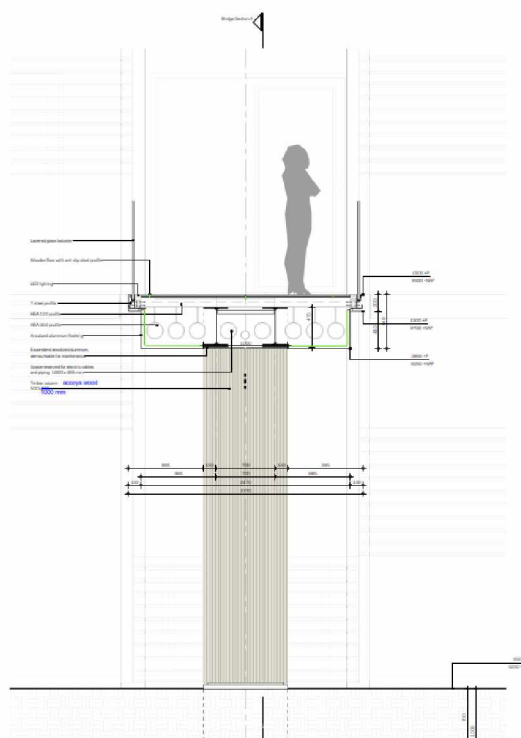
Afbeelding 32. Uitzijkplatform

3.4.14 Loopbrug

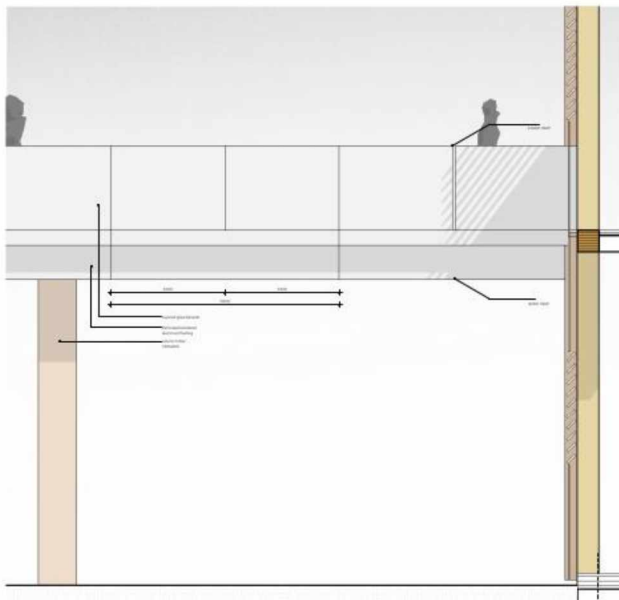
Een loopbrug tussen de Centrale Controle Kamer (CCR) en de Ovale muur zal de verbinding vormen en toegang geven vanuit de CCR naar het Uitkijkplatform (zie hoofdstuk 3.3.13). Daarnaast zal deze brug kabels en leidingen ondersteunen tussen de Ovale muur en de CCR. *Voor verdere details zie het UGP rapport van IMd.*



Afbeelding 33. Loopbrug Aanzicht



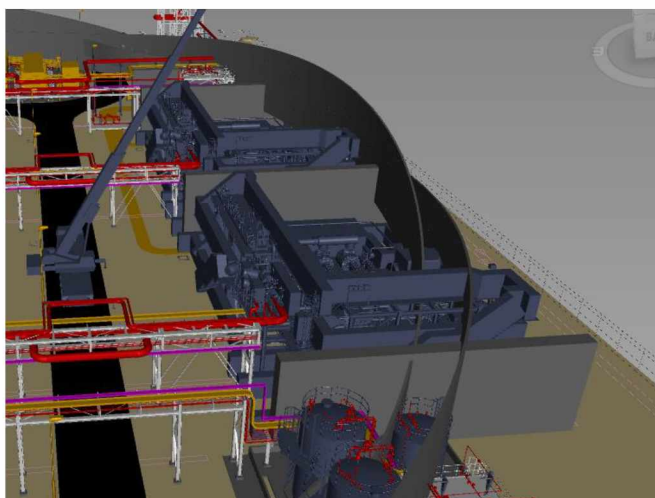
Afbeelding 34. Loopbrug doorsnede



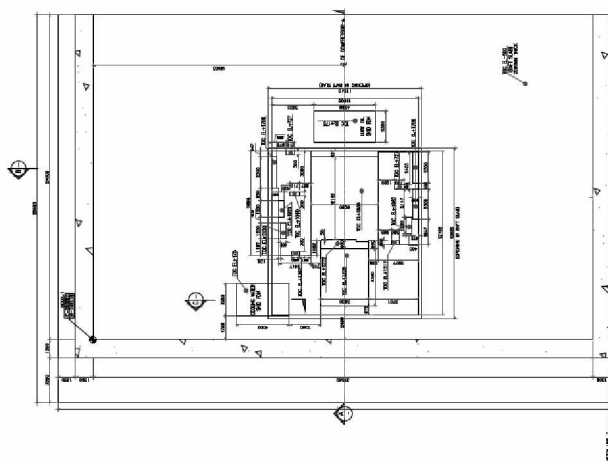
Afbeelding 35. Loopbrug langsdoorsnede

3.4.15 Compressoren

De compressoren worden op een groot betonblok op staal gefundeerd. Om trillingen te beheersen zal de grond op diepte worden verdichten via vibroflotation. Rondom de compressoren wordt een explosiewand geplaatst om de explosiebelasting te geleiden, en de *explosiedruk buiten het terrein beperkt te houden. Deze explosiewand wordt met een dynamisch rekenmodel ontworpen. De prestatiecriteria zijn zodanig gedefinieerd, dat er schade 'mag' ontstaan aan de wand (reparaties of vervanging), maar dat er geen sprake zal zijn instabiliteit, en de functie van bescherming van omgeving buiten het terrein intact blijft.*



Afbeelding 36. 3D modelweergave compressoren en explosiewand



Afbeelding 37. Fundering compressoren en explosiewand

4. PRINCIPLES OF DESIGN

4.1 Ontwerp Levensduur

De constructies moeten worden ontworpen voor een economische en operationele levensduur van 26 jaar die is afgestemd op het Crosswind – Hollandse Kust Noord project als belangrijkste leverancier van de groene elektrische stroom.

