

CUSTOMER NAME: SHELL ROTTERDAM HYDROGEN COMPANY B.V.

Toelichting Gevolgklasse Bepaling



Document No Rev 01: NL8905/G.06/4017
21 Feb 2022

Project Name: Holland Hydrogen I Project

Customer Project No.: NL8905

Customer Document No.: HHI-1000-HX-8380-0003

Worley Nederland B.V.
Wilhelmina van Pruysenweg 2
2595 AN The Hague
The Netherlands
T: +31 (0) 5.1.2.e
Registration number: 24301248

© Copyright Worley Nederland B.V.. The concepts and information contained in this document are the property of Worley. Use or copying of this document in whole or in part without the written permission of Worley constitutes an infringement of copyright. Limitation: This document has been prepared on behalf of, and for the exclusive use of Worley's Customer, and is subject to, and issued in accordance with, the provisions of the contract between Worley and the Customer. Worley accepts no liability or responsibility whatsoever for, or in respect of, any use of, or reliance upon, this document by any third party.

worley.com

Disclaimer

This report has been prepared on behalf of and for the exclusive use of Shell and is subject to and issued in accordance with the agreement between Shell 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 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). In particular, all of the resumes and the information contained therein, must be kept securely, must 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 Work proposed and must be destroyed upon completion of those purposes.

Rev	Date	Description	Made	Checked	Discipline Approved	Project approved
01	21 Feb 2022	AFU	ABG	WARB	WARB	NGD

Customer Project No.:NL8905

Customer Document No.:HHI-1000-HX-8380-0003

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
2. Omschrijving Project en Situatie	5
2.1 Algemeen	5
2.2 Terreinoverzicht en Locatie	5
2.3 Deelprojecten.....	6
2.4 Afkortingen	7
2.5 Referenties	8
3. Beoordeling Gevolgklasse	9
3.1 Onderbouwing Gevolgklasse	9
3.2 Constructies met waterstof-, ammoniak-, olie- en stikstofsyste men.....	12
3.2.1 Elektrolysegebouw met lage druk waterstofsyste men.....	12
3.2.2 Waterstofleidingbrug	13
3.2.3 Ommuring waterstofcompressoren met zuiveringsinstallaties	14
3.2.4 Ommuring meetstation en exportleiding.....	15
3.2.5 Gebouw met ammoniak koelsysteem.....	16
3.2.6 Ommuring transformatoren.....	17
3.2.7 Fundering dieselv at.....	18
3.2.8 Fundering stikstofvat.....	19
3.3 Overzicht Risicoanalyse.....	20
3.3.1 Elektrolysegebouw met lage druk waterstofsyste men.....	21
3.3.2 Constructie waterstofleidingbrug	25
3.3.3 Ommuring waterstofcompressor met zuiveringsinstallaties	29
3.3.4 Ommuring rondom meetstation en exportleiding.....	32
3.3.5 Gebouw met ammoniak koelsysteem.....	36
3.3.6 Ommuring transformatoren.....	38
3.3.7 Fundering dieselv at.....	39
3.3.8 Fundering stikstofvat.....	40
4. Domino-Effecten	42
4.1 Algemeen	42
4.2 Effectberekeningen.....	44
4.3 Evaluatie.....	45
5. Conclusie.....	46

1. Inleiding

Omdat voor het project een vergunning Wabo-bouw vereist is, dient te worden voldaan aan de eisen uit het Bouwbesluit en NEN-EN-1990-NB20191. Deze norm bevat eisen ten aanzien van de constructieve betrouwbaarheid van bouwwerken. Afhankelijk van de gevolgschade van het bezwijken van de constructie dient deze ontworpen te worden volgens een bepaalde Consequence Class (CC, gevolgklasse), variërend van CC1 (geringe of verwaarloosbare gevolgen) tot CC3 (grote gevolgen). Uitgangspunt is dat industriële bouwwerken waarvoor een omgevingsvergunning nodig is, ontworpen dienen te worden volgens CC3.

Reductie van de gevolgklasse is mogelijk in gevallen waarin aannemelijk kan worden gemaakt dat de gevolgschade bij het bezwijken van de constructie overeenkomt met die behorend bij CC2 respectievelijk CC1.

Dit document bevat de motivatie voor de reductie van de gevolgklasse voor het project.

2. Omschrijving Project en Situatie

2.1 Algemeen

Shell Rotterdam Hydrogen Company B.V. (een dochteronderneming van Royal Dutch Shell, en in dit document verder “Shell” genoemd) is voornemens om op Maasvlakte 2, groene waterstof te gaan produceren middels een elektrolyse-proces in een waterstoffabriek. De waterstof wordt in eerste instantie gebruikt om de productie van brandstoffen in de Shell Energy and Chemicals Park Rotterdam (was voorheen Shell Nederland Raffinaderij 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. De start van de productie met een capaciteit van circa 88 ton waterstof per dag is vooralsnog gepland in 2024.

Gezien de aard en omvang van het project wordt er veel belangstelling verwacht. De fabriek zal echter alleen te bezoeken zijn op afspraak en volgens de bezoekersregeling zoals die ook voor het Shell Energy and Chemicals Park Rotterdam geldt.

2.2 Terreinoverzicht en Locatie

Het terrein van het Holland Hydrogen 1 (HH1) project is gelegen op Maasvlakte II (51.929213 NB, 3.986721 OL) in Rotterdam en zal deel uit gaan maken van een waterstof conversiepark dat wordt ontwikkeld door het Havenbedrijf Rotterdam.



Afbeelding 2.2.1 Locatie van het waterstof conversiepark op Maasvlakte II



Afbeelding 2.2.2 Google maps foto met contouren van de HH1 Plant

Ten zuiden van de HH1 Plant ligt grootschalig opslagplaats voor vervuild slib (Slufter) en ten westen ligt het strand met op zo'n 250 m afstand een parkeerplaats voor de strandbezoekers. De route naar het strand zal langs de Slufter lopen. De toekomstige wegen ten oosten en ten zuiden van de HH1 plant zal worden gebruikt voor werkverkeer richting de toekomstige industrie in de omgeving van de HH1 plant.

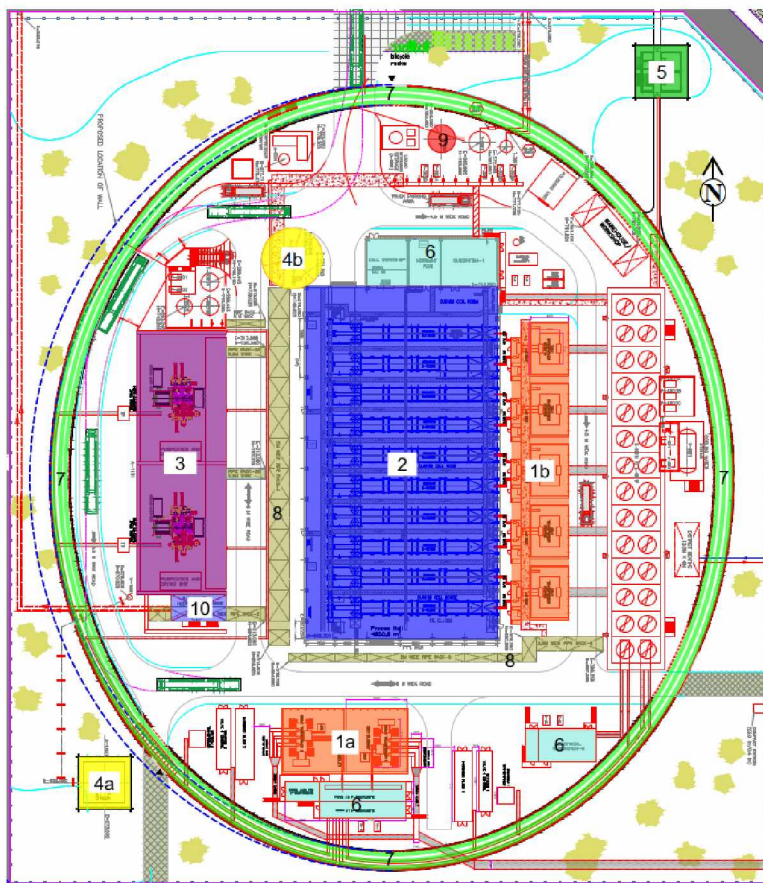
2.3 Deelprojecten

De werkzaamheden zijn in volgende deelprojecten te onderscheiden, die op afbeelding 2.3.1 met verschillende nummers en kleuren zijn gemarkeerd:

- [1] Transformatoren/gelijkrichters, op verschillende locaties, in oranje aangegeven (gebied 1a & 1b);
- [2] Elektrolysegebouw, in blauw aangegeven (gebied 2);
- [3] Waterstofcompressor met waterstofzuiveringsinstallatie voor verwijdering van 'rest' zuurstof & drogen, in paars aangegeven (gebied 3);
- [4] Waterstof vent-stack (4a) en zuurstof vent-stack (4b) in geel aangegeven;

- [5] Controlegebouw, in groen aangegeven (gebied 5);
- [6] Sub-stations en Instrumentatie Ruimtes, in lichtblauw aangegeven (gebied 6);
- [7] (Ovale) Muur om het waterstoffabrieksterrein (gebied 7);
- [8] Leidingenbruggen (gebied 8);
- [9] Bluswatertank;
- [10] Meetstation.

De waterstoffabriek zal worden omgeven door een muur (gebied 7), die in de eerste plaats een decoratieve functie zal hebben. De muur zal niet vrij toegankelijk zijn voor bezoekers. Buiten de muur zal het terrein ook omgeven worden door een afscheiding van natuurlijk materiaal, die de toegang tot het terrein voor onbevoegden zal belemmeren.



Afbeelding 2.3.1 Indeling 5.1.2,e Hydrogen I plot

2.4

Afkortingen

CC	Consequence Class
HH1	Holland Hydrogen 1
Wabo	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht

2.5 Referenties

- [1] NEN-EN-1990-NB2019: Nationale bijlage bij NEN-EN 1990 2019 Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp.
- [2] Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 4.3.
- [3] VROM rapport: Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico versie 1.0.
- [4] RIVM rapport 620100003/2005: "Afstandentabel ammoniak koelinstallaties".
- [5] "Instrument Domino-Effecten (IDE)", mei 2003

3. Beoordeling Gevolgklasse

Uitgangspunt bij de beoordeling van de gevolgklasse is dat industriële bouwwerken waarvoor een omgevingsvergunning nodig is, ontworpen dienen te worden volgens de gevolgklasse CC3.

Reductie van deze gevolgklasse is mogelijk in gevallen waarin aannemelijk kan worden gemaakt dat de gevolgen bij het bezwijken van de constructie beperkt zijn.

In de volgende paragrafen wordt de onderbouwing van de reductie van de gevolgklasse gegeven aan de hand van tabel NB.23 en NB.24 van de nationale bijlage NEN-EN-1990-NB2019 [ref. 1].

3.1 Onderbouwing Gevolgklasse

De te bouwen constructies worden ingedeeld in gevolgklassen conform NEN-EN-1990-NB2019 waarmee de mate van veiligheid vastgelegd wordt. In de volgende paragrafen wordt de onderbouwing van de juiste klasse gegeven aan de hand van tabel NB.23 en NB.24 van de nationale bijlage van deze norm.

Bepaling klasse conform NEN-EN1990-NB2019, tabel NB.24:

Ondanks dat verschillende constructies uit deze aanvraag geen gebouw zijn maar een bouwwerk, en de situatie dus niet voorkomt tussen de gegeven voorbeelden, is als conservatieve aanname aangenomen dat in deze tabel "bouwwerk" gelijk staat aan "gebouw", en dus wel voorbeelden gegeven zijn. Gekeken is vervolgens naar industriegebouwen.

In CC3 klasse wordt gesproken over gebouwen voor gevaarlijke stoffen en/of processen zijnde onderdeel van een inrichting waarvoor een omgevingsvergunning voor het milieu noodzakelijk is en waarvan het bezwijken van het gebouw kan leiden tot het betreffende ongewenste milieueffect.

Voor dit project is een omgevingsvergunning voor het milieu noodzakelijk. Meerdere systemen binnen dit project bevatten gevaarlijke stoffen

Er is dus sprake van gevaarlijke stoffen of processen. Omdat tabel NB.24 slechts voorbeelden geeft en niet alle situaties voldoende afdekt, is een aanvullende evaluatie gemaakt op basis van tabel NB.23 om tot een onderbouwde reductie van de gevolgklasse te kunnen komen.

Bepaling klasse conform NEN-EN1990-NB2019, tabel NB.23:

De criteria van elke gevolgklasse zijn in tabel NB.23 als volgt beschreven:

Gevolgklasse ^a	Omschrijving
CC3	Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens ^b , en/of zeer grote economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC2	Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.

Gevolgklasse ^a	Omschrijving
CC1	Nader onderverdeeld in:
CC1b	Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens en kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC1a	Nagenoeg uitgesloten verlies van mensenlevens en zeer kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.

