QRA Opslag Lithium-Ion

QRA Opslag Lithium-Ion Heijplaatweg 4 Rotterdam Heijplaat

Status	**definitief**
Versie	002
Rapport	M.2022.1390.03.R002
Datum	29 januari 2025

Adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software

Colofon

Opdrachtgever	Broekman Project Services Heijplaatweg 4 3089 JC Rotterdam
Contactpersoon opdrachtgever	2E 2E @broekmanlogistics.com
Project	Broekman Project Services - Vergunningsaanvraag Opslag Lithium-Ion
Betreft	QRA Opslag Lithium-Ion
Uw kenmerk	-
Rapport	M.2022.1390.03.R002
Datum	29 januari 2025
Versie	002
Status	definitief
Uitgevoerd door	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Casuariestraat 5 2511 VB Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
Contactpersoon	2E 2E 2E dgmr.nl
Auteur	2E 2E 2E dgmr.nl
Projectadviseur	2E 2E 2E @dgmr.nl
2e lezer/secr.	2E | 2E

k:\doc\m\2022\139003\m202213903r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

Inhoud

1. Inleiding 4

2. Situatie 5
2.1 Containeroverslag 6
2.2 Opslag lithium ion 6

3. Wetgeving 8
3.1 Landelijk beleid 8
3.2 Decentraal beleid 10

4. Risicoberekening 11
4.1 Rekenmethodiek overslag geklasseerde containers 11
4.2 Rekenmethodiek opslag lithium ion energiedragers 13
4.3 Overige modelinstellingen 16

5. Resultaten 17
5.1 Plaatsgebonden risico 17
5.2 Groepsrisico 19
5.3 Effectafstanden 19
5.4 Aandachtsgebieden 20

6. Conclusie 22

Bijlagen
Bijlage 1 Toelichting populatie
Bijlage 2 Maximum effectafstanden

k:\doc\m\2022\139003\m2022139003r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

1. Inleiding

Broekman Project Services beschikt over een bedrijfslocatie aan de Heijplaatweg 4 in Rotterdam Heijplaat. Het bedrijf heeft zich voorgenomen om de bestaande bedrijfsactiviteiten uit te breiden met de opslag van energieopslagsystemen in hal 1.

Vanwege het externe risico van deze opslag heeft DGMR vanuit het aspect omgevingsveiligheid een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd. Hiermee zijn de risico's voor de omgeving in beeld gebracht.
Daarbij brengen we de externe risico's in beeld vanwege de voorgenomen activiteit en ook een actualisatie van de risicoanalyse van de bestaande overslag van containers met geklasseerde stoffen.

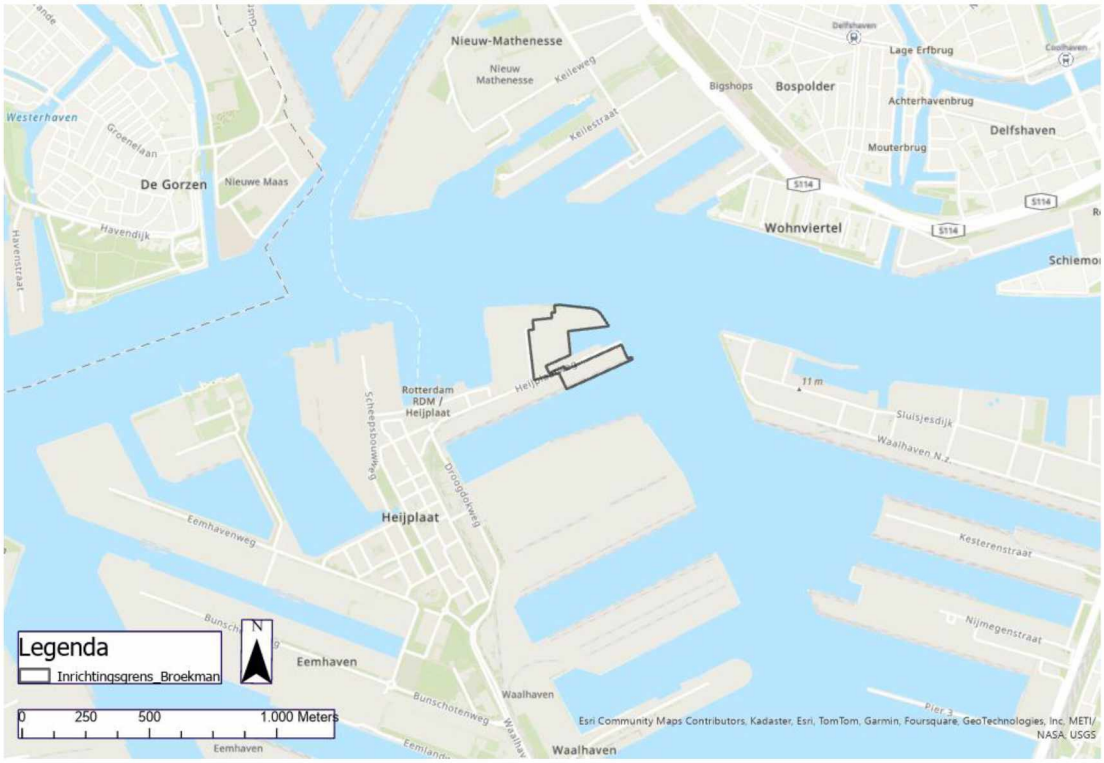
Dit rapport beschrijft de effecten van de activiteiten met gevaarlijke stoffen op het gebied van omgevingsveiligheid. In hoofdstuk 2 staat de situatie beschreven voor zover van toepassing op het externe risico en in hoofdstuk 3 het van toepassing zijnde wettelijke kader.
Vervolgens beschrijft hoofdstuk 4 de risicoanalyse en staan de resultaten van deze analyse uitgewerkt in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 is een samenvattende conclusie van het onderzoek.

Dit rapport is een actualisatie van de eerder opgestelde QRA van 4 oktober 2024. Naar aanleiding van discussies over de voorgenomen opslag is opgemerkt dat voor Megapacks eisen gelden ten aanzien van brandpropagatie. Een Megapack is opgedeeld in meerdere rekken die onderling 30 minuten of langer brandwerend zijn gescheiden en daarmee als een apart brandcompartiment kunnen worden gezien. Het volume dat daardoor in een halfuur kan ontbranden, is aanzienlijk lager dan voorheen verondersteld en daarmee ook het externe risico.

k:\doc\m\2022\139003\m202213903r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

2. Situatie

Broekman Project Services ligt aan de Heijplaatweg 4 in Rotterdam Heijplaat. Figuur 1 toont de ligging van het bedrijf ten opzichte van zijn omgeving en figuur 2 toont de indeling van het terrein. De afstand tot de woonkern Heijplaat is ruim 500 meter.
De locatie is in het Omgevingsplan van de gemeente Rotterdam, waarin het bestemmingsplan Waalhaven en Eemhaven van 22 februari 2018 is opgenomen, aangewezen als Bedrijf - Overig stukgoed. De hoofdactiviteiten van Broekman Project Services zijn logistieke werkzaamheden en passen binnen de in het Omgevingsplan aangewezen functie. Goederen worden aangevoerd met vrachtwagens of per schip.
Het bedrijf opereert onder een omgevingsvergunning met kenmerk 9999112593 en deze is verleend op 17 september 2019. Met betrekking tot externe veiligheid zijn de activiteiten met betrekking tot containeroverslag vastgelegd in een revisievergunning uit 2012 op het terrein ten zuiden van de Heijplaatweg.
De vergunde doorzet staat uitgewerkt in paragraaf 2.1. Nieuw is de voorgenomen opslag van de lithium-ion batterijen in hal 1. Deze activiteit staat uitgewerkt in paragraaf 2.2.



figuur 1: ligging Broekman Project Services

figuur 2: overzicht Broekman Project Services met ligging activiteiten met extern risico: containeroverslag en hal 1 met de opslagvoorziening.