Echter, conform de NEN-EN-1990 is de minimale ontwerp levensduur voor constructies in gevolgklasse CC2 en CC3 50 jaar. Dit is daarmee maatgevend.

4.2 Gevolgklasse

De constructies, gebouwen en funderingsplaten moet voldoen aan de basiseisen volgens de NEN-EN 1990 (Eurocode 0 met Nationale Bijlage) – 'Principes voor het constructief ontwerp'. De bouwcategorieën zijn volgens de tabel NB.2-A1.1 uit NEN-EN 1990 als volgt bepaald:

Gevolg klasse CC2 *	NEN-EN 1990 art. B3.1
Betrouwbaarheidsklasse RC2	NEN-EN 1990 art. B3.2(2)
Levensduurklasse 3	NEN-EN 1990 art. A1.1(1)

Ontwerplevensduur $t = 50$ jaar (gebouwen en andere gewone structuren)

*Volgens de bijlage in NEN-EN 1990 moeten de constructies ontworpen zijn in CC3 (Gevolgklasse 3). Deze hoogste veiligheidsklasse is van toepassing omdat voor dit project een omgevingsvergunning nodig is.

Er is echter een risicoanalyse gemaakt van toepasselijke projectitems om een klasse CC2 toe te passen. Deze is in de vergunningsaanvraag opgenomen ter goedkeuring.

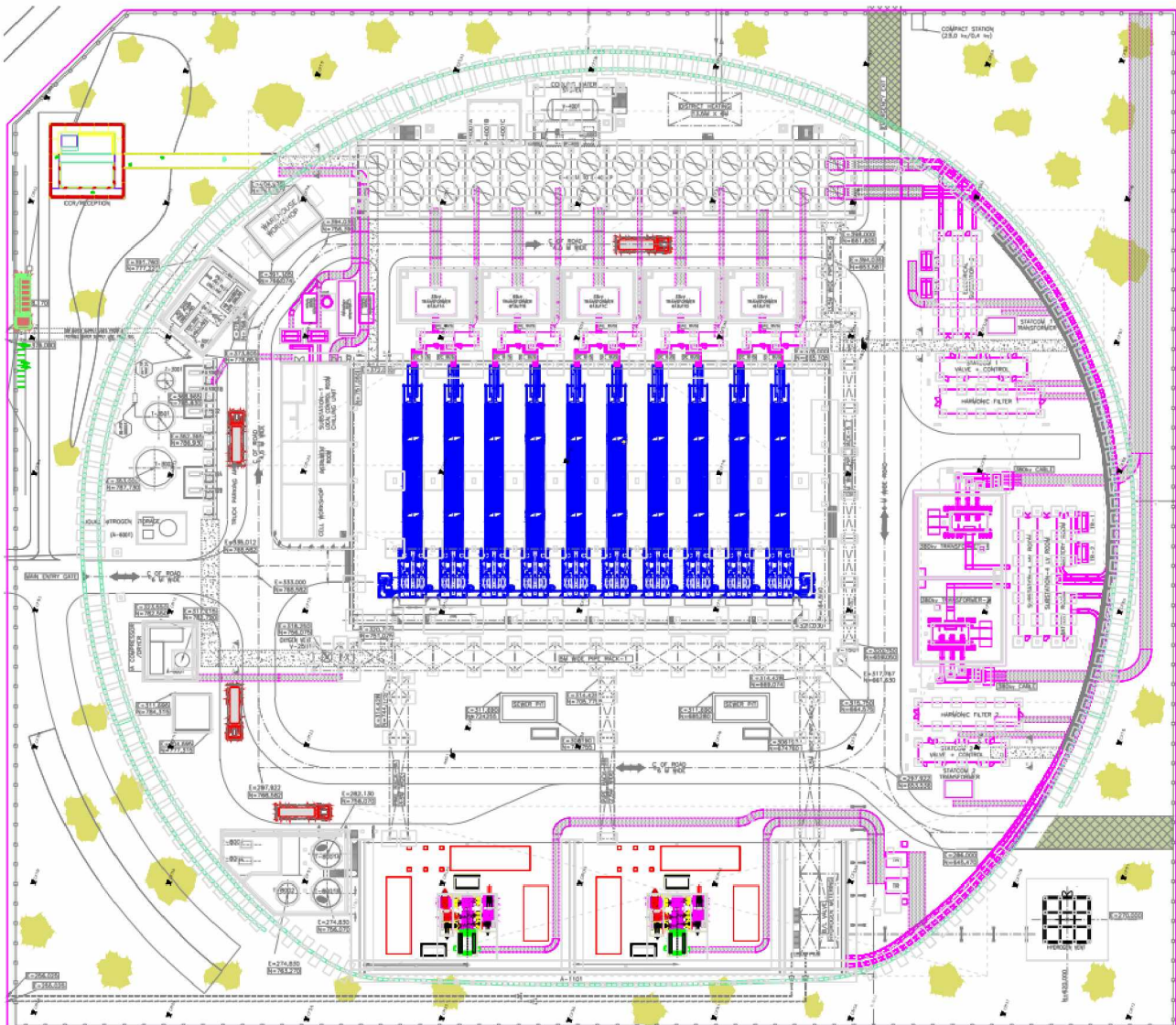
4.3 Geotechnisch uitgangspunt

4.3.1 Grondonderzoek

Een eerste bodemonderzoek voor het Maasvlakte 2-gebied is in 2017 uitgevoerd door Fugro Geoservices in opdracht van Havenbedrijf Rotterdam. De resultaten van dit onderzoek met CPT-testen zijn verzameld in het bodemonderzoeksrapport met Fugro doc.no. 1317-0411-000 V1.0 met datum 1-12-2017.