^a Project specifieke indeling mag worden gedaan op basis van risicoanalyse, volgens 2.2 van NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019. Voorbeelden voor de toepassing van de gevolgklassen staan in Tabel NB.24 – B1.

^b Bedoeld zijn situaties van openbare bouwwerken, waarin zich tegelijkertijd veel mensen kunnen ophouden en waarbij bij bezwijken van een essentieel onderdeel ineens een groot aantal mensen kan worden getroffen.

Op basis van bovenstaande criteria is beoordeeld wat de gevolgen zijn van het bezwijken van een (gedeelte van) de constructie met gevaarlijke stoffen.

De meest gevaarlijke stoffen binnen het project zijn waterstof en ammoniak. Daarnaast is er nog transformatorolie, diesel en vloeibare stikstof aanwezig.

Op het terrein wordt tevens de vloeistof kaliumhydroxide gebruikt, deze stof is corrosief, niet brandbaar en alleen giftig bij inname. In het geval van lekkage zal de hoeveelheden vloeistof die in het elektrolyse proces worden gebruikt binnen het gebouw worden opgevangen door het interne drainage systeem. De grotere opslagtanks staan op een ondergrond waarbij lekkages via een aparte riolering naar een pompput zullen leiden. De andere stoffen die niet zijn meegenomen zijn de stoffen waarvan de hoeveelheden zo klein zijn, dat mogelijke effecten binnen het betreffende gebouw blijven.

De volgende constructies bevatten systemen met waterstof, ammoniak, transformatorolie, diesel of vloeibare stikstof:

- Elektrolysegebouw met lage druk waterstofsysteem;
- Waterstofleidingbrug;
- Ommuring waterstofcompressoren met waterstofzuiveringsinstallaties;
- Ommuring meetstation en exportleiding;
- Gebouw met ammoniak koelsysteem;
- Ommuring transformatoren;
- Fundering onder dieselvot;
- Fundering onder vloeibaar stikstofvat.

De waterstof komt voor op lage druk (0,43 barg. binnen het elektrolysegebouw) en op hoge druk (maximaal 53,5 barg, waterstofcompressor en waterstofzuiveringsinstallatie, inclusief meetstation en exportleiding).

Ammoniak wordt als koelmiddel gebruikt voor klimaatbeheersing in de verschillende ruimtes van het utiliteitsgebouw, aan de noordzijde van het elektrolysegebouw.

In geval van het vrijkomen van waterstof kan deze een explosieve wolk vormen en bij ontsteking een explosie veroorzaken. Aangenomen is dat explosieve wolk volledig wordt gevormd en het centrum van de explosie op leklocatie is. In plaats van (of naast) een explosie kan een ontsteking van waterstof en ammoniak tevens een brand in de vorm van een fakkelbrand en/of wolkbrand veroorzaken.

Ondanks dat ammoniak ook brandbaar is, wordt ammoniak alleen op toxiciteit geëvalueerd (door de lage gevoeligheid voor vlamversnelling, zie [ref. 2]). Dus ingeval van het vrijkomen van ammoniak zal er een toxische wolk ontstaan.

Voor een lekkage uit de dieseltank en een transformatoren zal bij ontsteking als worst case een plasbrand ontstaan.

Een lekkage van vloeibaar stikstof kan een wolk van stikstof veroorzaken waarin personen door verstikking kunnen overlijden.

In het geval de bovengenoemde constructies zouden bezwijken, kan als worst case scenario de grootste connectie van het betreffende apparaat afbreken. Hierdoor zal de gehele inhoud van het betreffende systeem via deze afgebroken leiding naar buiten stromen. Als worst case is voor alle scenario's een horizontale uitstroom op 1 meter hoogte aangenomen. De effecten zijn bepaald op 1,5 meter hoogte.

Voor deze gevolgklassebepaling is het effect van het bezwijken van de constructie voor deze systemen bepaald en geëvalueerd.

3.2 Constructies met waterstof-, ammoniak-, olie- en stikstofsystmen

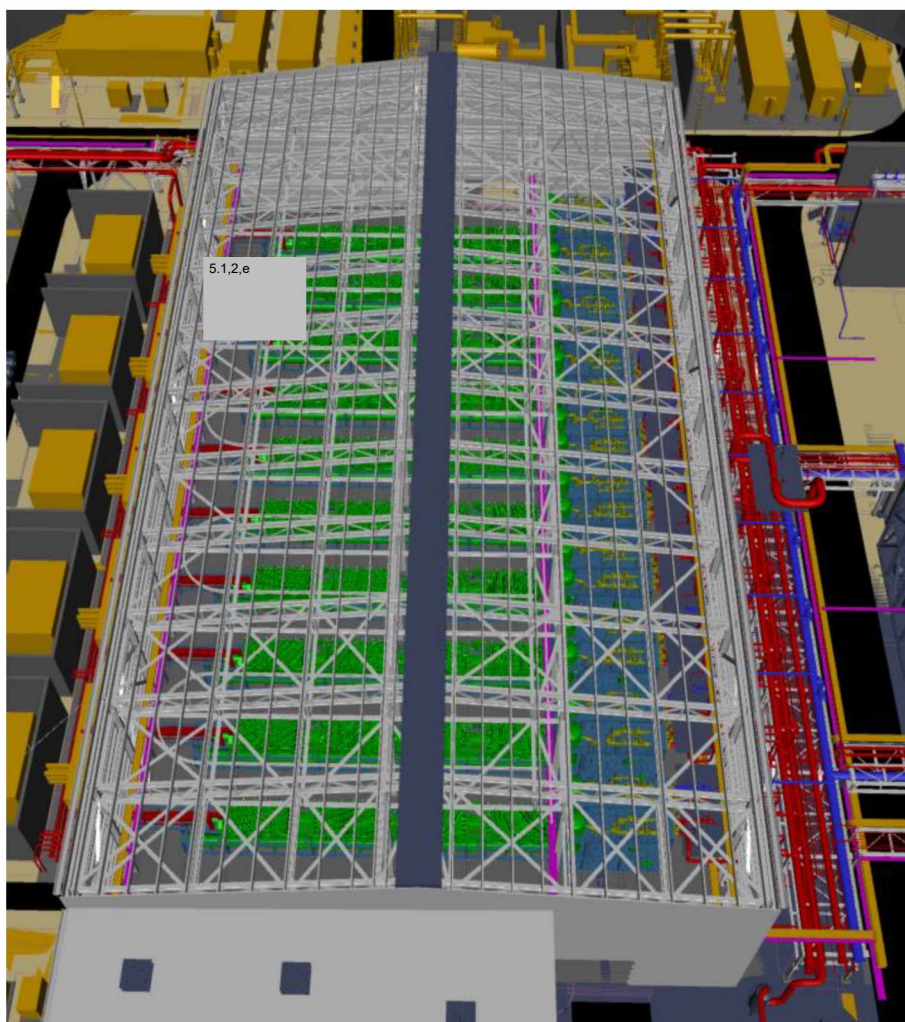
De constructies met de verschillende waterstof- en ammoniak-systemen staan hieronder beschreven.

3.2.1 Elektrolysegebouw met lage druk waterstofsystmen

Het elektrolysegebouw bevat 10 elektrolyse-units.

De stabiliteit van dit gebouw wordt verzorgd door een geschoorde staalconstructie. Gevels en daken worden afgewerkt met geprofileerde en geïsoleerde metalen gevelbeplating. Het gebouw komt op een fundering op staal (met ondiepe stroken en platen) te staan.

In het geval dat de constructie van het elektrolysegebouw zal bezwijken, kunnen delen van het gebouw instorten en kunnen er leidingen met waterstof breken. Ondanks dat de kans dat het gehele gebouw, in één zal instorten zeer klein is, is als worst case scenario aangenomen dat alle leidingen vanuit de 10 elektrolyse-units allemaal tegelijkertijd volledig afbreken.



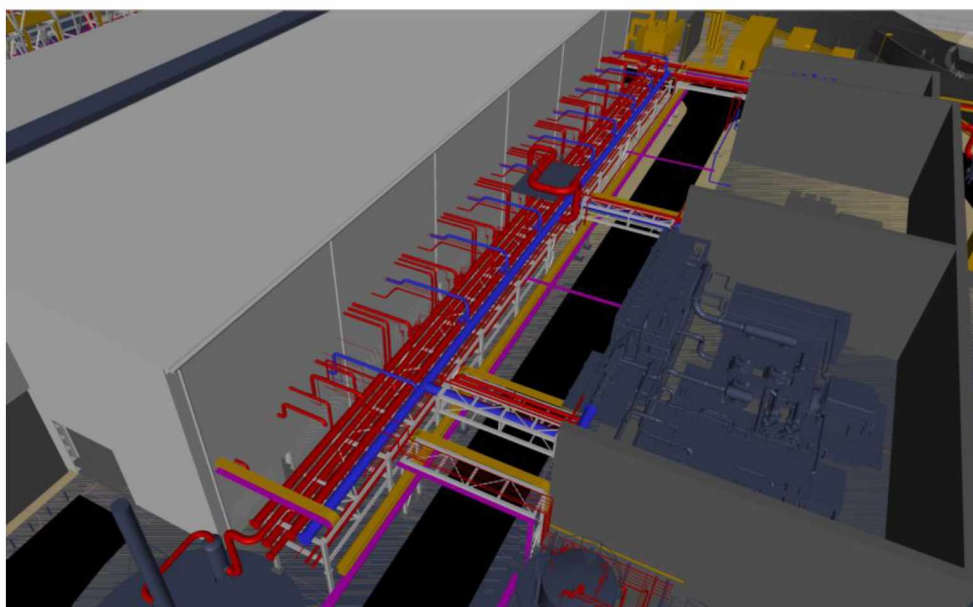
Afbeelding 3.2.1 Elektrolysegebouw

3.2.2 Waterstofleidingbrug

Langs het elektrolysegebouw komen de 10 lage druk waterstofleidingen samen op een leidingbrug in een lage druk header welke naar de twee 50% waterstofcompressoren met waterstofzuiveringsinstallatie leiden. Dezelfde leidingbrug leidt eveneens de hoge druk waterstofleidingen vanuit de compressors naar het meetstation en exportleiding. De overige leidingen bevatten allemaal geen brandbare of toxische stoffen.

Ondersteund door een fundering op staal (middels ondiepe stroken), zal een geschoorde staalconstructie worden geïnstalleerd ter ondersteuning van benodigde leidingwerken. In beide richtingen is de leidingbrug van zichzelf stabiel en heeft geen steun vanuit het naastgelegen elektrolysegebouw.

In het geval van het bezwijken van de leidingbrug kunnen als worst case deze leidingen volledig breken.



Afbeelding 3.2.2 Waterstofleidingbrug

3.2.3 Ommuring waterstofcompressoren met zuiveringsinstallaties

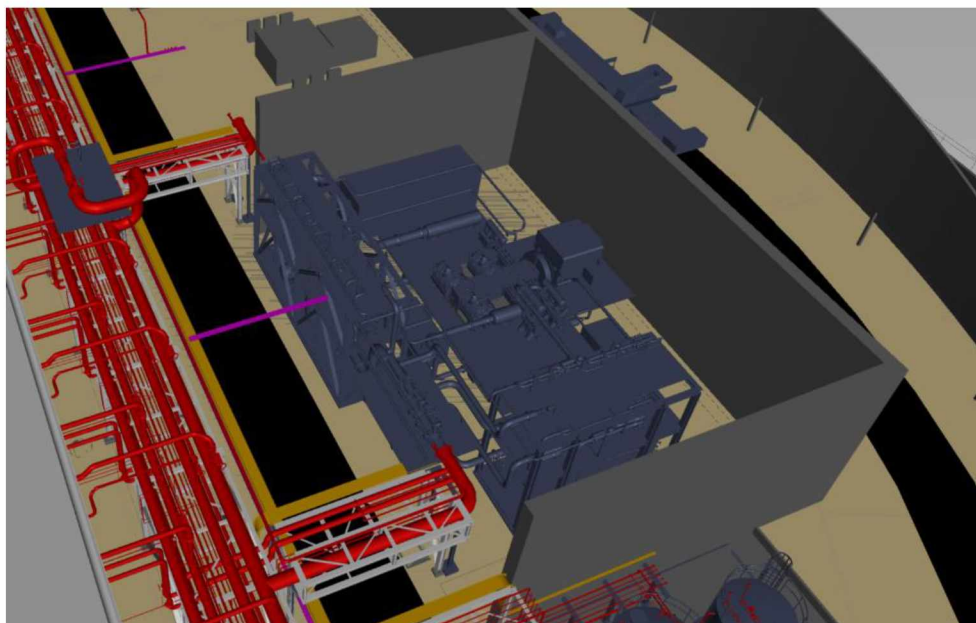
Het project bevat twee 50% waterstofcompressoren met ieder z'n eigen waterstofzuiveringsinstallatie.

Zoals op de afbeelding duidelijk is te zien, worden beide waterstofcompressoren door een U vormige wand aan drie zijden omsloten. De wanden worden als één stabiele constructie opgebouwd en zullen naar verwachting 9-12 m hoog worden.