2.1 Containeroverslag

Broekman Project Services beschikt over een vergunning om jaarlijks 1.500 containers met geklasseerde stoffen over te slaan aan de zuidzijde van de Heijplaatweg. Tabel 1 geeft een overzicht van deze containers op basis van de QRA 2009 [1] / beschikking 2012. De containers ondervinden gemiddeld acht verticale handelingen en staan gemiddeld twaalf dagen in de stack.

tabel 1: doorzet containers met geklasseerde stoffen

Klasse	Aantal [n/jaar]
GF2	20 tankcontainers
GF3	20 tankcontainers
LF1+2	500 tankcontainers
LT1	20 tankcontainers
LT2	20 tankcontainers
GT4	3 boxcontainers
LT3	3 boxcontainers
Niet relevant	914
Totaal	1.500

2.2 Opslag lithium ion

Nieuw is de voorgenomen opslag van de lithium-ion batterijen in hal 1. Deze hal is 123 meter bij 23 meter en is 18,8 meter hoog. Om een brand snel te detecteren is de hal voorzien van vlammelders. Wanneer sprake is van brand worden de blusmonitoren ingezet. Om branduitbreiding

[1] DGMR-rapport I.2007.5196.03.R001 van 15 december 2009

k:\doc\m\2022\139003\m202213900 3r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

binnen de hal te voorkomen wordt bovendien tussen de opslagsystemen een meter vrije ruimte gehouden.
Het exacte type batterijen is nog niet bekend; ten aanzien van de State of Charge gaat Broekman ervan uit dat de energiedragers maximaal 30% geladen zijn, conform de transportwetgeving voor nieuwe EOS-opslagsystemen. Broekman richt zich op de Megapacks, ofwel systemen met een omvang van een halve tot twee zeecontainers (15 tot 40 ton). Deze systemen hebben een brandwerende omkasting en ook binnen de Megapacks zijn brandwerende scheidingen. De Megapacks worden niet gestapeld en alleen op vloerniveau opgeslagen.
Losse energiedragers zijn niet voorzien, maar mocht de situatie zich voordoen worden ook deze energieopslagsystemen opgeslagen binnen een brandwerende omkasting[2].

[2] Bijvoorbeeld een PGS-kluis of een container met voldoende brandwerendheid.

3. Wetgeving

3.1 Landelijk beleid

Omgevingsveiligheid beschrijft de kans dat personen in de omgeving van een activiteit waar met gevaarlijke stoffen wordt gewerkt, slachtoffer worden van een ongeval met die stoffen. Dit kan zowel een transportroute als een inrichting betreffen. De wetgeving voor omgevingsveiligheid rondom inrichtingen staat beschreven in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl). Het beleid omgevingsveiligheid is gericht op een verantwoorde situering van activiteiten waarbij ongevallen met effecten op de omgeving niet kunnen worden uitgesloten.

De mate van blootstelling wordt uitgedrukt in de kans op dodelijke effecten. Er zijn twee componenten om de grootte van dit gevaar uit te drukken. Ten eerste de grootte van het effect dat samenhangt met de gevaareigenschappen van een stof (giftigheid, brandbaarheid, hoeveelheid, en dergelijke). Ten tweede de kans dat een dergelijk effect optreedt, wat samenhangt met de activiteiten die tot een ongeval kunnen leiden (opslag, overslag, aantal handelingen en dergelijke). Beide componenten worden tot uitdrukking gebracht wanneer gevaren worden uitgedrukt in risico's. Door een risico wordt een gevaar gekwantificeerd (in een getal uitgedrukt) en onder meer vergelijkbaar gemaakt met normen. De omvang van de gevaren voor de omgeving wordt uitgedrukt met twee risicobegrippen: plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR). Voor de mate van aanvaardbaarheid van deze risico's zijn in het Bkl-normen vastgesteld. De vergunde activiteit van Broekman Project Services staat als containeroverslag opgenomen in bijlage VII van het Bkl. Voor deze activiteiten dienen de risico's rekenkundig te worden bepaald. De opslag van energieopslagsystemen is op dit moment nog niet opgenomen in het Bkl.

3.1.1 Plaatsgebonden risico

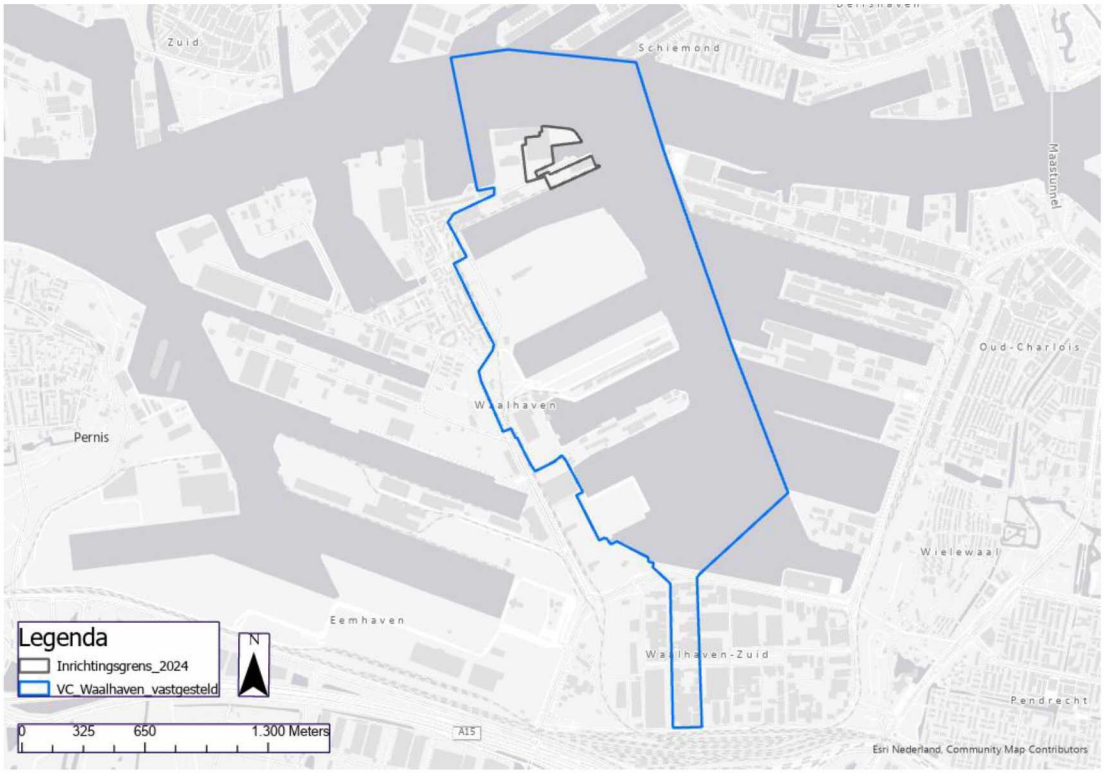
Onder het plaatsgebonden risico (PR) wordt verstaan: de kans per jaar op het overlijden van één fictief persoon op een vaste locatie als gevolg van een ongeval. Het PR met een bepaalde waarde kan rond een inrichting of een vervoersas als lijn op de kaart worden weergegeven, de zogenoemde risicocontour. Voor het plaatsgebonden risico bij zo'n contour geldt een grenswaarde: in een nieuwe situatie mag een kwetsbaar gebouw of terrein, zoals bijvoorbeeld woonbebouwing, een woonhuis of een kantoor groter dan 1.500 m^2, niet binnen een 10^6/jr-contour liggen (10^6/jr is een verkorte schrijfwijze voor eens per miljoen jaar, vandaar het jargon '10 min 6' voor de kans 1/1.000.000 jaar).