Slechts 4 CPT-tests van dit onderzoek bevinden zich in het gebied perceel A-D.

In juni 2021 heeft Shell aan Fugro Geoservices B.V. gevraagd om aanvullende geotechnische bodemonderzoeks- en adviesdiensten met betrekking tot perceel B op Maasvlakte 2, op basis van het meest recente projectontwerp met verwachte funderingsbelastingen. In de zomer van 2021 heeft Fugro 72 CPT-tests en 2 boorgaten in een grit uitgevoerd zoals te zien is in de afbeelding hieronder.



Abbeelding 38. Grondonderzoek uitgevoerd in 2021

In het Fugro rapport met document nummer HHI-1000-CG-6968-0003 (04 nov 2021) worden de resultaten van het locatieonderzoek en laboratoriumtesten 2021 gegeven, inclusief adviezen over de toepassing van funderingen op staal.

De voorlopige funderingsontwerpen als onderdeel van deze projectfase zijn gebaseerd op dit rapport. De bodem wordt gekenmerkt door een dichte zandlaag over de eerste 2-3 meter. Daarom is in dit stadium, en op basis van de Fugro-adviezen, voorzien dat in het geval van funderingen op staal en is geen diepe bodemverbetering nodig.

Alleen voor de compressoren en funderingen wordt een diepe bodemverdichting geadviseerd om extra zettingen, veroorzaakt door compressortrillingen, te minimaliseren.

Diepe bodemverdichting van de grond kan worden bereikt door het uitvoeren van Vibroflotatie. Fugro heeft een projectspecificatie voor vibroflotatie activiteiten voor het compressorgebied ingediend (Fugro document nummer 1021-193656-M03 (gedateerd 12-11-2021)).

4.3.2 Bodemniveau en Grondwaterstand

Het Fugro locatieonderzoek in 2017 toont het volgende aan:

- Het maaiveld is ongeveer 5,4 m +NAP.
- De grondwaterstand werd verondersteld op 1,6 m +NAP te liggen.

Beide niveaus zijn gecontroleerd en gemeten in het kader van het bodemonderzoek in 2021.

Deze onderzoeken hebben geresulteerd in nieuwe, adequatere informatie:

- Het maaiveld is gemiddeld 5,3 m +NAP.
- De maximale grondwaterstand is vastgesteld op +4,0 m +NAP (datum 06-09-2021).
Voor het ontwerp van fundering en grondconstructies wordt echter 4,5m+NAP aangehouden.

Op basis van het grote verschil tussen de resultaten van de locatieonderzoeken in 2017 en 2021 is besloten om maandelijks grondwaterpeil monitoring uit te voeren door Fugro. Het maximale niveau van +4,0 +NAP wordt gebruikt voor deze projectfase.

5. ONTWERP BELASTINGEN

5.1 ALGEMEEN

Ontwerpbelastingen voor nieuwe constructies moeten in overeenstemming zijn met NEN EN 1990 + NA, NEN EN 1991- serie.

Belasting typen die in dit project kunnen voorkomen:

A. (Quasi) Permanente belastingen (G)

- Constructie eigen gewicht, automatisch berekend (GSW)
- Constructie aanvullend eigen gewicht (GDL)
- Leeg permanent gewicht leidingen en equipment (GEM)
- Operationeel gewicht leidingen en equipment (GOP)
- Test gewicht leidingen en equipment (GTE)
- Thermische belastingen
- Opwaartse kracht grondwater en hydrostatische drukken (GBH)
- Gronddruk (GEP)

B. Variabele opgelegde belastingen (Q)

- Veranderlijke vloerbelasting (QFL)
- Veranderlijke dakbelasting (QRL)
- Windbelastingen (QWL)
- Sneeuwbelastingen & Waterbelastingen (QSN)
- Operationeel gewicht leidingen en equipment (QOP)
- Onderhoud belastingen (QML)
- Bundeltrek belastingen (QBP)
- Kraan- en hijs belasting (QCH)
- Verkeersbelastingen (QTL)
- Leiding Anker- en geleidingsbelastingen (QPA)
- Wrijvingsbelastingen (QPF)
- Dynamische belastingen van roterende equipment (QDY)

- Explosie en inslag belasting (ABL)

5.2 (QUASI) PERMANENTE BELASTING

5.2.1 Constructie eigen gewicht en aanvullend eigen gewicht

5.2.1.1 Constructie eigen gewicht

Constructie eigen gewicht is het gewicht van materialen die de constructie, het gebouw en fundering vormen. Deze wordt doorgaans automatisch door rekenmodel meegenomen.

5.2.1.2 Aanvullend eigen gewicht

Hieronder vallen alle permanent bevestigde elementen (bijv. verlichting, instrumentatie, HVAC, sprinkler- en sproeiersystemen, brandwerendheid en isolatie, enz.). Behalve het lege gewicht van procesapparatuur, vaten, tanks, leidingen en kabelgoten.

5.2.2 Leeg permanent gewicht leidingen en equipment

Lege leidingbelasting wordt beschouwd als 50% van de bedrijfsbelasting wanneer er geen betere informatie beschikbaar is. Lege belasting van de kabelgoot wordt beschouwd als 10% van de totale kabelgootbelasting.