De materiaalkeuze is nog niet definitief: keuze zal worden gemaakt uit een monoliete betonconstructie of een dikwandige stalen wand die volledig opgebouwd wordt uit gelaste standaard staal profielen. Voor de wanden zijn een betonnen strokenfundaties voorzien.

De compressoren worden op trillingsbestendige betonfundaties geplaatst, losstaand van de wandfundaties.

In het geval van bezwijken van een muur of fundatie, kan er, als worst case, de hoge druk waterstofleiding volledig afbreken.



Afbeelding 3.2.3 Ommuring waterstofcompressor met zuiveringsunit

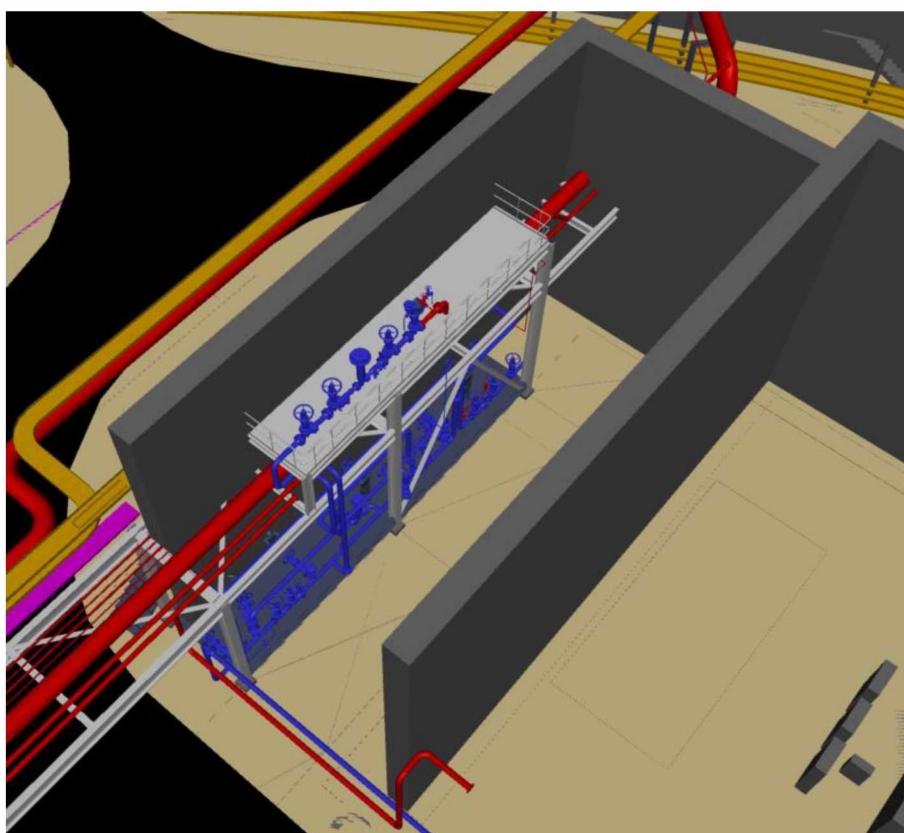
3.2.4 Ommuring meetstation en exportleiding

Het project bevat een meetstation voor het monitoren van de hoge druk waterstof naar de exportleiding.

Zoals op de volgende afbeelding is te zien, wordt het meetstation ook door een U vormige wand aan drie zijden omsloten. De wanden zijn verbonden met de wanden om de twee compressoren, worden als één stabiele constructie opgebouwd en zullen naar verwachting 9-12 m hoog worden.

Ondersteund door een fundering op staal (middels ondiepe stroken), zal een geschoorde staalconstructie worden geïnstalleerd ter ondersteuning van benodigde leidingwerken.

In het geval van bezwijken van een muur of constructie, kan er, als worst case, de hoge druk waterstofleiding volledig afbreken.



Afbeelding 3.2.4 Ommuring meetstation en exportleiding

3.2.5 Gebouw met ammoniak koelsysteem

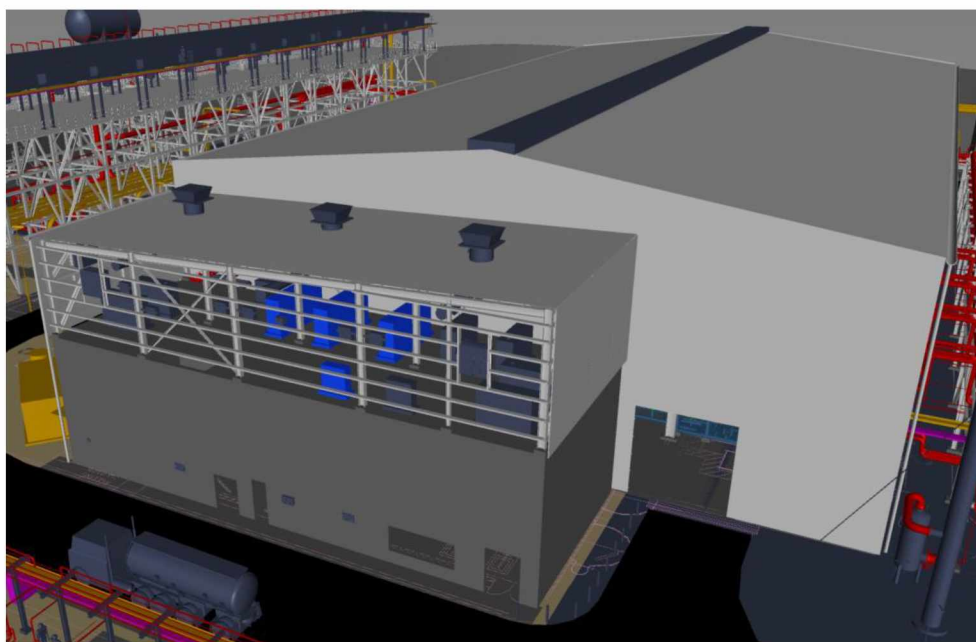
Voor de klimaatbeheersing in de verschillende ruimtes van het utiliteitengebouw, aan de noordzijde van het elektrolysegebouw, wordt op de bovenverdieping een HVAC-ruimte ingericht met 2 ammoniakkoelsystemen.

Het utiliteitengebouw (ook wel Annex gebouw genoemd) wordt als volgt opgebouwd:

Op een betonnen ondiepe strokenfundering wordt een betonnen draagconstructie geplaatst, bestaande uit kolommen, balken en vloeren. Deze betonconstructie loopt tot en met het vloerniveau van de HVAC ruimte met de ammoniak koelsystemen. Hierboven wordt een staalconstructie opgericht met stalen kolommen en stalen dakbalken. Rond het gehele gebouw vanaf begane grond tot dakniveau komt een geprofileerde en geïsoleerde metalen gevelbeplating. Op de volgende afbeelding is de overgang van de betonconstructie naar de stalen opbouw duidelijk zichtbaar.

Het utiliteiten gebouw wordt tegen het elektrolysegebouw aangebouwd, waarbij de scheidingswand tussen de elektrolyseruimte en het utiliteitengebouw brandwerend zal worden uitgevoerd.

In het geval van het bezwijken van het Annex gebouw kunnen als worst case de leidingen met ammoniak van beide units volledig breken.



Afbeelding 3.2.5 Gebouw met ammoniak koelsysteem

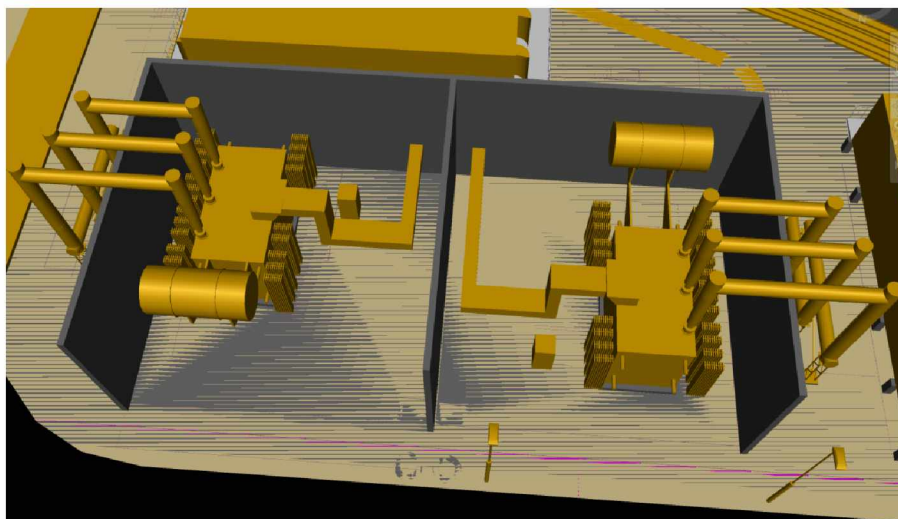
3.2.6 Ommuring transformatoren

Het HH1 project bevat 7 ommuurde transformatoren welke allemaal separaat zijn ommuurd. 2 transformatoren ten zuiden en 5 transformatoren ten oosten van het elektrolysegebouw. Olie uit een transformator wordt bij lekkage opgevangen in een gecombineerde put voor meerdere aangrenzende transformatoren, onder de transformatoren.

Zoals op de afbeelding duidelijk is te zien, worden de transformatoren door een U vormige wand aan drie zijden omsloten. De wanden worden als één stabiele constructie opgebouwd en zullen naar verwachting circa 9 m hoog worden.

De materiaalkeuze is van een monoliete betonconstructie. Voor de wanden is een betonnen strokenfundatie voorzien.

In het geval dat de muur of fundering zal bezwijken, kan de transformator olie gaan lekken in de ondergelegen put.



Afbeelding 3.2.6 Ommuring transformatoren ten zuiden van elektrolysegebouw

3.2.7 Fundering dieselvot

Het HH1 project bevat een dieselvot (circa 4 m³) voor een generator in het geval dat de stroom uitvalt. Het vat wordt op een betonnen fundament opgesteld.

In het geval van het bezwijken van het fundament kan als worst case, het vat omvallen waarbij het vat leeg kan stromen.



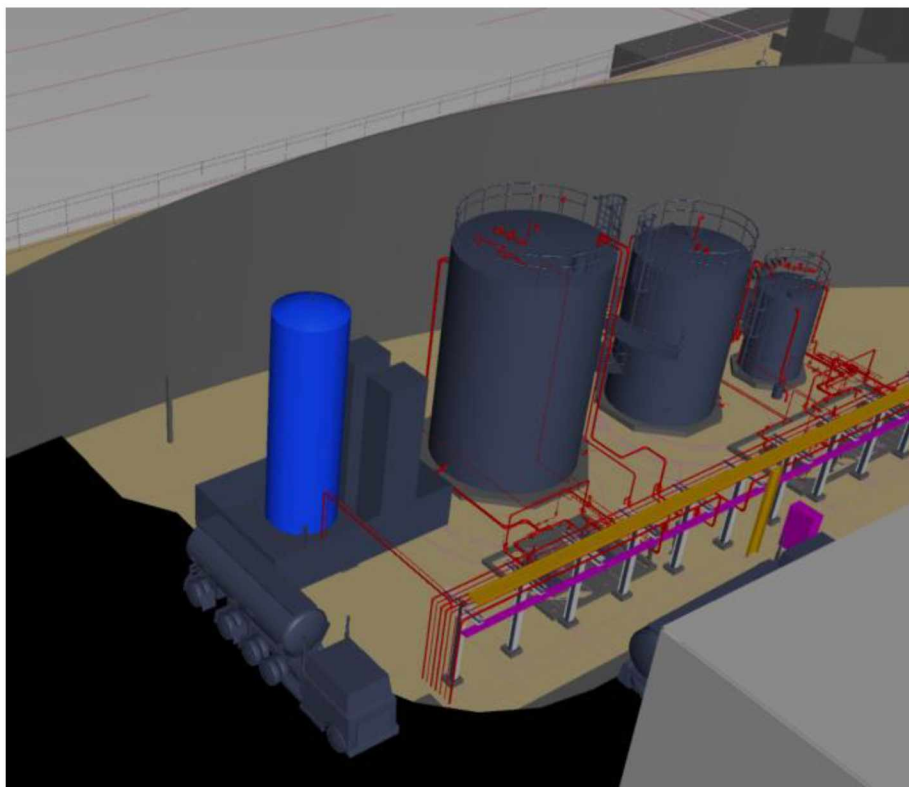
Afbeelding 3.2.7 Fundatie dieselvot

3.2.8 Fundering stikstofvat

Het HH1 project bevat een vat (circa 100 m³) met daarin vloeibaar stikstof. Het vat staat in een grote opvangbak opgesteld.

Het vat wordt op een betonnen fundament opgesteld.

In het geval van het bezwijken van het fundament kan als worst case, het vat omvallen en de vloeibare stikstof uit een volledig gebroken leiding stromen.