Voor beperkt kwetsbare objecten geldt ook de waarde van 10^{-6}, maar nu met de status van richtwaarde. Binnen die contour kan met een nieuw object of een uitbreiding van de inrichting alleen worden ingestemd, wanneer het bevoegd gezag met gewichtige redenen motiveert waarom een hogere waarde wordt toegestaan.

Voor de westzijde van de Waalhaven geldt een uitzondering. De provincie Zuid-Holland heeft voor dit industriegebied conform het Bevi artikel 14 een veiligheidscontour vastgesteld[3]. Binnen deze contour zijn zeer kwetsbare gebouwen niet toegestaan. Kwetsbare en beperkt kwetsbare gebouwen zijn toegestaan mits dit naar het oordeel van het bevoegd gezag noodzakelijk is voor het gebied of een binnen het gebied toegelaten activiteit. Figuur 3 toont de ligging van de veiligheidscontour/risicogebied waarbinnen het PR niet hoeft te worden getoetst. Op de rand van de contour moet het plaatsgebonden risico worden getoetst en voldoen aan 10^{-6}/jaar.

[3] Dit is onder de Omgevingswet een risicogebied op basis van artikel 5.16 Bkl.

k:\doc\m\2022\139003\m202213900 3r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025



figuur 3: ligging risicogebied externe veiligheid (veiligheidscontour) Waalhaven. Op de blauwe lijn moet aan de grenswaarde van 10^{-6}/jaar worden voldaan (bron: Besluit tot vaststelling van de Veiligheidscontour Waalhaven [4]).

3.1.2 Groepsrisico

Bij het beoordelen van een milieubelastende activiteit moet ook de kans op het overlijden van een groep van tien of meer personen per jaar als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door de activiteit worden beschouwd. Dit is één van de resultaten voor de rampenbestrijding, waarbij vastgesteld wordt of de aangevraagde activiteit past binnen de beschikbare operationele prestatie van hulpverleningsdiensten. Voor deze kans geldt met het ingaan van de Omgevingswet en het vervallen van het Bevi geen toetsingskader meer. Wij sluiten hiervoor aan bij de oriëntatiewaarde die voorheen werd gebruikt bij het beoordelen van het groepsrisico.

De risico's worden berekend in een zogenoemde kwantitatieve risicoanalyse (QRA). De wijze van analyse, rekenwijze en rapportage zijn door de overheid vastgelegd in het Handboek Omgevingsveiligheid met een nadere uitwerking in een per type risicobron uitgewerkt Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. Voor bedrijven zijn Modules I en II van toepassing en het rekenprogramma Safeti-NL versie 9.2.

[4] https://www.zuid-holland.nl/politiek-bestuur/bestuur-zh/gedeputeerde-staten/besluiten/besluit/vaststelling-besluit-veiligheidscontour-waalhaven

k:\doc\m\2022\139003\m2022139003r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

3.2 Decentraal beleid

Aanvullend op het nationale beleid heeft de provincie Zuid-Holland eigen beleid opgesteld[5].
Dit besluit is een nadere uitwerking van het voormalige Bevi, waarin staat aangegeven bij welke omvang van het groepsrisico welke maatregelen moeten worden overwogen. Het beleid stelt dat:

- In de QRA gestelde maatregelen en de door de veiligheidsregio geadviseerde redelijkerwijs te nemen maatregelen moeten worden geborgd.
- Een groepsrisico kleiner dan 0,1 keer de oriëntatiewaarde is verantwoord.
- Een groepsrisico tussen 0,1 en 1 keer de oriëntatiewaarde is verantwoord als onder meer de variant met het laagste groepsrisico is overwogen en aanvullende maatregelen zijn overwogen.
- Een groepsrisico groter dan de oriëntatiewaarde is verantwoord als onder meer de variant met het laagste groepsrisico is overwogen, aanvullende maatregelen zijn overwogen, ruimtelijke maatregelen en het weglaten van populatie van nabijgelegen Bevi-bedrijven.

[5] Besluit van Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland van 17 december 2013, pzh-2013-451059199

k:\doc\rm\2022\139003\m202213903r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

4. Risicoberekening

4.1 Rekenmethodiek overslag geklasseerde containers

4.1.1 Uitgangspunten

In het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module II hoofdstuk 8 staan de rekenvoorschriften voor het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse voor een containeroverslagbedrijf. Alle voorgeschreven ongevalskansen gelden modelmatig voor een standaardsituatie. Dit omvat bijvoorbeeld preventieve en repressieve maatregelen om escalatie van bovengenoemde brand naar een andere container te voorkomen, zoals een plaatsingssysteem, dat bij de toekenning van posities rekening houdt met de IMDG-scheidingsregels, respectievelijk begrenzing van vloeistofbranden. Ook moet een (tank)container met geklasseerde stoffen altijd zo zijn opgesteld, dat deze in geval van lekkage of erger bereikbaar is door deze uitsluitend aan de buitenkant van de stacks te plaatsen.

Ten opzichte van de risicoanalyse uit 2009 en vergunning uit 2012 hebben we de volgende uitgangspunten aangepast:

- Boxcontainers LT3 en GT4 zijn destijds verwaarloosd; inmiddels is hier een rekenmethodiek voor vastgesteld.
- De voorbeeldstoffen voor LF2, LT2 en LT3 zijn gewijzigd met het vervallen van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi.
- GF2 en GF3 zijn erg vergelijkbaar qua gevaren. We rekenen het totaal van GF2 en GF3 door als GF3, wat een kleine overschatting is van het totale risico.

4.1.2 Ongevalsscenario's

Voor een containeroverslagbedrijf schrijft het rekenvoorschrift drie typen scenario's voor:

- Een lek van een container als gevolg van een ongeval met verticale handelingen.
- Instantaan falen in de stack.
- Een BLEVE van een container GF3 als gevolg van een plasbrand in de stack.

Verticale handelingen

Tijdens het traject over de terminal vinden overslaghandelingen met containers plaats die kunnen leiden tot het vrijkomen van de gevaarlijke inhoud. Per standaardoverslag wordt een kans van $1 * 10^{-6}$ op een lekkage en $1 * 10^{-7}$ op een grote uitstroming aangehouden. Deze standaardoverslag is gebaseerd op zes verticale handelingen, zoals hijsen, overzetten en stapelen.
Voor boxcontainers geldt één uitstroomscenario:

- voor gassen komt de inhoud vrij in de boxcontainer en
- voor vloeistoffen komt 1 m^3 vrij in 30 seconden.