5.2.3 Test gewicht leidingen en equipment

Test gewicht voor procesapparatuur (roterend en statisch) (inclusief leidingen, tanks, kabelgoten en vaten) is het leeggewicht van de apparatuur plus het gewicht van het testmedium in het systeem. Tenzij de reinigingsbelasting van toepassing is (wanneer de reinigingsvloeistof zwaarder is dan het testmedium), moet voor het testmedium een soortelijk gewicht van 10 kN/m³ worden gebruikt.

Test dead loads van apparatuur en leidingen moeten gebaseerd zijn op gegevens die door andere disciplines en/of gegevens van fabrikanten/leveranciers zijn verstrekt.

Gelijktijdige tests van apparatuur en leidingen moeten worden overwogen, indien van toepassing. Als meer dan één apparaat door één constructie wordt ondersteund, hoeft de constructie alleen te worden ontworpen op basis van het feit dat één apparaat op elk moment wordt getest en dat de andere leeg of nog in bedrijf zijn.

5.3 VARIABELE BELASTING

Variabele belastingen zijn opgelegde belastingen.

5.3.1 Opgelegde belastingen & opgelegde belastingen

Voor constructies (met uitzondering van pijpenrekken) mogen de bedrijfsbelastingen op vloeren, platforms enz. niet lager zijn dan de in de onderstaande tabel vermelde verdeelde en puntbelastingen.

Beschrijving	q_k (kN/m ²)	Q_k^1 (kN)
Werkbordessen	5.0	5.0
Kleine bordessen, loopbruggen en vloeren die alleen voor toegang worden gebruikt	2.0	5.0
Fabrieksvloer, zwaar	10.0	10.0
Fabrieksvloer, normaal	7,5	7,5
Daken zonder toegang	1.0	2.0
Daken met toegang	2.0	2.0
Onderstation	10.0	
Kantoorgebouwen	3.0	

Tabel 1. Opgelegde belastingen

5.3.2 Wind belastingen

De algemene eisen zijn opgenomen in de Europese norm EN 1991-1-4 + nationale bijlage. Er moet ook rekening worden gehouden met lokale eisen en specifieke omstandigheden op de locatie:

- Maasvlakte II, (Windgebied II), (Terrein categorie 0)
- Basis windsnelheid ($v_{b,0}$): 27m/s

De resulterende pieksnelheidsdruk $q_p(z)$ is weergegeven in de onderstaande tabel

Omdat de locatie dicht bij open zee gelegen is, wordt voor alle constructies het “Kust” gebied aangehouden als windbelasting.

Tabel NB.4 (informatief) — Extreme stuwdruk in kN/m ² als functie van de hoogte								
Hoogte m	Gebied I			Gebied II			Gebied III	
	kust	onbe- bouwd	be- bouwd	kust	onbe- bouwd	be- bouwd	onbe- bouwd	be- bouwd
1	0,93	0,71	0,69	0,78	0,60	0,58	0,49	0,48
2	1,11	0,71	0,69	0,93	0,60	0,58	0,49	0,48
3	1,22	0,71	0,69	1,02	0,60	0,58	0,49	0,48
4	1,30	0,71	0,69	1,09	0,60	0,58	0,49	0,48
5	1,37	0,78	0,69	1,14	0,66	0,58	0,54	0,48
6	1,42	0,84	0,69	1,19	0,71	0,58	0,58	0,48
7	1,47	0,89	0,69	1,23	0,75	0,58	0,62	0,48
8	1,51	0,94	0,73	1,26	0,79	0,62	0,65	0,51
9	1,55	0,98	0,77	1,29	0,82	0,65	0,68	0,53
10	1,58	1,02	0,81	1,32	0,85	0,68	0,70	0,56
15	1,71	1,16	0,96	1,43	0,98	0,80	0,80	0,66
20	1,80	1,27	1,07	1,51	1,07	0,90	0,88	0,74
25	1,88	1,36	1,16	1,57	1,14	0,97	0,94	0,80
30	1,94	1,43	1,23	1,63	1,20	1,03	0,99	0,85
35	2,00	1,50	1,30	1,67	1,25	1,09	1,03	0,89
40	2,04	1,55	1,35	1,71	1,30	1,13	1,07	0,93
45	2,09	1,60	1,40	1,75	1,34	1,17	1,11	0,97
50	2,12	1,65	1,45	1,78	1,38	1,21	1,14	1,00
55	2,16	1,69	1,49	1,81	1,42	1,25	1,17	1,03
60	2,19	1,73	1,53	1,83	1,45	1,28	1,19	1,05

Tabel 2. Resulterende winddruk

5.3.2.1 Wind op open pijpenbruggen

Het totale geprojecteerde oppervlak dat voor leidingen aan de wind wordt blootgesteld, wordt als volgt bepaald:

Pijprekken < 4,0 m breed: $q_w = 0,7 \times (2 \frac{1}{3} D) \times q_p$

Pijprekken > 4,0 m breed: $q_w = 0,7 \times (3 D) \times q_p$

Waarbij D = Maximale buitendiameter inclusief isolatie

5.3.3 Sneeuw belasting

De algemene eisen zijn opgenomen in de Europese norm EN 1991-1-3+ nationale bijlage.

De basis sneeuwbelasting op gesloten constructies zonder randeffecten is $s_k = 0.7 \text{ kN/m}^2$

5.3.4 Operationeel gewicht leidingen en equipment (Qop).

Operationele belasting voor procesapparatuur (roterend en statisch) (inclusief leidingen, tanks, kabelgoten en vaten) is het maximale gewicht van de inhoud (vloeistof/ vaste ladingen inclusief katalysator) tijdens normaal bedrijf. De bedrijfsbelasting van apparatuur en leidingen moet gebaseerd zijn op gegevens die door andere disciplines en/of gegevens van fabrikanten/leveranciers zijn verstrekt.