Afbeelding 3.2.8 Fundatie stikstofvat

3.3 Overzicht Risicoanalyse

Op basis van de maximale effecten, is een risicoanalyse uitgevoerd om te komen tot de benodigde gevolgklasse. Hiervoor wordt eerst het resultaat van het maximale effect weergegeven gevolgd door de risicoanalyse. De effecten zijn gemodelleerd met het DNV softwareprogramma PHAST versie 8.6.

Voor de berekening van de effecten zijn de volgende uitgangspunten aangenomen:

- Voor explosieoverdrukken:
 - 300 mbar: 100% letaliteit voor personen in de open lucht.
 - 100 mbar: 1% letaliteit voor personen in de open lucht.
- Voor warmtestraling:
 - 35 kW/m²: 100% letaliteit voor personen in de open lucht.
 - 10 kW/m²: 1% letaliteit voor personen in de open lucht.
- Voor wolkbrand:
 - 100% LEL concentratie (40000 ppm voor waterstof en 150000 ppm voor ammoniak):
1% letaliteit voor personen in de open lucht.
- Voor toxiciteit:
 - 10% letaliteit voor personen in de open lucht;
 - 1% letaliteit voor personen in de open lucht.
- Voor verstikking door stikstof:
 - 16% zuurstof gedurende 60 minuten: 1% letaliteit voor personen in de open lucht.

Vanwege het feit dat binnen het HH1 project de meeste lekkages binnen een duidelijk gedefinieerd omsloten gebied zullen vrijkomen (gebouw of ommuring), is voor explosieberekeningen bij deze lekkages gebruik gemaakt van de TNO Multi-Energy 3D model, beschikbaar binnen het DNV PHAST software pakket. Deze methodiek geeft een meer worst case resultaat dan de explosieberekening methodiek beschreven in de Bevi handleiding [ref. 2]..

Een ander aandachtspunt bij de beoordeling van de warmtestralingscontouren als gevolg van een fakkelbrand is het feit dat deze onder andere afhankelijk is van de uitstroomrichting, gat grootte en operatiedruk. De uitstroomrichting is afhankelijk van de locatie en type lek. Bij een volledig afgebroken leiding ("Full Bore Rupture") zal de uitstroomrichting in het verlengde van de leiding liggen. Een lek in een flens kan in elke richting, rondom de flens, uitstromen. Dit effect is ook van toepassing bij een lek van een toxische wolk. Tevens is de richting van de warmtestralen bij een plasbrand afhankelijk van de windrichting.

Omdat niet goed te voorspellen is, welke richting de fakkel- en plasbrand (of toxische wolk) gericht zal zijn, is naast één bepaalde richting, eveneens een contour weergegeven van de gehele mogelijke effectzone. Betreft een fakkelbrand zal de uitstroom hoogst waarschijnlijk door de omliggende obstakels geblokkeerd of van richting veranderen, echter als worst case is aangenomen dat de fakkelbrand vrij, zonder andere obstakels, naar één bepaalde richting kan uitstromen.

Daarnaast is voor de fakkelbrand niet altijd een volledig afgebroken leiding genomen omdat, vanwege de kleine inhoud van het systeem, de duur van de fakkelbrand slechts enkele seconde is. Daarom is als grootste lekgrootte een diameter genomen waarbij de duur van de fakkelbrand minimaal 1 minuut duurt.

De effectberekeningen zijn eveneens afhankelijk van de windsnelheid en windtype. Voor alle berekeningen zijn twee windsnelheden/windtypes geëvalueerd: 1,5F en 5D. Alleen de windsnelheid/type met de worst case resultaat is in dit rapport weergegeven.

Tijdens normale bedrijfsvoering zullen er circa 30 werknemers op het HH1 terrein aanwezig zijn. Echter tijdens jaarlijkse groot onderhoud kunnen er maximaal circa 100 personen aanwezig zijn op het terrein. Het gebied rondom het HH1 terrein is op dit moment niet bebouwd maar heeft industrie bestemming. Voor deze evaluatie is aangenomen dat het gebied buiten het HH1 terrein een bevolkingsdichtheid van 40 per hectare zal zijn (Midden personeelsdichtheid voor industrie volgens Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico [ref. 3]).

De openbare wegen ten oosten en noorden van het HH1 terrein zullen in de toekomst voornamelijk alleen gebruikt worden voor bestemmingsverkeer naar het industriegebied rondom het HH1 terrein.

3.3.1 Elektrolysegebouw met lage druk waterstofsystemen

Het elektrolysegebouw bevat 10 elektrolyse-units. In het geval dat de constructie van het elektrolysegebouw zal bezwijken, kan als worst case scenario alle leidingen vanuit de 10 elektrolyse-units volledig (250 mm) afbreken. Hierdoor zal de gehele waterstofinhoud van alle 10 elektrolyse units via deze afgebroken leidingen naar buiten stromen. Bij ontsteking van de explosieve wolk kan een explosie in het gebouw ontstaan.

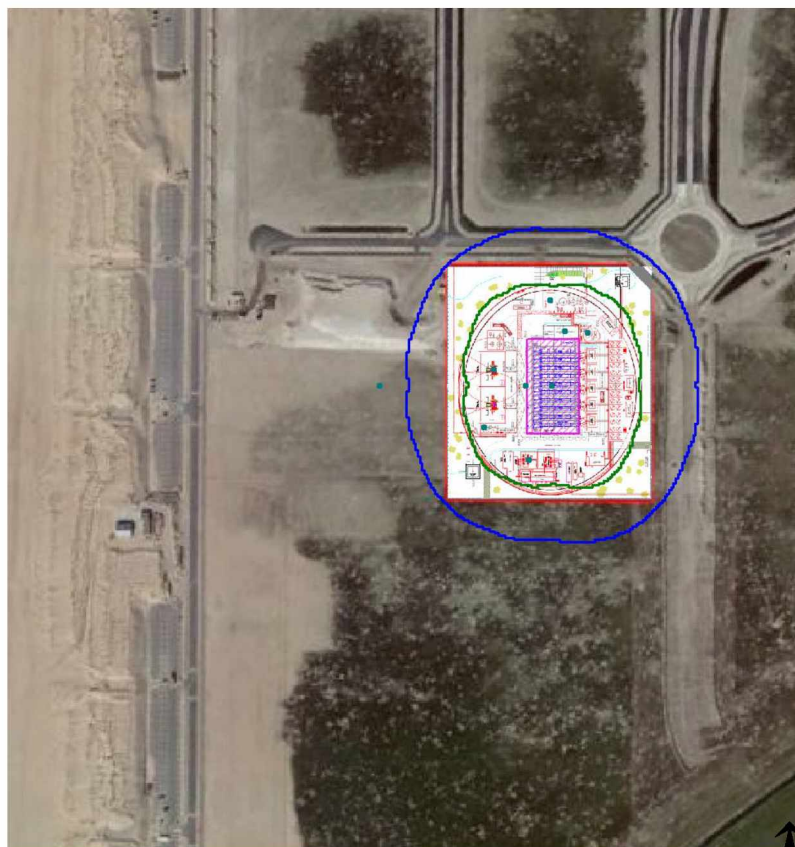
De operatiedruk van de elektrolyse units is circa 0,43 barg en een minimale operatietemperatuur (na koeling) is 45°C. De maximale totale waterstof productiestroom van alle 10 elektrolyse units is circa 1 kg/s.



Afbeelding 3.3.1 10 elektrolyse-units binnen elektrolysegebouw

Voor de explosie effect berekening is uitgegaan van een waterstofuitstroom uit het totale oppervlak van 10 leidingen van 250 mm (equivalente diameter 791 mm), bij een druk van 0,43 barg.

De 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.1 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren van waterstofsysteem in elektrolysegebouw

Bij ontsteking van de vrijgekomen waterstof kan eveneens een wolkbrand ontstaan. Het effect van deze wolkbrand is weergegeven als de reikwijdte van de LEL concentratie (voor waterstof is dit 40000 ppm).

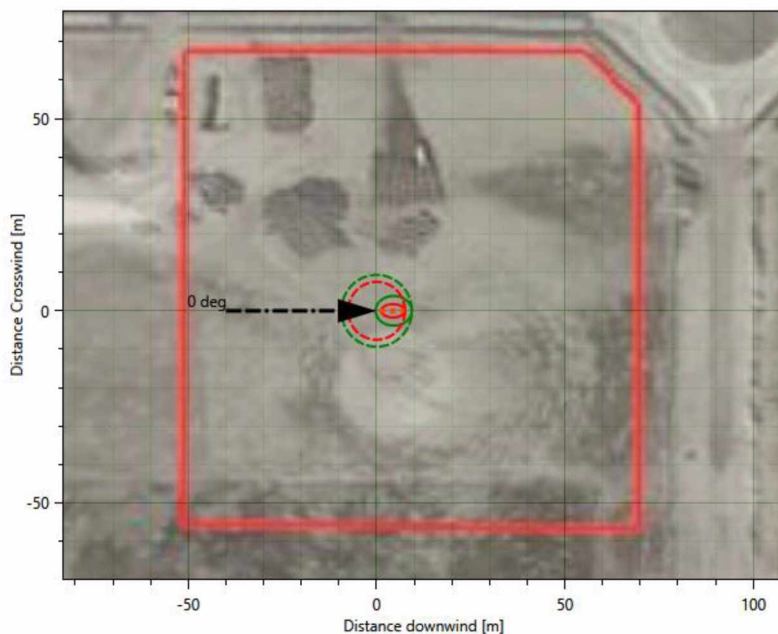
De 40000 ppm wolkbrand contour is onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.2 40000 ppm waterstof wolkbrand contour van waterstofsysteem in elektrolysegebouw

Door de relatief kleine waterstofinhoud binnen een elektrolyse-unit duurt een fakkelbrand vanuit een volledig doorgebroken leiding slechts enkele seconden, waardoor de kans op slachtoffers minimaal is. Daarom is dit scenario's niet meegenomen. Een kleiner lek van 50 mm duurt circa 45 seconden (in dit geval de inhoud per elektrolyse-unit). Dit scenario is weergegeven in onderstaande figuur.

De 10 kW/m^2 (groen) en 35 kW/m^2 (rood) warmtestralingscontouren (en de gestreepte effectzone) van de fakkelbrand zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.3 50 mm lek fakkelbrand 10 kW/m^2 (groen) en 35 kW/m^2 (rood) warmtestralingscontouren van waterstofsysteem in elektrolysegebouw

Het resultaat laat zien dat met uitzondering van de 100 mbar explosie-overdrukcontour, alle andere effectzones ruim binnen het HH1 terrein blijven.

De grootste afstand van de 100 mbar explosie-overdrukcontour buiten het HH1 terrein is circa 40 meter ten oosten van het terrein. De 100 mbar overlapt maximaal 400 meter openbare weg ten oosten en noorden van het terrein. Hierdoor moet rekening gehouden worden dat er mogelijk slachtoffers in dit gebied kunnen vallen. Op basis van de personeelsdichtheid voor industrie en een worst case aanname van 50% letaliteit, zal dit maximaal circa 65 personen zijn. Hierdoor zal het mogelijk verlies van het totaal aantal mensenlevens door het in deze paragraaf beschreven scenario ruim beneden de 500 liggen.

In het geval van een explosie kunnen de systemen met vloeistof gaan lekken, deze vloeistoffen zullen of binnen hun eigen opvangfaciliteit worden opgevangen of via het algemene rioolsysteem worden weggevoerd. In het geval dat de lekkage te groot is, kan er lokaal rondom de betreffende pompput milieuverontreiniging ontstaan.

Zie 3.2.1	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2= Middelmatic CC1= Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Deformatie Staal en Dak Constructie	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij waterstof vrijkomt. Mogelijk kortsluiting door hoge spanning installatie.	Alleen lokaal	≤ 165	Alleen voor Shell aanzienlijk	Milieu-verontreiniging alleen lokaal op het HH1 terrein	Alleen lokaal
Zakking Fundatie						

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolgklasse CC2 toereikend is.

3.3.2 Constructie waterstofleidingbrug

In het geval van het bezwijken van de leidingbrug kunnen als worst case deze leidingen volledig breken.