De initiële faalkans is net als voor het kleine lek $1*10^{-6}$ per 6 handelingen. In tabel 2 zijn de kansen per zes verticale handelingen uitgerekend.

tabel 2: faalkansen per verticale handeling containeroverslag

Stofcategorie	Aantal volle tankcontainers [n/jaar]	Initiële faalkans groot lek [/6 handelingen]	Kans groot lek per 6 handelingen	Initiële faalkans klein lek [/6 handelingen]	Kans klein lek per 6 handelingen
GF2 + GF3	40	$1,0 * 10^{-7}$	$4,0 * 10^{-6}$	$1,0 * 10^{-6}$	$4,0 * 10^{-5}$
LF1+2	500	$1,0 * 10^{-7}$	$5,0 * 10^{-5}$	$1,0 * 10^{-6}$	$5,0 * 10^{-4}$
LT1	20	$1,0 * 10^{-7}$	$2,0 * 10^{-6}$	$1,0 * 10^{-6}$	$2,0 * 10^{-5}$
LT2	20	$1,0 * 10^{-7}$	$2,0 * 10^{-6}$	$1,0 * 10^{-6}$	$2,0 * 10^{-5}$
LT3 (box)	3			$1,0 * 10^{-6}$	$3,0 * 10^{-6}$
GT4 (box)	3			$1,0 * 10^{-6}$	$3,0 * 10^{-6}$

Stofcategorie	Aantal volle tankcontainers [n/jaar]	Initiële faalkans groot lek [/6 handelingen]	Kans groot lek per 6 handelingen	Initiële faalkans klein lek [/6 handelingen]	Kans klein lek per 6 handelingen
Niet relevant	914				
Totaal	1.500				

Vervolgens worden de ongevalsscenario's evenredig met het aantal handelingen over de locatie verdeeld. Een container ondervindt gemiddeld 8 handelingen:

- Een kraan hijst containers die per schip aankomen van boord (één verticale handeling) en plaatst deze op de kade (één verticale handeling).
- Een reachstacker pakt de container op (één verticale handeling) en plaatst de container in de stack waarin de geklasseerde containers staan opgeslagen (één verticale handeling).
- Binnen de stack is sprake van één tussenverplaatsingen per container (twee verticale handelingen).
- Tot slot haalt de reachstacker de container uit de stack en plaatst deze op een vrachtwagen, die de container afvoert (twee verticale handelingen).

We verdelen de ongevalskansen evenredig met het aantal handelingen over het terrein:

- 3 handelingen op de kade en schip; de correctie van de faalkans wordt daarmee 3/6 = 0,5.
- 5 handelingen in en nabij de stack; de correctie van de faalkans wordt daarmee 5/6 = 0,83.

Met deze correctie wordt de faalkans meteen opgeschaald van de standaard ongevalskans op basis van 6 handelingen naar de ongevalskans bij 8 handelingen.

Instantaan falen

Naast de eerdergenoemde ongevallen tijdens overslag, kan een gevaarlijke stof ook vrijkomen tijdens de tussenplaatsing, dus ergens tijdens verblijf binnen de inrichting zonder overslaghandelingen. De verblijfstijd in de stack (twaalf dagen) is hiervoor maatgevend. Andere locaties zijn vanwege de korte verblijfsduur niet beschouwd. Het instantaan falen wordt alleen voor tankcontainers beschouwd; niet voor boxcontainers.

tabel 3: initiële faalkans instantaan falen per jaar

Stofklasse	Containers [n]	Initiële faalkans [n/jaar]	Verblijftijd	Faalkans containers
GF2 + GF3	40	$5{,}0 * 10^{-7}$	12 dagen (0,033 jaar)	$6{,}6 * 10^{-7}$
LF1+2	500	$5{,}0 * 10^{-7}$	12 dagen (0,033 jaar)	$8{,}2 * 10^{-6}$
LT1	20	$5{,}0 * 10^{-7}$	12 dagen (0,033 jaar)	$3{,}3 * 10^{-7}$
LT2	20	$5{,}0 * 10^{-7}$	12 dagen (0,033 jaar)	$3{,}3 * 10^{-7}$

BLEVE door brand

Het vrijkomen van een grote hoeveelheid brandbare vloeistof (LF2) na een overslagongeval kan na ontsteking leiden tot een plasbrand. Een andere container met gevaarlijke stoffen kan daardoor zodanig worden verhit, dat ook die faalt (domino-effect). De kans dat een dergelijk ongeval voorkomt, is afhankelijk van de kans op een dergelijk grote plasbrand keer de kans dat een container met een gas onder druk aanwezig is binnen het plasbrandgebied.

Op basis van de doorzet en het aantal verticale handelingen bepalen we de kans op een groot lek en een plasbrand. Als een plasbrand ontstaat, kan deze in 90% van de gevallen tijdig worden geblust, in 10% van de gevallen ontstaat een grote plasbrand met een diameter van 34 meter.

De trefkans is afhankelijk van het aantal grondplaatsen, de stackhoogte en uiteraard de hoeveelheid stoffen uit de categorie GF3. Deze kans staat uitgewerkt in tabel 5.

k:\docs\m\2022\139003\m202213900300 2v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

tabel 4: uitwerking kans op een BLEVE GF3 in stacks

Parameter	Waarde
Doorzet tankcontainers LF2 [n/jaar]	500
Verticale handelingen per container	5
Kans groot lek per 6 handelingen [n/jaar]	$1,3 * 10^{-8}$
Factor repressie	0,1
Kans grote plasbrand [n/jaar]	$5,4 * 10^{-7}$
Lengte stack [m]	120
Hoogte stack [containers]	4
Lengte per container [m]	6
Plaatsen per stack [n]	80
Diameter plasbrand [m]	34
Afronding nabijgelegen stackplaatsen [n]	22
Correctiefactor configuratie stack [n]	1
Plaatsen binnen plasbrand [n]	25
Trefkans [-]	0,31
Aantal tankcontainers GF2/GF3 [n]	40
Fractie jaar [-]	0,033
Kans BLEVE GF3 [n/jaar]	$2,23 * 10^{-7}$

4.2 Rekenmethodiek opslag lithium ion energiedragers

Op dit moment is er geen specifieke rekenmethode beschikbaar om de externe risico's van de opslag van lithium-ion batterijen kwantitatief te bepalen. Het RIVM heeft in 2021 een onderzoek uitgevoerd naar de rekenmethodiek voor de opslag van verpakte gevaarlijke stoffen[6]. Het rapport presenteert een aantal aanbevelingen voor verbetering van de rekenmethodiek. Dit betreft onder andere het opnieuw vaststellen van de faalfrequentie, het vereenvoudigen van het aantal beschouwde scenario's en het nauwkeuriger bepalen van de verbrandingssnelheid. In de FAQ van de Safeti Helpdesk is het advies om voorlopige onderzoeken te baseren op het RIVM-briefrapport 2024-0012[7].

4.2.1 Aan te vragen situatie

Broekman wil zich richten op de opslag van Megapacks, maar heeft nog geen concreet beeld van het type en de exacte grootte. Daarom stellen we voor om voor de te vergunnen activiteit uit te gaan van 3 klassen:

- middelgrote Megapacks;
- grote Megapacks;
- zeer grote Megapacks.