Voor het voorlopige ontwerp van pijpenbruggen is het een goede gewoonte om een gelijkmatig verdeelde belasting te gebruiken.

5.3.5 Tijdelijke onderhoudsbelastingen

De minimale veranderlijke belasting voor onderhoudswerkzaamheden moeten worden beoordeeld op hun geschiktheid in gebieden waar kranen, steigers en tijdelijke opslag van materialen zal plaats vinden tijdens periodieke en incidentele onderhoudswerkzaamheden. Gebieden van daken en vloeren waar apparaten opgesteld worden (d.w.z. HVAC, enz.) moeten worden ontworpen om belastingen te omvatten die tijdens onderhoud kunnen worden geproduceerd (d.w.z. door werknemers, apparatuur, materialen, etc.).

5.3.5.1 Kraan en hijsbelastingen (indien van toepassing)

Kraan- en hijsbelastingen moeten het maximale hijsvermogen (operationele capaciteit en testlastniveau) omvatten; de maximale horizontale belastingen veroorzaakt door wind- en zijdelingse beweging (remmen of accelereren) en het eigen gewicht van de hijs- en hefinrichting. Voor het ontwerp van elk constructie-element moet rekening worden gehouden met de meest ongunstige positie van de kraan of andere bewegende lasten.

Ontwerp van kraanbanen en hijsbalken conform NEN-EN-1991-3 en NEN-EN-1993-6

Verticale versnellingsbelastingen, zijdelingse krachten en horizontale langskrachten van rijdende kranen en takels moeten ten minste in overeenstemming zijn met tabel 4-1. Impactbelastingen worden beschouwd als een variabele belasting, zoals onder spanning bij de selectie van belasting factoren, veiligheidsfactoren en belasting reductiefactoren in de toepasselijke belasting combinaties.

	Elektrische bediening	Handbediening
Verticale vergrotings belastingen op elk wiel	25% van de maximale wielbelasting	10% van de maximale wielbelasting
Horizontale dwarskrachten op elke rail	10% van de nominale capaciteit van de kraan en het gewicht van de takel en trolley	5% van de nominale capaciteit van de kraan en het gewicht van de takel en trolley
Horizontale langskrachten langs elke rail	10% van de maximale wiellasten van de kraan	5% van de maximale wiellast van de kraan

Tabel 3. Belastingen door kranen en hijsbalken

De maximale belasting van een hijsvoorziening moet in overeenstemming zijn met de standaard kettingblokken, 5kN, 10kN, 20kN, 30kN, 60kN of 100kN.

5.3.5.2 Verkeersbelasting

Alle constructies opgenomen in de wegen, zoals ondergrondse wegkruisingen voor kabels of leidingen, zullen ontworpen worden op de verkeerklasse conform EN 1991-2.

Overige betonplaten bestrating wat voor zwaar verkeer toegankelijk is, wordt eveneens op dezelfde klasse ontworpen.

Betonplaten welke alleen voor normaal verkeer toegankelijk zijn, worden ontworpen heftruck belasting conform klasse FL3 met dynamische factor 2.0.

5.3.6 Leiding Anker- en geleidingsbelastingen (QPA)

Het gewicht van de leidingen van is al onder de permanente belasting en veranderlijke belasting van leidingen meegenomen. Het effect van thermische uitzetting van leidingen en de daaruit volgende ankerkrachten en geleidingsbelastingen wordt onder QPA meegenomen.

Voor wrijvingskrachten wordt normaal gesproken een wrijvingscoëfficiënt van 0.3 aangehouden. Voor balken met meerdere leidingen, zullen de wrijvingskrachten nooit tegelijkertijd in dezelfde richting werken, en kan gereduceerd worden naar wrijvingsfactor van 0.1.