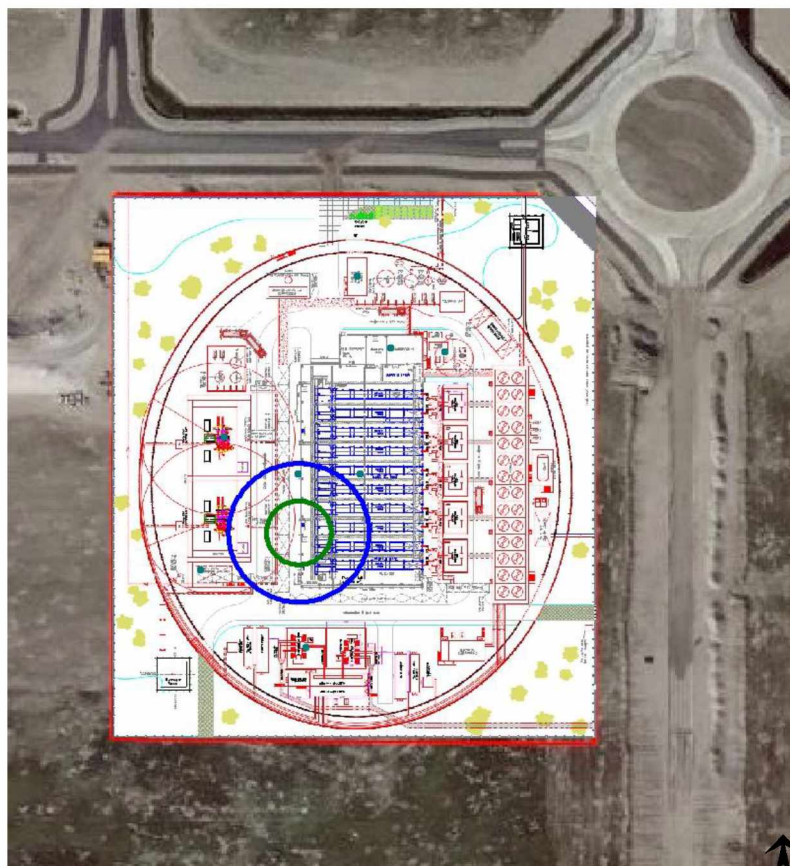
De grootste lage druk waterstofleiding (0.3 barg en 45°C) op de leidingbrug is 800 mm en is de header van de 10 elektrolyse-units. In geval van het afbreken van deze leiding is als worst case de uitstroom van de gehele waterstofinhoud van alle elektrolyse- units genomen.

De hoge druk waterstofleidingen (51 barg en 40°C) zijn 150 mm. Deze leidingen komen van de 2 waterstofcompressoren en leiden naar het meetstation. Beide leidingen hebben een maximale waterstofproductiestroom van 0,5 kg/s.

De effecten van zowel de lage druk als de hoge druk waterstofleiding zijn geëvalueerd. Met uitzondering van de fakkelbrand, resulteert een lekkage van de 800 mm waterstofleiding tot grotere effecten dan de 150 mm hoge druk leiding. Alleen de worst case effecten zijn hieronder weergegeven.

800 mm lage druk leiding

De 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren bij het volledig doorbreken van de 800 mm waterstofleiding zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.4 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren van 800 mm lage druk waterstofleiding in leidingbrug

Bij ontsteking van de vrijgekomen waterstof kan eveneens een wolkbrand ontstaan. Het effect van deze wolkbrand is weergegeven als de reikwijdte van de LEL concentratie (voor waterstof is dit 40000 ppm).

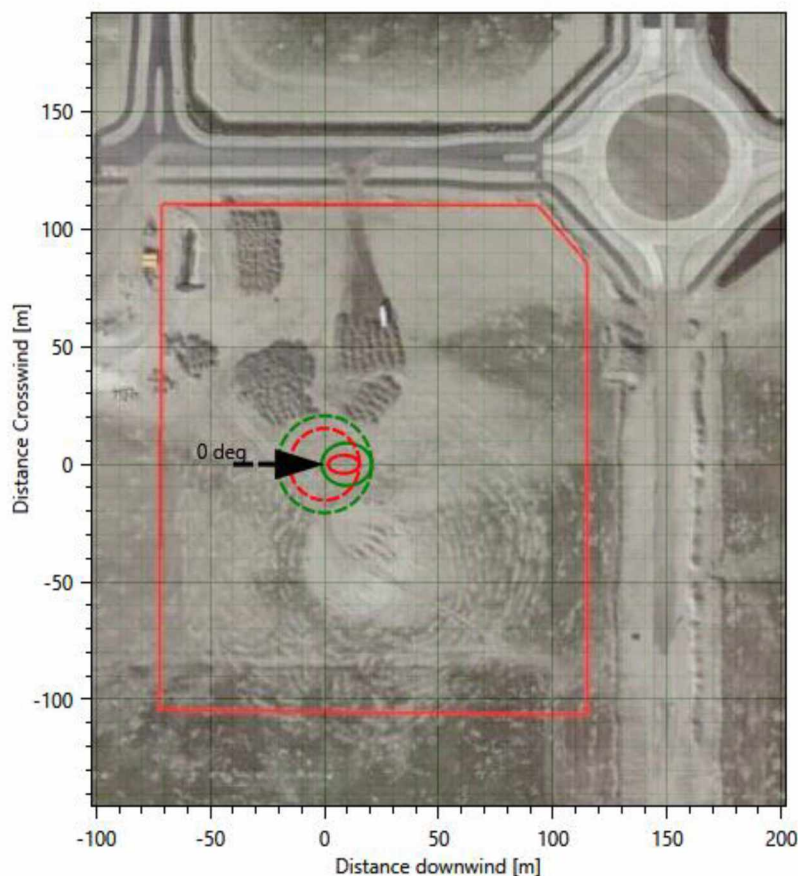
De 40000 ppm wolkbrand contour bij het volledig breken van de 800 mm waterstofleiding is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.5 40000 ppm waterstof wolkbrand contour van lage druk waterstofleiding in leidingbrug

150 mm hoge druk leiding

De 10 kW/m² (groen) en 35 kW/m² (rood) warmtestralingscontouren (en de gestreepte effectzone) van een fakkelbrand uit de 150 mm hoge druk waterstofleiding zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.6 150 mm lek fakkelbrand 10 kW/m² (groen) en 35 kW/m² (red) warmtestralingscontouren van hoge druk waterstofleiding in leidingbrug

Het resultaat laat zien dat alle effectzones een beperkt gebied (maximaal diameter van 90 meter voor de wolkbrand) binnen het HH1 terrein beslaan. En daarbij niet tot het controle gebouw reiken, waar de meeste werknemers zich zullen bevinden. Binnen het effectgebied zijn eveneens geen systemen met grote hoeveelheden vloeistof aanwezig die kunnen gaan lekken. Daarom zullen de milieu gerelateerde gevolgen minimaal zijn.

Zie 3.2.2	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2= Middelmatig CC1= Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Deformatie Staal Constructie	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij waterstof vrijkomt.	Alleen lokaal binnen HH1 terrein	≤ 15	Alleen voor Shell mogelijk aanzienlijk	Minimale milieu-verontreiniging, alleen lokaal op het terrein van HH1	Lokaal en blijft binnen het HH1 terrein
Zakking Fundatie						

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolklasse CC2 toereikend is.

3.3.3 Ommuring waterstofcompressor met zuiveringsinstallaties

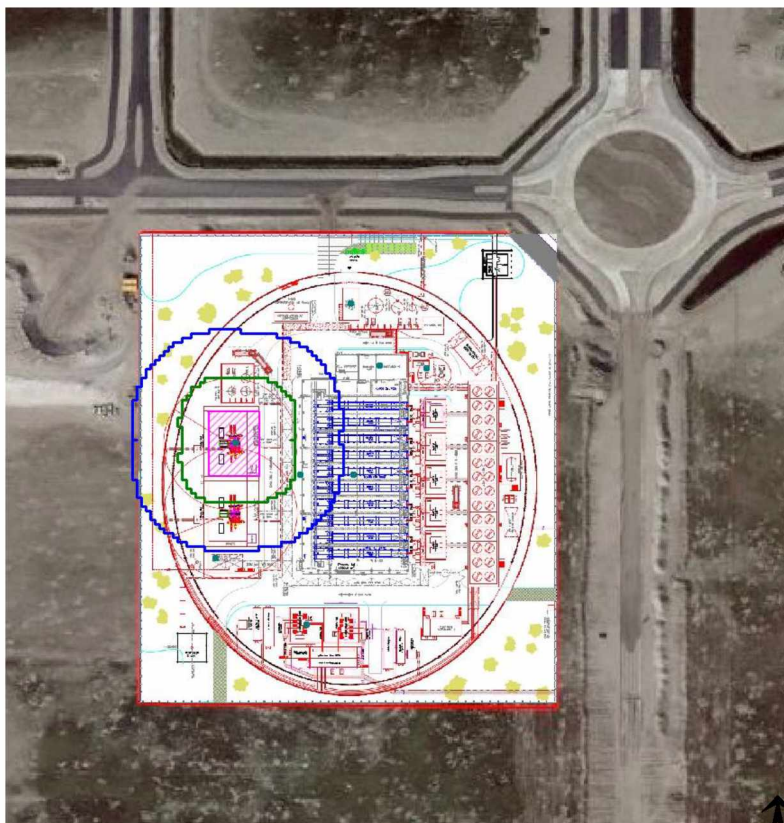
In het geval van het bezwijken van een muur rondom de waterstofcompressor met zuiveringsinstallatie kunnen als worst case de leidingen volledig breken.

Binnen deze unit wordt waterstof in 5 stappen van 0,3 barg naar 53,5 barg gecomprimeerd. Bij deze stappen worden de leidingdiameters eveneens verkleind van 800 mm naar uiteindelijk 150 mm. Alleen de laatste twee stappen hebben een significante hoeveelheid uitstroom (inclusief de zuiveringsinstallatie). Daarom zijn alleen voor deze laatste twee stappen de effecten (combinatie tussen leidingbreuk diameter en bijbehorende operatiedruk) geëvalueerd.

Alleen de worst case combinatie is per effect in dit rapport weergegeven. Aangezien de maximale capaciteit per compressorunit 0,85 kg/s is, zal de uitstroom niet boven deze waarde komen. De waterstofinhoud van deze unit is circa 30 kg.

Het meest worst case explosie overdrukeffect is bij een leidingbreuk in compressiestap 4, waarin de waterstof een druk heeft van 25,1 barg (40°C) en de leiding een diameter van 250 mm heeft.

De 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.7 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren van waterstofcompressor (stap 4) met zuiveringsinstallatie

Bij ontsteking van de vrijgekomen waterstof kan eveneens een wolkbrand ontstaan.

Het meest worst case wolkbrandeffect is bij een leidingbreuk in compressiestap 5, waarin de waterstof een druk heeft van 53,5 barg (40°C) en de leiding een diameter van 150 mm heeft.

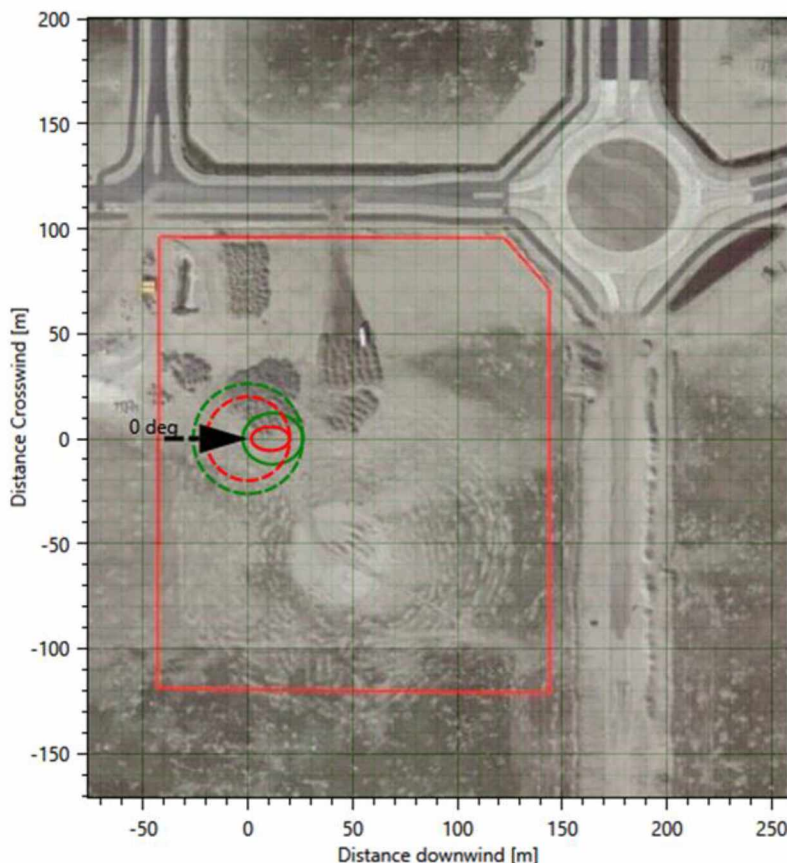
Het effect van deze wolkbrand is weergegeven als de reikwijdte van de LEL concentratie (voor waterstof is dit 40000 ppm) en is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.8 40000 ppm waterstof wolkbrand contour van waterstofcompressor (stap 5) met zuiveringsinstallatie

Het meest worst case fakkelbrandeffect is bij een leidingbreuk in compressiestap 5, waarin de waterstof een druk heeft van 53,5 barg (40°C) en de leiding een diameter van 150 mm heeft.

De 10 kW/m² (groen) en 35 kW/m² (rood) warmtestralingscontouren (en de gestreepte effectzone) van de fakkelbrand zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.9 150 mm lek fakkelbrand 10 kW/m² (groen) en 35 kW/m² (rood) warmtestralingscontouren van waterstofcompressor (stap 5) met zuiveringsinstallatie

Het resultaat laat zien dat met uitzondering van de 100 mbar explosie-overdrukcontour, alle effectzones een zeer beperkt gebied (maximaal diameter van circa 45 meter voor een wolkbrand) binnen het HH1 terrein beslaan. En daarbij niet tot het controle gebouw reiken, waar de meeste werknemers zich zullen bevinden.