De begrenzing van deze klassen staan opgenomen in tabel 5. De Megapacks hebben in principe een state of charge (Soc) van maximaal 30%. Het voor de Soc gecorrigeerde vermogen van de Megapack is maatgevend voor het externe risico en daarmee voor de klasse-indeling. Een Megapack met een hogere lading leidt ertoe dat zij vanwege het totale vermogen in een hogere klasse worden ingedeeld. Een andere chemische samenstelling, waardoor minder toxisch product ontstaat, kan aanleiding zijn om de Megapacks in een lagere klasse in te delen.

[6] Review of the method for calculating off-site acute health risks of incidents in storage facilities for packaged hazardous substances, RIVM, DOI 10.21945/RIVM-2021-0120.

[7] Onderzoek relevantie energieopslagsystemen voor omgevingsveiligheid

tabel 5: indeling Megapacks

Megapack	Middelgrote Megapack	Grote Megapack	Zeer grote Megapack
Gewicht Megapack [ton]	15	30	40
Vermogen Megapack [kWh] [8]	2.400	4.800	6.400
State of charge [%]	30	30	30
Totaal vermogen [kWh]	720	1.440	1.920

4.2.2 Risicoanalyse

Uit eerste analyses volgt dat de omvang van de hoeveelheid stoffen die verbrandt, en daarmee de bronterm, maatgevend is voor het externe risico. Daarbij is het scenario dat de gehele loods of zelfs een individuele Megapack binnen een halfuur afbrandt niet realistisch, zeker niet vanwege de interne scheidingen, brandwerende omkastingen van de energieopslagsystemen, vakindeling binnen de loods en een blusmonitor. We gaan daarom uit dat een Megapack uit minstens vier brandcompartimenten bestaat en dat binnen een halfuur maximaal één van de brandcompartimenten van de Megapack (ofwel ¼ Megapack) afbrandt.

De toxische gassen die vrijkomen bij een dergelijke brand hebben we bepaald aan de hand van het eerder aangehaalde RIVM-onderzoek door opschaling van de grootste energiedrager uit de betreffende studie op basis van LFP en staan uitgewerkt in tabel 6.

tabel 6: bepaling afgassen per type Megapack

		Middelgrote Megapack	Grote Megapack	Zeer grote Megapack
Vermogen Megapack [kWh]		2.400	4.800	6.400
Maximum fractie brandcompartiment		25%	25%	25%
Vermogen per brandcompartiment		600	1.200	1.600
State of charge [%]		30	30	30
Maximaal aanwezig vermogen [kWh]		180	360	480
Emissiefactor gas [L/Wh]		1,23	1,23	1,23
Vrijkomend gas [Nm^3]		738	1.476	1.968
Gas	Percentage [%]			
CO	26,1	193 Nm^3	385 Nm^3	514 Nm^3
NO_2	9,7	72 Nm^3	143 Nm^3	191 Nm^3
HCl	2,1	15 Nm^3	31 Nm^3	41 Nm^3
HF	3,7	27 Nm^3	55 Nm^3	73 Nm^3
HCN	0,7	5,2 Nm^3	10 Nm^3	14 Nm^3

4.2.3 Safeti-modellering

4.2.3.1 Ongevalskans

Het aangehaalde RIVM-rapport benoemt verschillende faalkansen:

- $3{,}8*10^{-4}$/jaar op celniveau (Gully 2019)
- $1{,}4*10^{-4}$/jaar op module (Gully 2019)
- $7{,}14*10^{-4}$/jaar op EOS-niveau (EPRI)
- $1{,}2*10^{-7}$/jaar voor brand in het algemeen

Een brand zal zich tot het rekniveau kunnen uitbreiden, waarna begrenzingen ontstaan door afstand en afscherming. Op rekniveau zijn geen faalkansen gegeven. Worstcase rekenen we met de kans van $7{,}14*10^{-4}$/jaar op module-niveau, waarbij we uitgaan dat een module ter grootte van ¼ van de gehele EOS afbrandt. Dit is de hoogste faalkans en ook vanuit de brandomvang conservatief

[8] Het vermogen van een Megapack is geschat door het vermogen van een accu van 500 kg en 80 kWh op te schalen.

k:\doc\m\2022\139003\m202213900 3r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

ingestoken[9]. We gaan uit dat deze brand een halfuur duurt; dit is de maximale tijd waarmee Safeti-NL kan rekenen.

4.2.3.2 Gebouwmodellering

Analoog aan de modellering van het RIVM gaan we uit van het vrijkomen in 30 minuten van een gas in het volume en de samenstelling zoals opgenomen in tabel 6. Voor een gebouw van 123 meter bij 23 meter rekenen we volgens het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid met een vierkant gebouw van 50 bij 50 meter en 18 meter hoog.
Vanwege de omvang van de loods rekenen we met twee ongevalslijnen waarover de punten evenredig zijn verdeeld om de dimensies van het gebouw te benaderen. De feitelijke verspreiding van rookgassen zal immers in eerste instantie binnen de hal zijn en vervolgens naar buiten verspreiden. Daarmee wordt ook rekening gehouden met de willekeurige plaatsing in de hal.
Het alternatief om de faalkans volledig op het zwaartepunt van de hal te modellering leidt tot een onderschatting van het risico in de richting van de rand van het risicogebied. In dat geval zouden ronde in plaats van langwerpige contouren ontstaan.
In het gebouw zijn ventilatieopeningen aanwezig op lagere hoogte, waardoor rookgassen kunnen vrijkomen. Voor de verspreiding dient rekening te worden gehouden met de optredende lijwervel. Daarvoor moet volgens het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid paragraaf 6.6.2 de hoogte van het gehele gebouw worden beschouwd.
Vanuit PGS 37-1 geldt een voorschrift dat voldoende ventilatie is vereist. Hoewel dit voorschrift uitgaat van een ventilatievoud van 10, is in rapport M.2022.1390.03.R001[10] aangetoond dat een factor 5 volstaat vanwege de hoogte van het gebouw. We rekenen daarom met een ventilatiefactor van 5. Uit verkennende berekeningen volgt overigens dat de ventilatiefactor in deze situatie niet uitmaakt.

4.2.4 Interpretatie risicoanalyse Megapacks

In deze paragraaf lichten wij de gehanteerde indeling toe en de toepassingen in de bedrijfsoperatie.

Categorie-indeling energieopslagsysteem

Het totale vermogen en daarmee de bronterm is maatgevend voor de categorie waarin een Megapack valt. Specifieke situaties kunnen aanleiding zijn om een Megapack in een hogere of lagere categorie in te delen. Daarbij valt te denken aan:

- Megapacks anders dan LFP (bijvoorbeeld NMC);
- Megapacks met een state of charge > 30%;
- losse energieopslagsystemen die gezamenlijk conform PGS 37-2 in één brandcompartiment worden opgeslagen;
- Megapacks waarvoor een specifieke brandproef is gedaan waaruit volgt dat bij een brand minder toxische gassen (CO, NO_2, HCl, HF en HCN) vrijkomen.