5.4 BUITENGEWONE BELASTINGEN

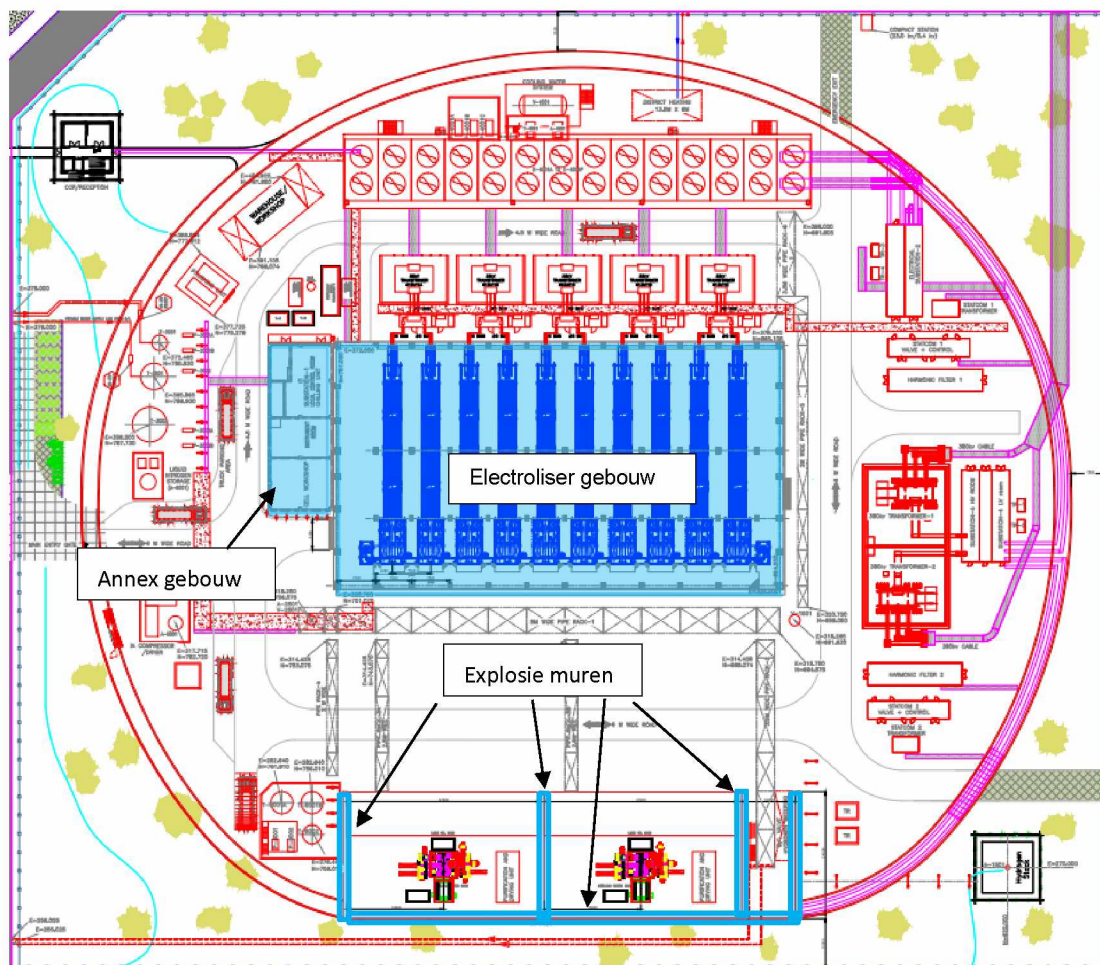
5.4.1 Explosie belasting

Vanuit het compressorgebied kan mogelijk een explosie ontstaan, waarvoor de omgeving beschermd moet worden. Hiervoor is de explosiewand opgenomen in het bouwplan. Deze wand wordt ontworpen op de explosiebelasting welke bepaald is door middel van een CFD model van mogelijke scenario's. Op dit moment zijn de resultaten en druk/impuls gegevens uit deze CFD berekening nog voorlopig.

De explosiebelasting wordt toegepast op de volgende gebouwen:

- Electrolyser gebouw: ondanks dat hier geen personen aanwezig zijn, is het uitgangspunt dat er geen voortschrijdend instorten zal plaatsvinden. *De hoofddraagconstructie wordt volledig explosiebestendig ontwerpen, echter het loslaten van de gevelplaten wordt als risico geaccepteerd. Verder toelichting in hoofdstuk 3.3.1.*
- Annex gebouw: bescherming van mogelijke personen in het gedeelte van de werkplaats.
- Explosiemuur rondom de compressoren: Om personen buiten het terrein te beschermen, en tevens de waterstofexportleiding en het meetstation te beschermen.

Voor locatie van de gebouwen, zie afbeelding 39.



Afbeelding 39. Locatie van de met explosie belast gebouwen

5.4.2 Aardbevingsbelasting

Conform het Bouwbesluit is Eurocode 8 niet van toepassing voor deze regio. Hierdoor is er geen rekening gehouden met aardbeving.

5.5 BELASTINGFACTOREN EN COMBINATIES

5.5.1 Belastingfactoren

De volgende belastingfactoren worden toegepast op de belastingen in Uiterste Grens Toestand:

Belasting	γ
(Quasi) Permanente belasting (G) – <u>ongunstig</u> (Alleen met bijbehorende variabele acties) (NEN-EN 1990 Tabel NA1.2(B)vergelijking 6.10a)	1.35
(Quasi) Permanente belasting (G) – <u>ongunstig</u> (Met leidende en bijbehorende variabele acties) (NEN-EN 1990 Tabel NA1.2(B)vergelijking 6.10b)	1.20
(Quasi) Permanente belasting (G) – <u>gunstig</u>	0.90
Variabele belasting (Q)	1.50

Tabel 4. Partiële belastingsfactoren voor fundamentele ULS-combinaties

Voor Bruikbaarheid Grens Toestand en de Buitengewone Grens Toestand zijn alle belastingfactoren op 1.00 gesteld.

5.5.2 Belastingcombinaties

Belasting		ψ_0	ψ_1	ψ_2	Operationeel	Leeg	Test	Onderhoud	Buitengewoon	Transport	Aanbouw
(Quasi) Permanente belastingen (G)	Constructie eigen gewicht en aanvullende belastingen (GSW/GDL)				X	X	X	X	X	X	X
	Empty dead loads (GEM)					X		X		X	X
	Operationeel belasting (GOP)				X				X		
	Test belasting (GTE)						X				
	Thermische belastingen (GPA/GPF/GAM)				X						
	Opwaartse waterdruk en hydrostatische drukken (GBH)				X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾		X ¹⁾
	Gronddruk (GEP)				X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾		X ¹⁾
	Opgelegde vervorming (GDI)				X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾		
Variabele belastingen (Q)	Veranderlijke belasting (QFL/QRL) ⁵⁾⁶⁾	0.7	0.5	0.3	X				X ⁴⁾		
	Wind belasting (QWL)	0	0.2	0	X	X	X ²⁾³⁾	X ²⁾³⁾	X	X ⁷⁾	X ²⁾³⁾
	Sneeuw belasting & Waterbelasting (QSN)	0	0.2	0	X						X
	Onderhoudsbelasting (QML)	1.0	0.9	0.8				X			
	Verkeersbelasting (QTL)	0.7	0.5	0.3	X						
	Transport belasting (QET)	1.0	0.9	0.8						X	X
	Dynamische belasting uit equipment (QDY)	1.0	0.9	0.8	X		X ⁷⁾				
Buitengewone belastingen	Blast & impact loads (ABL)						X				