De grootste afstand van de 100 mbar explosie-overdrukcontour buiten het HH1 terrein is slechts circa 4 meter ten westen van het terrein over een lengte van circa 40 meter.

In het geval van een explosie kunnen de systemen met vloeistof gaan lekken, deze vloeistoffen zullen of binnen hun eigen opvangfaciliteit worden opgevangen of via het algemene rioolsysteem worden weggevoerd. Daarom zullen mogelijke milieu gerelateerde gevolgen alleen lokaal op het HH1 terrein zijn.

Zie 3.2.3	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2= Middelmatig CC1= Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Bezwijken Wand	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij waterstof vrijkomt.	Alleen lokaal	≤ 30	Alleen voor Shell mogelijk aanzienlijk	Mogelijke milieu-verontreiniging, alleen lokaal op het HH1 terrein	Alleen lokaal
Zakking Compressor Fundatie						

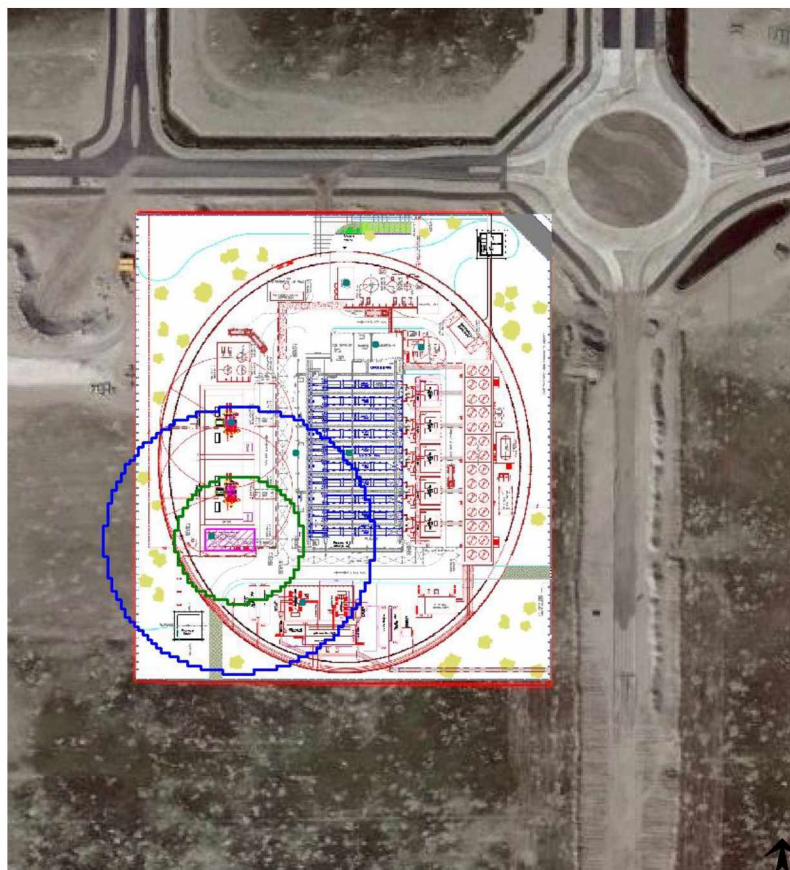
Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolklasse CC2 toereikend is.

3.3.4 Ommuring rondom meetstation en exportleiding

In het geval van het bezwijken van een muur rondom het meetstation en exportleiding kan als worst case de leiding volledig breken.

De waterstofleiding binnen deze unit heeft een diameter van 150 mm met een operatiedruk van 51 barg (40°C). De maximale waterstofstroom naar de exportleiding is 1 kg/s. Echter bij het volledig afbreken van de exportleiding zal er tevens waterstof vanuit de exportleiding naar buiten stromen. De leiding heeft een terugslagklep en zal enig terugstroming tegenhouden. Als worst case is aangenomen dat de eerste 5 seconde er nog steeds waterstof vanuit de exportleiding naar buiten stroomt. Het uitstroomvolume is hierdoor gelimiteerd met 225 kg. De uitstroom vanuit de exportleiding is de meest worst case situatie en is in dit rapport opgenomen.

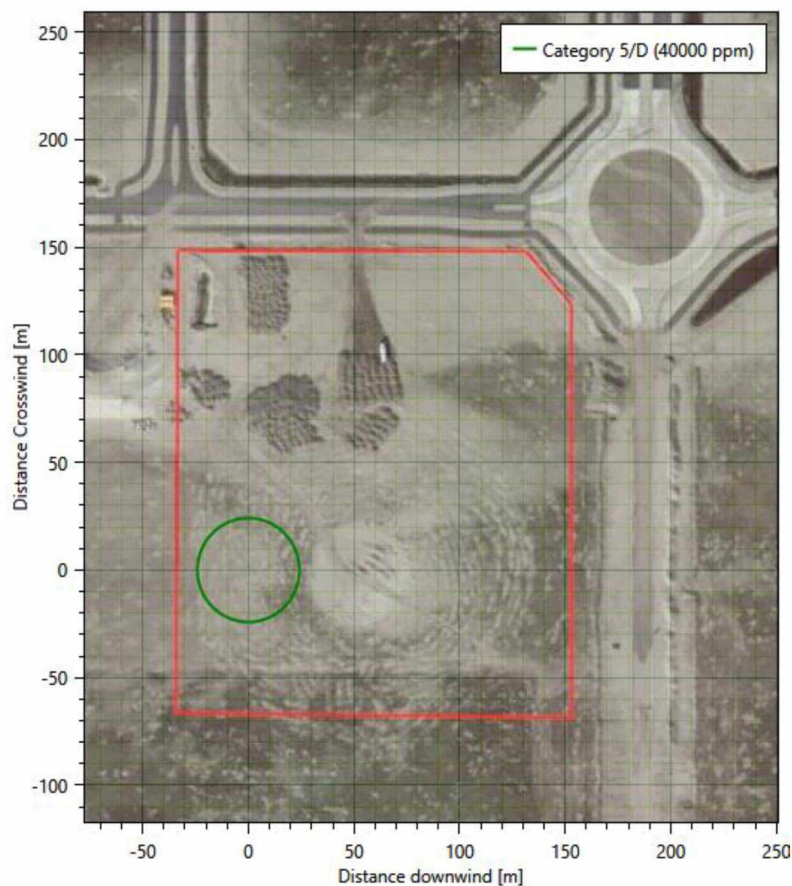
De 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.10 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren van meetstation

Bij ontsteking van de vrijgekomen waterstof kan eveneens een wolkbrand ontstaan. Het effect van deze wolkbrand is weergegeven als de reikwijdte van de LEL concentratie (voor waterstof is dit 40000 ppm).

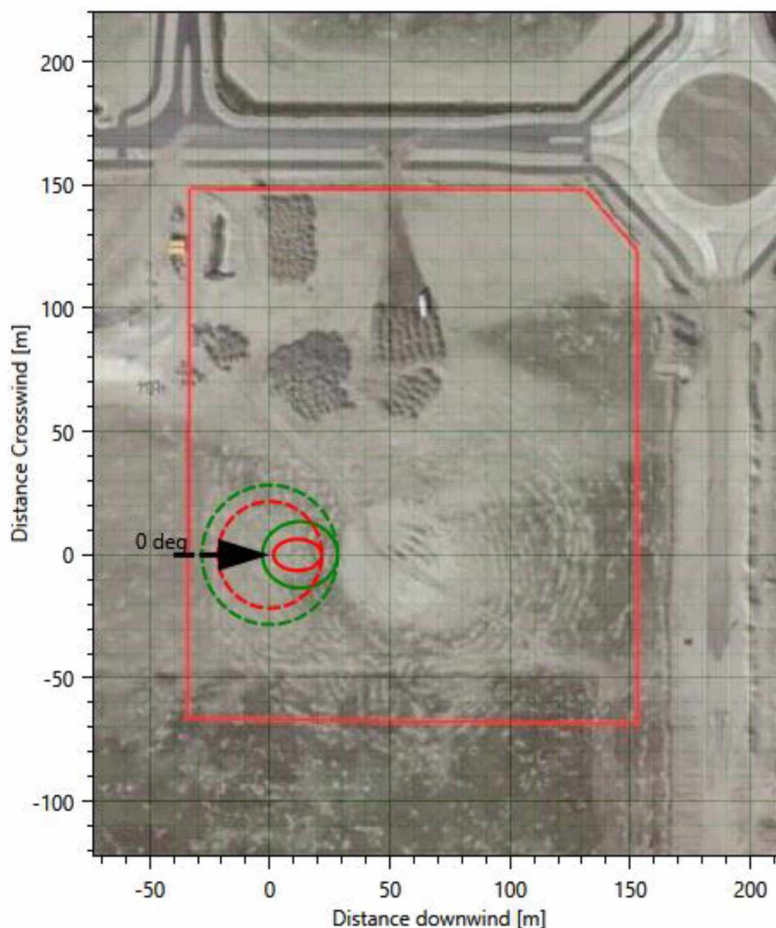
De 40000 ppm wolkbrand contour is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.11 40000 ppm waterstof wolkbrand contour van meetstation

Aangezien een fakkelbrand vanuit de exportleiding slechts 5 seconde duurt, is voor een fakkelbrand effect het volledig doorbreken van de 150 mm waterstofleiding vanaf de compressors genomen. Aangenomen dat de volledige waterstofinhoud van beide compressors met zuiveringsinstallatie zal uitstromen, zal deze fakkelbrand circa 60 seconde duren. Dit scenario is weergegeven in onderstaande figuur.

De 10 kW/m^2 (groen) en 35 kW/m^2 (rood) warmtestralingscontouren (en de gestreepte effectzone) zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.12 150 mm lek fakkelbrand 10 kW/m^2 (groen) en 35 kW/m^2 (rood) warmtestralingscontouren van meetstation

Het resultaat laat zien dat met uitzondering van de 100 mbar explosie-overdrukcontour, alle effectzones een beperkt gebied (maximaal diameter van circa 50 meter voor een wolkbrand) binnen het HH1 terrein beslaan. En daarbij niet tot het controle gebouw reiken, waar de meeste werknemers zich zullen bevinden.

De grootste afstand van de 100 mbar explosie-overdrukcontour buiten het HH1 terrein is maximaal 15 meter ten westen van het terrein over een lengte van circa 80 meter. Hierdoor moet rekening gehouden worden dat er mogelijk slachtoffers in dit gebied kunnen vallen. Op basis van de personeelsdichtheid voor industrie en een worst case aanname van 50% letaliteit, zal dit maximaal circa 2 personen zijn.

In het geval van een explosie kunnen de systemen met vloeistof gaan lekken, deze vloeistoffen zullen of binnen hun eigen opvangfaciliteit worden opgevangen of via het algemene rioolsysteem worden weggevoerd. Daarom zullen mogelijke milieu gerelateerde gevolgen alleen lokaal op het HH1 terrein zijn.

Zie 3.2.4	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2= Middelmatig CC1= Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Deformatie Staal Constructie	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij waterstof vrijkomt.	Alleen lokaal	≤30	Alleen voor Shell mogelijk aanzienlijk	Mogelijke milieu-verontreiniging, alleen lokaal op het HH1 terrein	Alleen lokaal
Zakking Fundatie onder Staal Constructie						
Bezwijken Wand						

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolgklasse CC2 toereikend is.