Maximum opslag

We baseren onze analyses op een opslag van 80 reguliere en grote Megapacks of 40 zeer grote Megapacks. Dit is het theoretisch maximumaantal dat Broekman in deze opslaghal kan plaatsen. Vanwege de halindeling en de aan te houden ruimte tussen energieopslagsystemen van minstens 1 meter is de feitelijke opslag veel lager.

[9] Op dit moment doen meerdere partijen, waaronder het RIVM, onderzoek om de rekenmethodiek voor opslag van energiedragers te verbeteren. Naar verwachting volgt hieruit een kleinere faalkans. Daarmee worden de berekende risico's lager en zou Broekman binnen de grenswaarde voor externe veiligheid meer Megapacks kunnen opslaan.
[10] M.2022.1390.03.R001 Brandveiligheidsonderzoek

k:\doc\m\2022\139003\m20221390003r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

Uit de resultaten volgt dat de opslag van de Megapacks voldoet aan de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico.

4.3 Overige modelinstellingen

We hebben het model geactualiseerd naar de op dit moment voorgeschreven versie van Safeti-NL: versie 9.2. De modelinstellingen zijn gelijk aan de analyse uit oktober 2024 met Safeti 8.8:

- De populatie is gebaseerd op de BAG-populatie van juli 2024. Deze staat nader uitgewerkt in bijlage 1.
- De meteorologie van Rotterdam is representatief voor deze locatie.
- We hanteren de standaard ruwheidslengte van 0,3 meter. Hoge gebouwen leiden tot een hogere ruwheidslengte en daarmee tot een gunstigere verspreiding en verdunning van gassen, maar ook tot ophoping van gassen tussen de gebouwen. Dit laatste effect neemt Safeti-NL niet mee in de verspreidingsberekening. Open water leidt tot een lagere ruwheidslengte. De ruwheidskaart geeft voor de kilometervakken rondom de loods sterk wisselende waarden tussen 0,09 en 0,50 meter. De ongevalskansen zijn evenredig over het etmaal verdeeld.
- Ontstekingsbronnen hebben we worstcase niet beschouwd. Een brandbaar gas zal daardoor ontsteken ter plaatse van de inrichtingsgrens of bij populatie. De invloed van ontstekingsbronnen is voor deze QRA klein; de toxische verbrandingsproducten en de overslag van toxische stoffen zijn maatgevend voor de berekende risico's.

Domino-effecten

Binnen 200 meter van de inrichting zijn geen risicoverhogende objecten aanwezig. Er staan geen windturbines en de locatie ligt niet onder een aanvliegroute. Ook andere activiteiten vinden plaats op een zodanige afstand, dat dit geen gevolgen heeft voor de gehanteerde faalkansen. Er is daarom geen sprake van relevante domino-effecten.

k:\doc\rm\2022\139003\m202213900 3r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

5. Resultaten

5.1 Plaatsgebonden risico

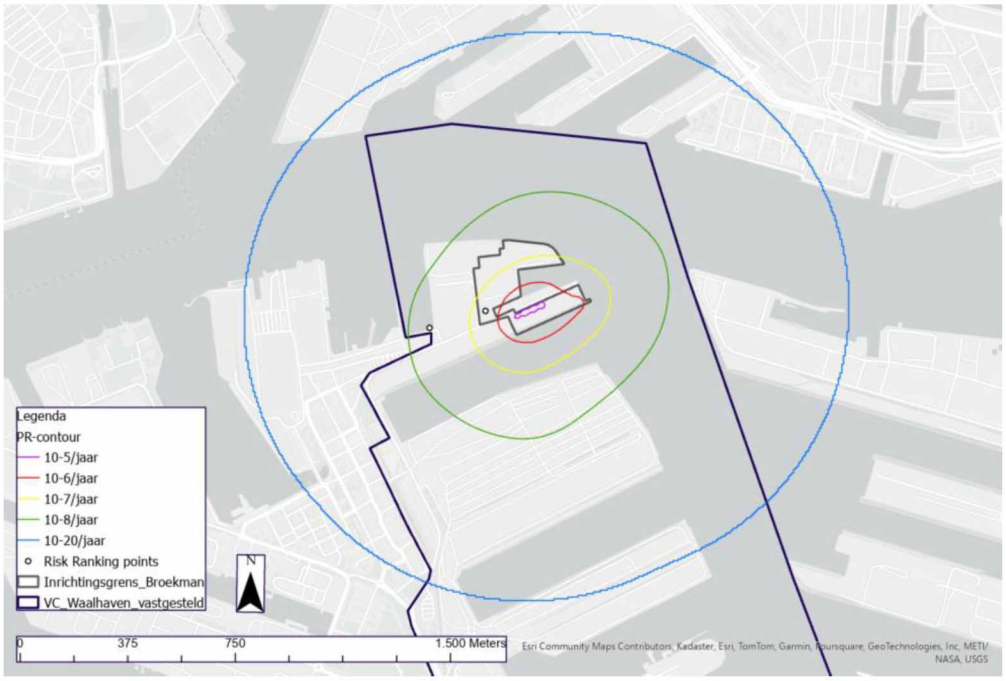
De figuren 4 en 5 tonen de individuele bijdrage aan het plaatsgebonden risico van de containeroverslag en van een hal vol met 40 zeer grote Megapacks. Voor middelgrote en grote Megapacks komen bij verbranding zo weinig gassen vrij dat de concentraties op leefniveau niet toxisch zijn (de effectafstanden bij deze opslag is bij alle weersomstandigheden 0, zie bijlage 2). Voor middelgrote en grote Megapacks is daarmee geen sprake van een extern risico.

Bij de aangegeven Risk Ranking Points kan de opbouw van het plaatsgebonden risico worden geanalyseerd. Ter plaatse van de veiligheidscontour is de maximale bijdrage van de containeroverslag $2{,}0*10^{-8}$/jaar, ofwel 2% van de grenswaarde. De Megapacks dragen hier in het geheel niet bij: de blauwe contour in figuur 5 ligt geheel binnen de veiligheidscontour.

De situatie die Broekman aanvraagt en die voor het plaatsgebonden risico voldoet betreft:

- containeroverslag zoals beschreven in paragraaf 2.1 en 4.1;
- de hal gevuld met 40 zeer grote Megapacks[11], waarbij per brandcompartiment maximaal 1.600 kWh aan vermogen staat bij een state of charge van 30%.

Het externe risico van deze situatie [12] staat uitgewerkt in figuur 6. Ter plaatse van de veiligheids-contour dragen de Megapacks niet meer bij en blijft het plaatsgebonden risico $2{,}0*10^{-8}$/jaar .