Tabel 5. Belastingscombinaties



NOTE 1: Alleen in geval van ongunstige situatie

NOTE 2: Windbelastingen die op tijdelijke steigers werken, wordt meegenomen

NOTE 3: De windbelasting wordt verminderd door rekening te houden met een waarschijnlijkheidsfactor
(voor een referentieperiode van respectievelijk 1 jaar: $c_{prob2} = 0,52$ en 10 jaar: $c_{prob2} = 0,80$)

NOTE 4: Gebruik een reductiefactor (meestal nul) voor het deel van de aanwezige veranderlijke belasting

NOTE 5: Voor opslagruimten geldt: $\psi_0 = 1,0$, $\psi_0 = 0,9$, $\psi_0 = 0,8$ (categorie E)

NOTE 6: Voor daken geldt: $\psi_0 = 0,0$, $\psi_0 = 0,0$, $\psi_0 = 0,0$ (categorie H)

NOTE 7: Alleen als de constructie roterend equipment ondersteunt die tijdens het testen in bedrijf zal zijn

6. ONTWERP CRITERIA

6.1 FUNDATIE ONTWERP

6.1.1 Fundering op Palen

Niet van toepassing.

6.1.2 Fundering op Staal

In principe worden alle funderingen voor dit project op staal gefundeerd, zonder grootschalige grondverbetering. Mogelijk is lokaal grondverbetering noodzakelijk.

Eisen aan funderingen op staal:

- Aanlegdiepte van funderingen is minimaal onder de vorstgrens, welke voor dit gebied vastgesteld is op 85cm onder maaiveld.
- Voor funderingen met horizontale belastingen wordt geen gebruik gemaakt van passieve gronddruk, maar dient de afschuif-capaciteit volledig op wrijving bepaald te worden. Dit i.v.m. mogelijke toekomstige ontgravingen voor kabels en leidingen.
- Stabiliteit en draagkracht wordt gecontroleerd conform NEN-9997, waarbij excentriciteiten op het grondvlak groter dan $1/3B$ vermeden worden.
- Maximaal toelaatbare zettingen van funderingen op staal is 25mm.

6.2 Beton Ontwerp

Betonconstructies worden volgende de volgende specificaties ontworpen:

Materiaalfactoren

Conform NEN-EN1992-1-1, inclusief NB:

$\gamma_c = 1,5$ (voor beton)

$\gamma_s = 1,15$ (voor betonstaal)

Voor uitzonderlijke belastingen (explosie):

$\gamma_c = 1,2$ (voor beton)

$\gamma_s = 1,0$ (voor betonstaal)

Constructieklasse: S3

6.2.1 Betonkwaliteit

Element	Milieuklasse	Sterkte klasse	Maximum Scheurwijdte (w)	Minimum dekking (c)
Werkvloeren	X0	C16/20	N/A	N/A
Heipalen met permanente stalen buis	XC2, XD2, XA2	C30/37	0.2mm	50mm
Heipalen zonder permanente stalen buis	XC2	C30/37	N/A	30mm
Funderingen onder maaiveld	XC2, XD2, XA2, XF1	C30/37	0.2mm	50mm
Funderingen boven maaiveld	XC4, XD2, XS1, XA2, XF1	C30/37	0.2mm	50mm
Betonconstructies in open lucht.	XC4, XD2, XS1, XA2, XF1	C30/37	0.2mm	50mm
Vloeistofdichte putten en bassins & Verladingsplaten	XC2, XD2, XA2, XF1	C30/37	Conform CUR 65 en NEN-EN 1992-3	50mm
Prefab funderingspoeren	XC2, XD2, XA2, XF1	C45/55	0.2mm	50mm

Tabel 6. Betonsterkte, Milieuklasse, Max. scheurwijdte en dekking

Noot: Voor alle betonnen elementen boven het maaiveld, is milieuklasse XS1 toegevoegd, ivm cloriden uit zeelucht.

In de volgende tabel worden de verschillende vloeistofdichte bassins/laadplaten aangegeven:

Element	Liquid tight
KOH tank gebied	X
Compressor gebied	X
Proces riool pompput	X
Transformator gebied	X

Tabel 7. Vloeistofdichte voorzieningen

6.2.2 Vloeistofdicht beton

Vloeistofdichte beton zal ontworpen worden conform NEN-EN 1992-3 en CUR Aanbeveling 65.

6.2.3 Wapening

Als betonwapening zal B500B conform EN 10080 toegepast worden voor normale constructies. Voor constructies ontworpen op explosie zal B500C toegepast worden, voor meer ductiliteit.

6.2.4 Ingestorte voorzieningen

Alle in te storten voorzieningen zullen vervaardigd worden van lasbaar staal S235JR conform EN-10025 en thermische verzinkt worden conform ISO 1461.

6.2.5 Werkvloeren

Ter plaatse van alle in het werk gestorte vloeren zal eerst een 50mm dikke werkvloer aangebracht worden. Afwerking van werkvloeren met houten troffel.

6.2.6 Verankeringen

Ankerverbindingen van staalconstructies aan beton zullen ontworpen worden conform NEN-EN 1992 + NA, NEN-EN 1993 + NA, NEN-EN 1992-4 + NA, Bouwen met staal CUR/BmS rapport 10 – kolomvoetplaatverbindingen.

Ankers worden ontworpen met kwaliteit 4.6 met een minimale diameter van 16mm.