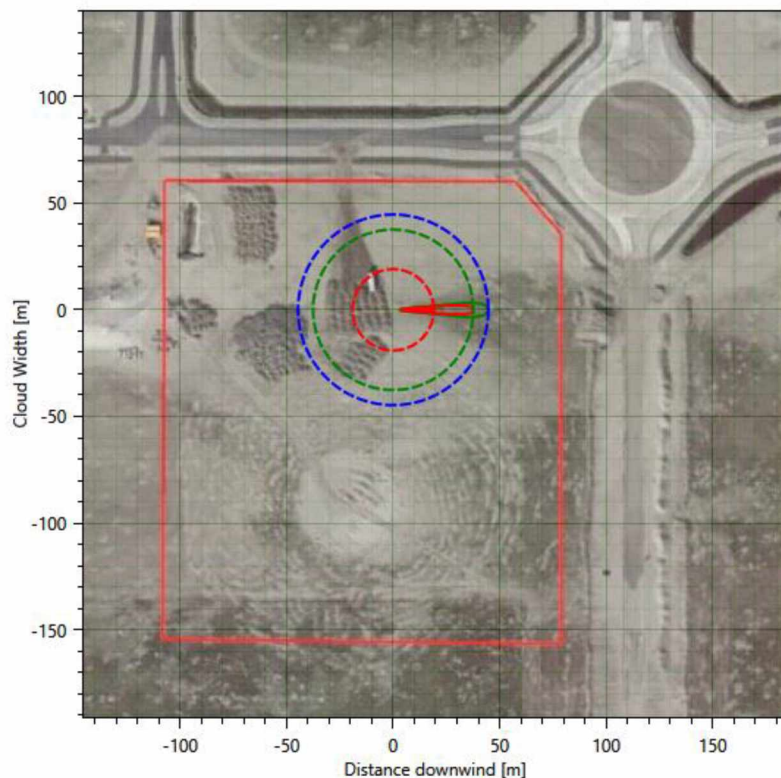
3.3.5 Gebouw met ammoniak koelsysteem

In het geval dat het gebouw bezwijkt kunnen mogelijk leidingen binnen het ammoniak koelsysteem volledig breken. In het gebouw staan 2 koelsystemen met ieder een inhoud van 53 kg ammoniak. Aangezien details als leidingdiameters nog niet bekend is, zijn als basis de generieke systeem gegevens gebruikt uit het RIVM rapport "Afstandentabel ammoniak koelinstallaties" [ref. 4]. Dit is een worst case aanname, aangezien de besproken systemen in dit rapport tussen 200 kg en 10.000 kg ammoniak bevatten en dus leidingdiameter waarschijnlijk groter zullen zijn dan het systeem voor het HH1 project. Aangenomen operatiewaarden zijn:

- Operatiedruk 15,6 barg (persdruk van pomp);
- Operatietemperatuur: -10°C (temperatuur afscheidervat);
- Leidingdiameter: 125 mm (grootste leiding in het systeem, dampleiding lage druk zijde).
- Pompcapaciteit: 1 kg/s.

Aangezien het gebouw 2 units bevat, kan in een worst case situatie de leiding van beide units volledig doorbreken. Voor het modeleren van een ammoniak lek is daarom een equivalente diameter van 177 mm genomen.

Vanwege het feit dat ammoniak toxisch is, zijn de 50% letaliteit (rood), 10% letaliteit (groen) en 1% letaliteit (blauw) toxiciteitcontouren (en de gestreepte effectzone) in onderstaand figuur weergegeven.



Figuur 3.3.13 50% (rood), 10% (groen) en 1% (blauw) letaliteit toxiciteit effectcontouren van ammoniak koelsysteem

Het resultaat laat zien dat de effectzones een beperkt gebied binnen het HH1 terrein beslaan. De maximale reikwijdte van de 1% letaliteitswolk is circa 45 meter en zal zelfs bij ongunstige uitstroomrichting en wind, niet tot het controle gebouw reiken, waar de meeste werknemers zich zullen bevinden.

In het geval dat het ammoniak gebouw zou bezwijken kunnen de opgeslagen vloeistoffen binnen het gebouw gaan lekken. Deze hoeveelheden zijn echter zo klein dat het mogelijk milieu effect minimaal zal zijn en zeer lokaal.

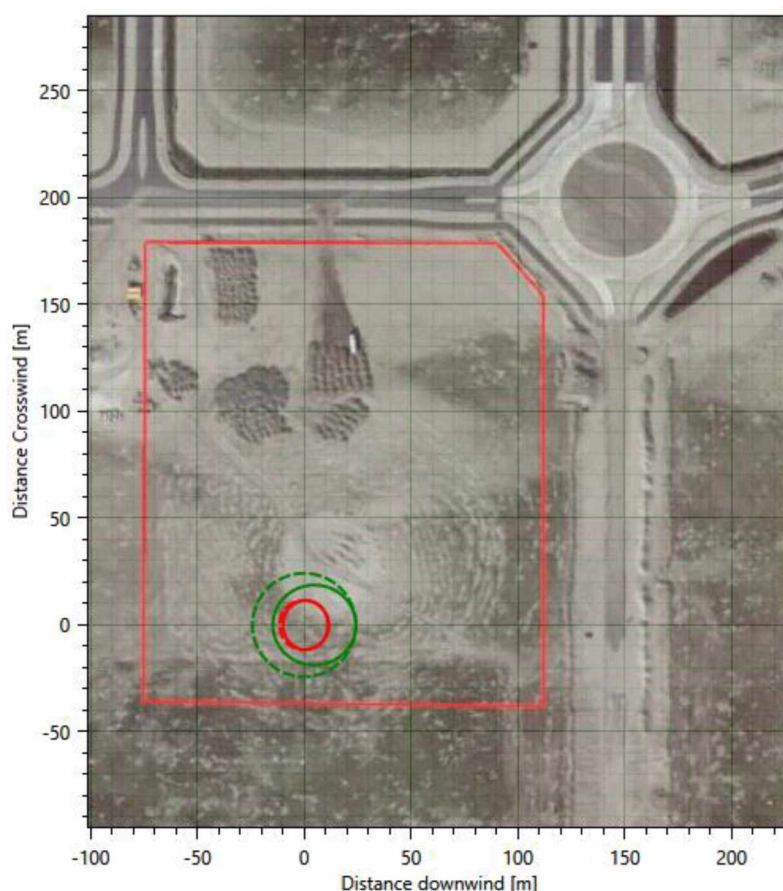
Zie 3.2.5	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2= Middelmatig CC1= Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Deformatie Staal en Dak Constructie	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij ammoniak vrijkomt.	Alleen lokaal binnen HH1 terrein	≤5	Alleen voor Shell mogelijk aanzienlijk	Minimale milieu-verontreiniging, alleen lokaal op het HH1 terrein	Lokaal en blijft binnen het HH1 terrein
Bezwijken Betonnen Draagconstructie vloer						

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolgklasse CC2 toereikend is.

3.3.6 Ommuring transformatoren

In het geval van het bezwijken van een muur rondom de transformatoren kan als worst case de transformatorolie uit de transformator in ondergelegen put lekken. In geval van ontsteking kan er een plasbrand ontstaan.

De 10 kW/m^2 (groen) en 35 kW/m^2 (rood) warmtestralingscontouren (en de gestreepte effectzone) zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.14 10 kW/m^2 (groen) en 35 kW/m^2 (rood) warmtestralings-contouren transformatorolie plasbrand

Het resultaat laat zien dat de effectzones een beperkt gebied binnen het HH1 terrein beslaat. De maximale reikwijdte van de 10 kW/m^2 warmtestralingscontour is circa 25 meter en zal zelfs bij ongunstige windrichting niet tot het controle gebouw reiken, waar de meeste werknemers zich zullen bevinden.

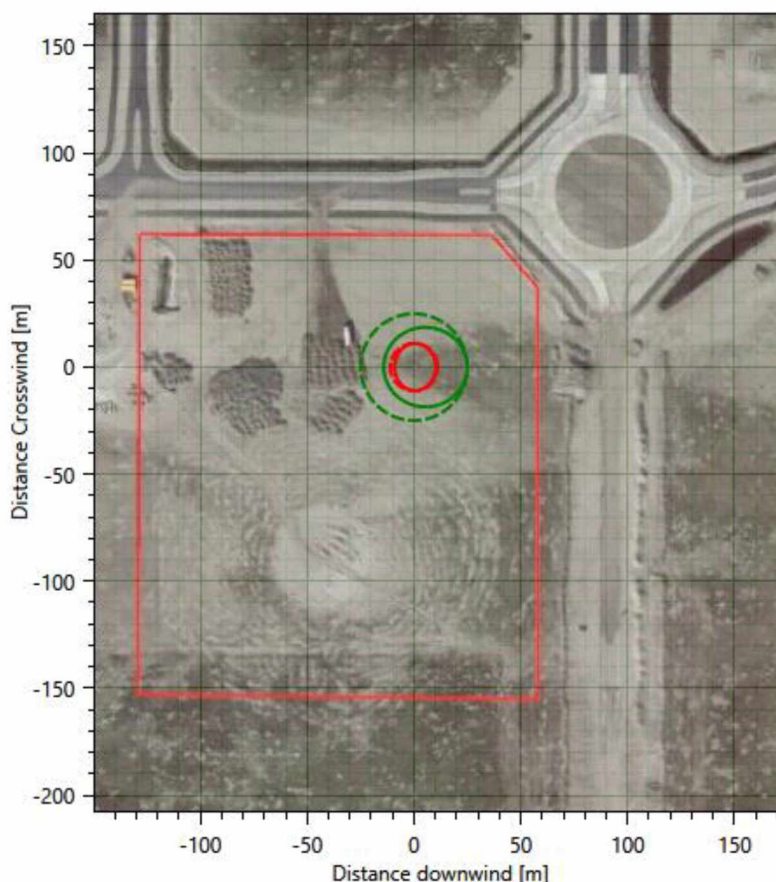
Zie 3.2.6	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2= Middelmatig CC1= Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Bezwijken Wand	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij transformatorolie vrijkomt.	Alleen lokaal binnen HH1 terrein	≤ 10	Alleen voor Shell mogelijk aanzienlijk	Minimale milieu-verontreiniging, alleen lokaal op het HH1 terrein	Lokaal en blijft binnen het HH1 terrein
Bezwijken Transformator Fundatie						

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolgklasse CC2 toereikend is.

3.3.7 Fundering dieselvat

Het HH1 project bevat een dieselvat (circa 4 m³) voor een generator in het geval dat de stroom uitvalt. In geval van een lekkage en ontsteking zal er een plasbrand ontstaan.

De 10 kW/m² (groen) en 35 kW/m² (rood) warmtestralingscontouren (en de gestreepte effectzone) zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.15 10 kW/m² (groen) en 35 kW/m² (rood) warmtestralings-contouren diesel plasbrand

Het resultaat laat zien dat de effectzones een beperkt gebied binnen het HH1 terrein beslaat. De maximale reikwijdte van de 10 kW/m² warmtestralingscontour is circa 25 meter en zal zelfs bij ongunstige windrichting niet tot het controle gebouw reiken, waar de meeste werknemers zich zullen bevinden.

Mogelijke milieu effecten door het lekken van dit dieselvast zullen door de beperkte hoeveelheid zeer lokaal blijven.

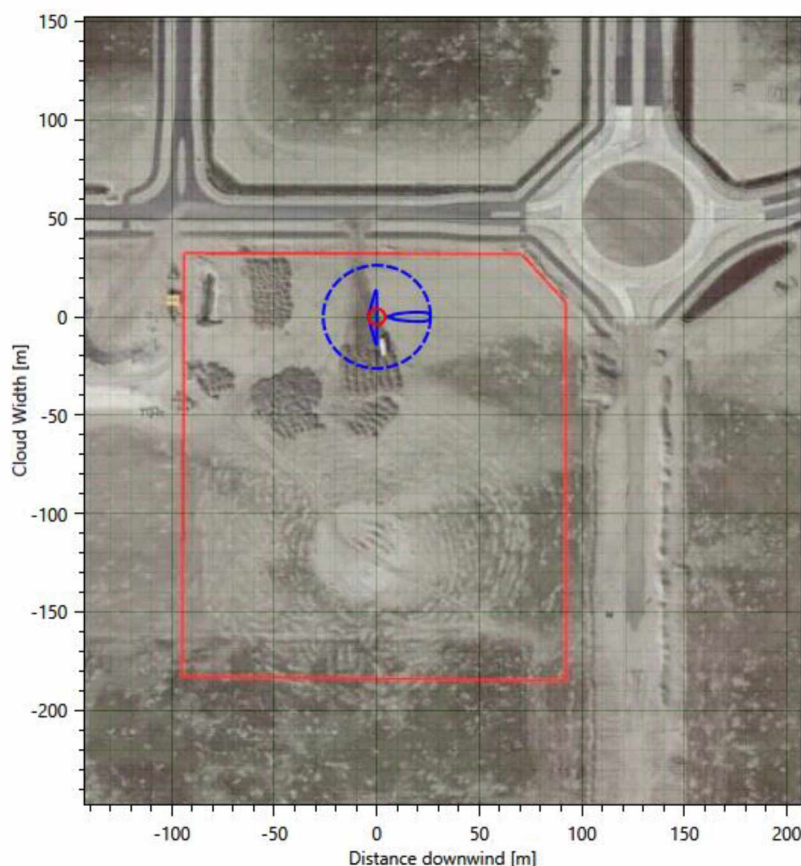
Zie 3.2.7	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2 = Middelmattig CC1 = Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Zakking Fundatie	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij dieselolie vrijkomt.	Alleen lokaal binnen HH1 terrein	≤ 10	Alleen voor Shell klein	Minimale milieu-verontreiniging, alleen lokaal op het HH1 terrein	Lokaal en blijft binnen het HH1 terrein

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolgklasse CC2 toereikend is.

3.3.8 Fundering stikstofvat

Het HH1 project bevat een vat (circa 100 m³) met vloeibaar stikstof. In het geval van het doorbreken van de leiding (80 mm) zal de vloeibare stikstof in de omliggende opvangbak stromen en een verstikkende wolk genereren. De 1% letaliteit staat gelijk aan blootstelling van slechts 16% zuurstof gedurende 60 minuten. Dit betekent dat een pure stikstof wolk verdund moet worden tot 23600 ppm om boven dit percentage te komen.