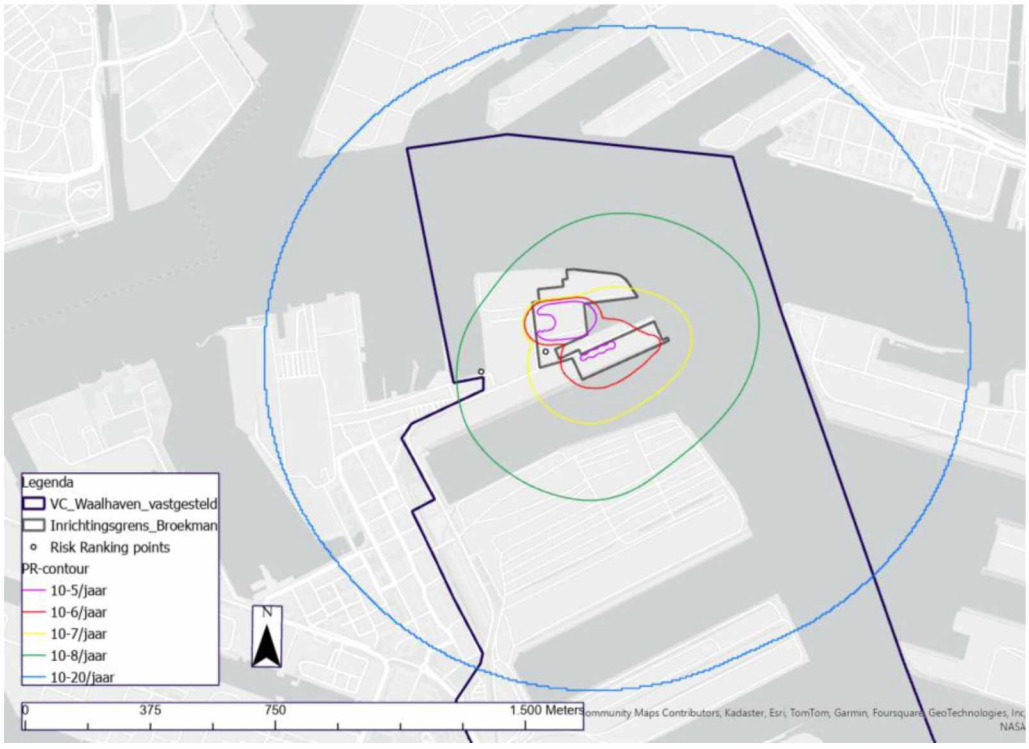
figuur 4: PR-contouren containeroverslag

[11] In de versie van oktober 2024 betrof de aangevraagde situatie nog 3 zeer grote Megapacks en 74 grote Megapacks.

[12] In Safeti-NL is de aangevraagde situatie bepaald door de factoren te corrigeren. De containeroverslag behoudt daarbij de standaardfactoren 0,44/0,56; voor grote Megapacks betreft de correctie 74/80 = 0,925 * 0,44/0,56 = 0,407/0,518 en voor de zeer grote Megapacks wordt de correctie 3/40 = 0,075 * 0,44/0,56 = 0,033/0,042.

k:\doc\m\2022\139003\m2022139003r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

figuur 5: PR-contouren opslag 40 zeer grote Megapacks

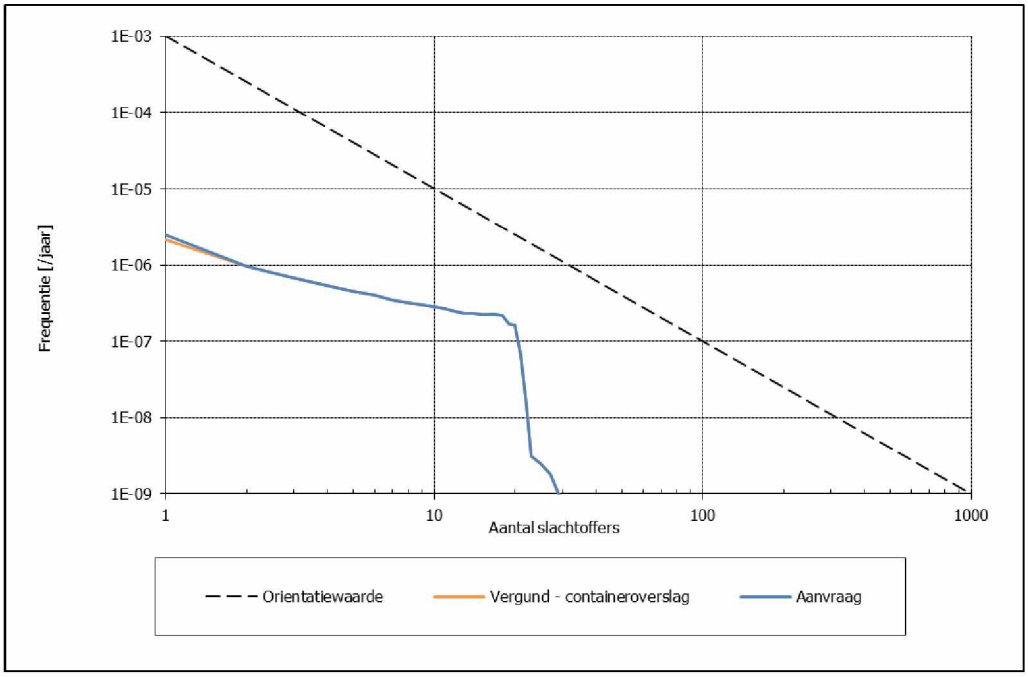


figuur 6: PR-contouren aangevraagde situatie: containeroverslag en 40 zeer grote Megapacks

k:\doc\m\2022\139003\m202213900 3r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025

5.2 Groepsrisico

Figuur 7 toont de fN-curven van de vergunde containeroverslag en van de aangevraagde situatie met aanvullend op de containeroverslag ook de opslag van Megapacks. Omdat de opslag van Megapacks bij een toxische wolk alleen uitpandig tot letale concentraties kan oplopen en dit tot maximaal één slachtoffers kan leiden, zijn de curven bij twee of meer slachtoffers en daarmee op het te beschouwen traject van tien of meer slachtoffers gelijk. Dit groepsrisico is maximaal 0,07 keer de oriëntatiewaarde met een kans van 2,2 * 10^{-7}/jaar bij achttien slachtoffers[13].
Bij tien of meer slachtoffers wordt het groepsrisico voor bijna 90% bepaald door GF3 en het overige deel door LT2 en LT3.



figuur 7: fN-curven groepsrisico Broekman Project Services. Bij twee of meer slachtoffers zijn de curven gelijk.

5.3 Effectafstanden

In bijlage 2 zijn de effectafstanden opgenomen van de verschillende scenario's. De grootste effectafstanden van de verschillende risicobronnen staan ook uitgewerkt in tabel 7.
De effectafstanden van de containeroverslag zijn groter dan die van de Megapacks.