6.3 Staal Ontwerp

6.3.1 Standaards

Staalconstructie worden ontworpen volgens NEN-EN-1993-1-1 + NB en NEN-EN-1993-1-8 + NB. De volgende materiaal factoren worden toegepast:

γ_{M0}	1.0
γ_{M1}	1.0
γ_{M2}	1.25

Tabel 8. Materiaal factoren voor staalconstructies volgens NEN-EN-1993-1-1

γ_{M2}	1.25
γ_{M3}	1.25
$\gamma_{M3, ser}$	1.1
γ_{M4}	1.0
γ_{M5}	1.0

$\gamma_{M6, ser}$	1.0
γ_{M7}	1.1

Tabel 9. Materiaal factoren voor staalverbindingen volgens NEN-EN-1993-1-8

6.3.2 Staal Kwaliteit

	Staal kwaliteit	$t \leq 40\text{mm}$		$40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$	
Alle staal elementen, met uitzondering van buisprofielen	S235JR	235	360	215	360
Buisprofielen	S355JO	355	490	335	470

Tabel 10. Staal Kwaliteit

6.3.3 Roostervloeren

Roostervloeren zullen gemaakt worden stalen persroosters met maximale overspanning van 1200mm. Deze rooster zullen gegalvaniseerd worden conform EN ISO 1461.

6.3.4 Staalprofielen

Voor ontwerp zullen alleen staalprofielen toegepast worden uit de volgende series conform EN-10025, EN-10034 EN-10210 en EN-10219:

- HEA, HEB, HEM profielen
- UNP profielen
- IPE en INP profielen
- Hoekstalen
- CHS Ronde buisprofielen (alleen voor handleuning)
- Stripstraal

6.3.5 Bouten en moeren

Alle bouten en bevestigingsmiddelen uitvoeren in klasse 8.8 met gerolde draad, conform NEN-EN-ISO 4014. Moeren volgens kwaliteit 8.

Als minimum 2 bouten per verbinding toepassen en minimale afmeting M16.

6.3.6 CE Markering en Executie Klasse

CE markering voor staalconstructies is een wettelijke eis sinds 1 juli 2014.

Alle staalconstructies en onderdelen dienen een CE markering met Declaration of Conformity te hebben en voldoen aan de eisen uit NEN EN 1090-1.

Voor uitvoering van staalwerk is conform NEN EN 1090-2, de klasse EXC2 van toepassing op alle trappen, ladders en leuningen.

Voor hoofdstaalconstructies hangt de klasse af van de Service Categorie, Gevolgklasse en Productie Categorie. Voor dit project is geldig SC1 en PC1, en wordt de hoofdstaalconstructie ontworpen in CC2. Dit geeft tezamen een uitvoeringsklasse EXC2 voor de hoofddraagconstructie.

6.3.7 Duurzaamheid

Voor de duurzaamheid van staalconstructies wordt een coating aangebracht volgens categorie C4 conform de ISO-12944.

6.4 TOELAATBARE ZAKKING, VERPLAATSING EN DOORBUIGING

6.4.1 Toelaatbare zakking

De grondopbouw kan ertoe leiden dat er ongelijke zettingen kunnen optreden. Binnen het project zullen alleen ongelijkmatige zettingen van groter van 25mm in rekening worden gebracht in het ontwerp van de constructies, met name in het gebied van de overgangen.

6.4.2 Maximale doorbuiging

De maximaal toelaatbare doorbuiging wordt bepaald conform NEN-EN-1990 NB en Shell DEP 34.00.01.30-Gen en wordt hieronder samengevat.

Element	Max. doorbuiging
Vloer en bordes balken	L/300
Dakbalken en ondersteunende vakwerken	L/250
Balken ter ondersteuning van enkel leidingen	L/300 of max 25 mm
Balken ter ondersteuning van equipment	L/500 of max 25 mm

Tabel 11. Maximaal toelaatbare doorbuiging

NOOT: L = Overspanning van het element, of in geval van een uitkraging: 2x de lengte van uitkraging.

6.4.3 Maximale verplaatsing

De maximale horizontale verplaatsing wordt hieronder samengevat.

Situatie	Verplaatsing
Verplaatsing door wind van een pijpenbrug zonder zijdelingse verbindingen naar andere constructies	H/100
Verplaatsing door wind van proces constructies of bordessen.	H/200
Verplaatsing door wind van gebouwen voorzien van bovenloopkranen	Conform NEN-EN-1993-6
Horizontale verplaatsing van gesloten gebouwen uit meerdere verdiepingen	H/300

Tabel 12. Maximaal toelaatbare horizontale verplaatsing

NOOT: H = Hoogte van een constructieve of vloer

6.5 HOUTONTWERP

De constructies waarin hout als constructief materiaal gebruikt wordt, zijn het Controle gebouw en de Loopbrug. Voor specificaties van de houtconstructie wordt verwezen naar de UGP rapport van ARUP respectievelijk IMd.

7. NORMEN EN SPECIFICATIES

7.1 Eurocodes (incl. Nationale Bijlage)

NEN EN 1990 + NA	Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN EN 1991 + NA	Belastingen op constructies
NEN EN 1992 + NA	Ontwerp van Betonconstructies
NEN EN 1993 + NA	Ontwerp van Staalconstructies
NEN EN 1997 + NA	Geotechnisch ontwerp

7.2 Nationale Normen en specificaties

NEN 9997-1	Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels
NEN 8005	Dutch supplement to NEN-EN 206: Concrete - Specification, performance, production, and conformity
NRB	Nederlandse Richtlijn Bodembescherming
CUR Aanbeveling 36	Ontwerpen van elastisch ondersteunde betonvloeren en verhardingen
CUR Aanbeveling 65	Ontwerp, aanleg en herstel van vloeistofdichte voorzieningen van beton (2e editie)
CUR Aanbeveling 78	Vloeistofdichte voegconstructies in bodembeschermende voorzieningen
CUR Rapport 10	Kolomvoetplaat verbindingen
CUR Rapport 85	Scheurvorming door krimp en temperatuurwisseling in wanden
EN 1991-1-4 + nationale bijlage Wind	

7.3 Internationale Normen en specificaties

ASCE - 41088	Design of Blast-Resistant Gebouws in Petrochemical Facilities
--------------	---