1% letaliteit (blauw) stikstofcontour en het effectgebied zijn in onderstaand figuur weergegeven.



Figuur 3.3.15 1% (blauw) letaliteit verstikkingscontouren van het vloeibaar stikstofvat

Het resultaat laat zien dat de effectzone een beperkt gebied binnen het HH1 terrein beslaat. De maximale reikwijdte van de 1% letaliteitswolk is circa 24 meter en zal zelfs bij ongunstige windrichting, niet tot het controle gebouw reiken, waar de meeste werknemers zich zullen bevinden.

Zie 3.2.8	Effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2 = Middelmatig CC1 = Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Zakking Fundatie	Constructieve schade t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij vloeibaar stikstof vrijkomt.	Alleen lokaal binnen HH1 terrein	≤ 5	Alleen voor Shell klein	Geen milieu-verontreiniging	Lokaal en blijft binnen het HH1 terrein

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat voor dit systeem een gevolgklasse CC2 toereikend is.

4. Domino-Effecten

4.1 Algemeen

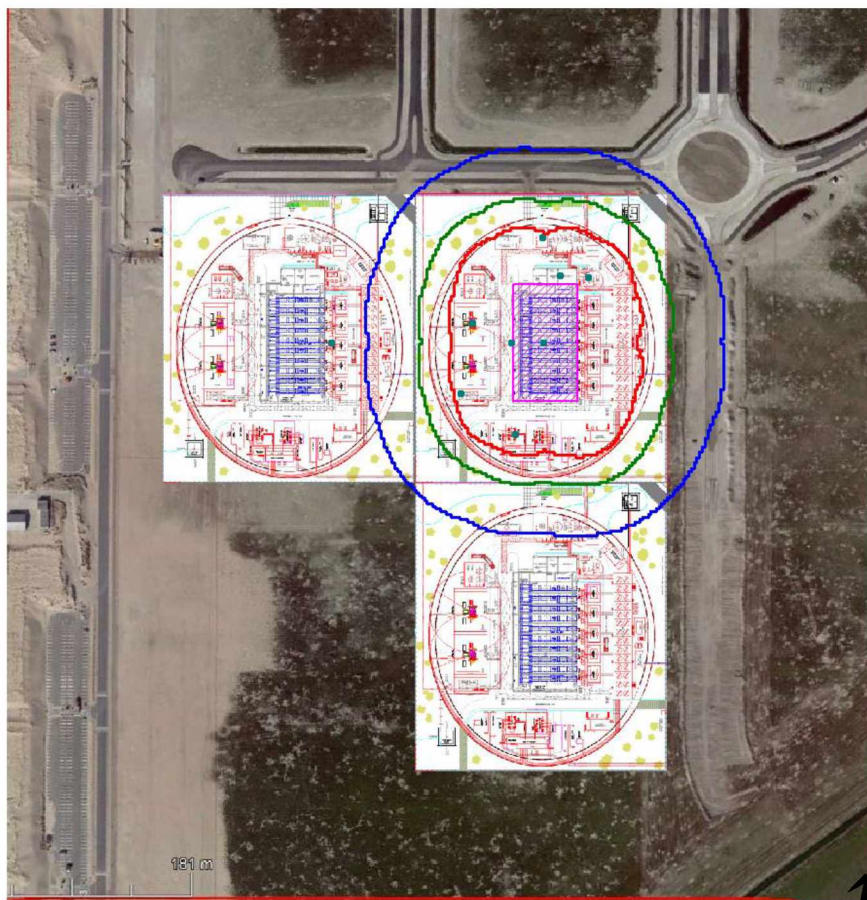
Naast de effecten die worden veroorzaakt door een calamiteit binnen HH1 terrein, zijn eveneens de mogelijk resulterende domino-effecten bepaald voor het scenario met het meest worst case effect over de HH1 terreingrens. Dit betreft het scenario waarbij het elektrolyse gebouw bezwijkt. Daarbij komen alleen de overdrukeffecten over de HH1 terreingrens (zie figuur 3.3.1) en zijn daarom alleen de overdruk gerelateerde domino-effecten geëvalueerd.

Deze overdrukwaarden zijn gebaseerd op het document “Instrument Domino-Effecten” [ref. 5, tabel 7]:

- 450 mbar voor procesinstallaties/reactoren en bovengrondse transportleidingen.
- 200 mbar voor atmosferische opslagtanks.
- 100 mbar voor opslaggebouwen.

In de huidige situatie zijn nog geen andere bebouwingen aanwezig rondom het geplande HH1 terrein. Echter de toekomst plannen zijn om ten westen en zuiden van het HH1 terrein een gelijksoortige faciliteit te bouwen als HH1.

Voor het evalueren van de domino-effecten is daarom de HH1 faciliteit in het westen en zuiden geprojecteerd en daarvan mogelijke domino-effecten geëvalueerd, zoals in onderstaande afbeelding is weergegeven. Daarbij zijn de bovengenoemde overdrukcontouren: 100 mbar (blauw), 200 mbar (groen) en 250 mbar (rood) in geval van het bezwijken van het elektrolysegebouw eveneens weergegeven.



Afbeelding 4.1.1 Google maps foto met de overdrukcontouren: 100 mbar (blauw), 200 mbar (groen) en 250 mbar (rood) van de HH1 Plant en geprojecteerde toekomstige gelijksoortige faciliteiten

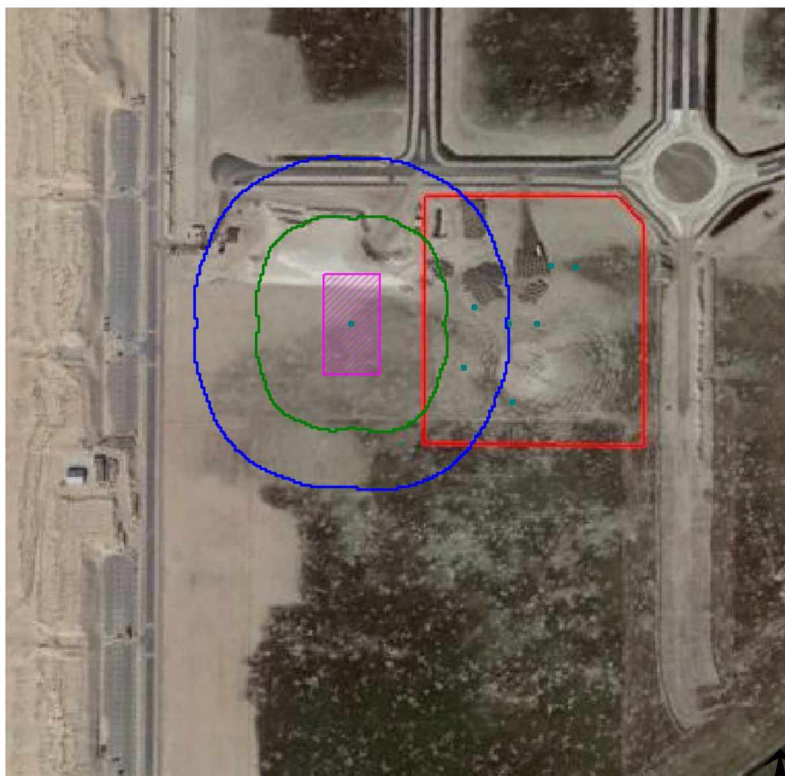
Zoals in bovenstaande afbeelding te zien is, blijft de 200 mbar overdrukcontour voornamelijk binnen het HH1 terrein. Alleen de 100 mbar overdrukcontouren overlapt de naast gelegen toekomstige faciliteiten. Daarbij zullen gebouwen die niet ontworpen zijn tegen deze overdrukken bezwijken. Dat zal het geval zijn voor een gelijke soortige controlegebouw als op het HH1 terrein (zie toekomstige faciliteit ten zuiden van het HH1 terrein). De andere gebouwen met gevaarlijke stoffen staan niet binnen deze 100 mbar overdruk contour. Dus op basis van de gelijke indeling als het HH1 terrein resulteert het bezwijken van het elektrolysegebouw (naast het bezwijken van een controlegebouw) niet tot domino-effecten bij de naastgelegen faciliteiten.

In het geval dat de indeling van de toekomstige naastgelegen terreinen verschilt van de indeling van het HH1 terrein, zal als worst case situatie een gelijksoortige elektrolyse gebouw binnen deze contour staan. Dit zou dan binnen 40 meter van de HH1 terreingrens zijn. Om het domino-effect van deze situatie te evalueren is ten westen op 40 meter afstand, eenzelfde elektrolyse gebouw geplaatst.

4.2 Effectberekeningen

In het geval dat een naast gelegen elektrolysegebouw zou bezwijken zal als worst case de gelijke effecten zoals beschreven in paragraaf 3.3.1 plaatsvinden. Aangezien alleen de overdrukcontouren over de terreingrens reiken, zijn alleen deze contouren verder geëvalueerd.

De 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren van een naastgelegen elektrolysegebouw (op 40 meter ten westen van het HH1 terrein) zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3.3.1 300 mbar (groen) en 100 mbar (blauw) explosie-overdrukcontouren van waterstofsysteem in een naast gelegen elektrolysegebouw

4.3 Evaluatie

Gebaseerd op de resultaten van de effectberekeningen in paragraaf 4.2 kan geconcludeerd worden dat de domino-effecten als gevolg van constructieve schade in het HH1 elektrolysegebouw (worst case scenario), resulteert in gelijke effecten in het geval dat een toekomstige elektrolysegebouw binnen 40 meter van HH1 terrein grens wordt geplaatst. De domino-effect afstanden blijven grotendeels binnen het naastgelegen terrein en over het HH1 terrein.

De risicoanalyse van de domino-effect is als volgt:

Zie 4.1	Domino-effect	Blootstelling	Risico t.a.v. Mensenlevens	Risico t.a.v. economische gevolgen	Risico t.a.v. sociale gevolgen	Risico t.a.v. omgeving
Classificering			CC3= Groot (>500) CC2 = Middelmatig CC1 = Gering	CC3 = Zeer Groot CC2 = Aanzienlijk CC1 = Klein/ verwaarloosbaar		
Deformatie Staal en Dak Constructie	Constructieve schade in naastgelegen electrolysegebouw t.g.v. flinke deformatie constructie en afbreken van flenzen waarbij waterstof vrijkomt.	Alleen lokaal	≤ 135	Aanzienlijk	Milieu-verontreiniging alleen lokaal	Alleen lokaal
Zakking Fundatie						

Inclusief het maximaal aantal slachtoffers die in deze situatie eveneens op het HH1 terrein kunnen vallen, zal het maximaal aantal slachtoffers ≤ 250 zijn.

Op basis van de bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat ook voor de domino-effecten een gevolgklasse CC2 toereikend is.

5. Conclusie

Omdat voor het project een vergunning Wabo-bouw vereist is, dient te worden voldaan aan de eisen uit het Bouwbesluit en NEN-EN-1990-NB2019. Deze norm bevat eisen ten aanzien van de constructieve betrouwbaarheid van bouwwerken. Afhankelijk van de gevolgschade van het bezwijken van de constructie dient deze ontworpen te worden volgens een bepaalde Consequence Class (CC, gevolgklasse), variërend van CC1 (geringe of verwaarloosbare gevolgen) tot CC3 (zeer grote gevolgen). Vertrekpunt is dat industriële bouwwerken waarvoor een omgevingsvergunning nodig is, ontworpen dienen te worden volgens CC3.

Reductie van de gevolgklasse is mogelijk in gevallen waarin aannemelijk kan worden gemaakt dat de gevolgschade als gevolg van het bezwijken van de constructie gering (CC1) tot middelmatig (CC2) is. Voor alle onderdelen van het project met waterstof, ammoniak, olie en stikstof is met behulp van de NEN-EN-1990-NB2019 een risicoboordeling uitgevoerd, waarbij is nagegaan onder welke gevolgklasse de bouwvergunningplichtige onderdelen van dit project vallen. Daarnaast zijn tevens, voor het grootste scenario, de daaraan te relateren domino-effecten geëvalueerd.

Op basis van de risicoanalyses, kan geconcludeerd worden dat voor het HH1 project geldt dat:

- er weliswaar effecten zijn, maar dat het maximaal aantal slachtoffers in de meest worst case scenario ver beneden de 500 slachtoffers blijft, zowel binnen als buiten het terrein van Shell;
- er weliswaar materiële en dus economische schade zal zijn, maar dat deze voor rekening van Shell komt en niet voor de samenleving;
- er sociale gevolgen zijn bijvoorbeeld voor het milieu, maar dat deze zeer lokaal en beperkt van omvang zijn.

Met deze analyse en op grond van NEN-EN-1990-NB2019, tabel NB.23, is geconcludeerd dat voor alle civiele constructies met waterstof-, ammoniak-, oliesystemen en stikstof gevolgklasse CC2 toereikend is. Daaruit volgt dan ook dat voor de civiele constructies voor systemen met minder gevaarlijke stoffen, waaronder ook het CCR gebouw, gevolgklasse CC2 eveneens toereikend is.