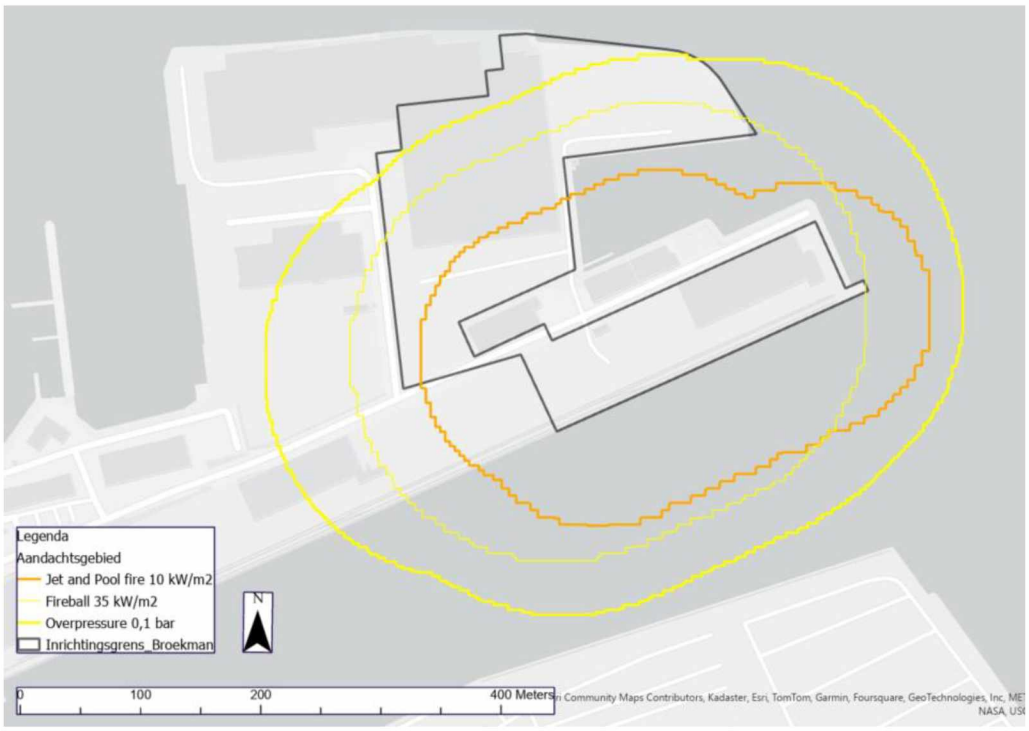
tabel 7: maximum effectafstanden per scenario

Scenario	Afstand [m]	Weertype
Boxcontainer LT3 - maximum toxisch	941	F 1,5
Instantaan falen LT2 - maximum toxisch tankcontainer	684	F 1,5
Boxcontainer LT3 - maximum toxisch dagperiode	394	E 5
Wolkbrand GF3 - maximum brandbaar	202	D 1,5
BLEVE GF3 - drukgolf	167	Alle weertypen
Toxische wolk brand zeer grote Megapack (25%)	65	D 1,5
Toxische wolk brand grote Megapack (25%)	0	-
Toxische wolk brand middelgrote Megapack (25%)	0	-

[13] Het groepsrisico is gewijzigd ten opzichte van de berekeningen van oktober 2024. De actualisatie van de modelversie leidt voor GF3 tot grotere risico's. Het lijkt daarbij of voor lijnbronnen een grotere ontstekingskans wordt gehanteerd.

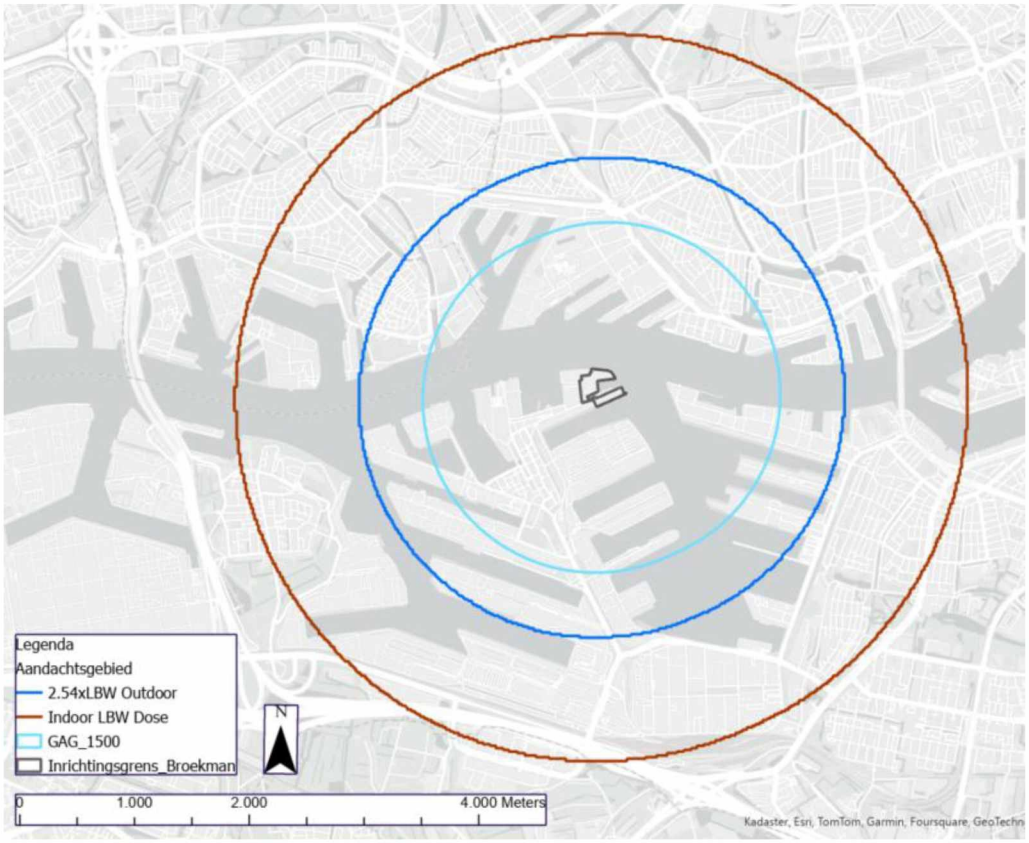
5.4 Aandachtsgebieden

Figuren 8 en 9 tonen de aandachtsgebieden, zoals deze door Safeti-NL worden gegenereerd. Voor een containeroverslag met LT3 dienen naast het gifwolkaandachtsgebied ook het brand- en explosieaandachtsgebied te worden berekend. Het fakkelscenario (Jet fire) is maatgevend voor het brandaandachtsgebied dat tot ongeveer 100 meter vanaf overslaglocaties reikt - de oranje contour is de omvattende contour van de Jet fire en de Pool fire.
Het explosieaandachtsgebied wordt bepaald door de 0,1 bar overdruk contour en reikt tot ongeveer 200 meter vanaf de ongevalslocaties.
Het rekenkundige gifwolkaandachtsgebied is erg groot (2,1 km voor 2,54 * LBW outdoor / 3,2 km voor LBW-indoor) en wordt bepaald door instantaan falen van een tankcontainer met LT2 in combinatie met weertype F 1,5. Voor ruimtelijke ontwikkelingen wordt een GAG aangehouden dat is begrensd op 1.500 meter.



figuur 8: ligging brandaandachtsgebied en explosieaandachtsgebied. Vanwege de overslag van LT3 dienen de contouren in dit geval rekenkundig te worden vastgesteld.

k:\doc\m\2022\139003\m202213900 3r002v2 qra opslag lithium ion.docx 30-01-2025



figuur 9: ligging rekenkundig en begrensd gifwolkaandachtsgebied. Volgens het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid bepaalt de contour van de 2,54 * LBW30 outdoor het gifwolkaandachtsgebied; het voorgenomen beleid is om deze te vervangen door de Indoor LBW Dosis.

6. Conclusie

Broekman Project Services beschikt over een inrichting aan de Heijplaatweg 4 in Rotterdam Heijplaat. Het bedrijf vraagt de opslag aan van Megapacks, ofwel energieopslagsystemen. In het kader van deze aanvraag heeft DGMR in deze QRA het externe risico inzichtelijk gemaakt van zowel de al vergunde containeroverslag als de voorgenomen opslag van energieopslagsystemen.

De huidige analyse betreft een actualisatie van de QRA van oktober 2024. Wijzigingen ten opzichte van de vorige analyse betreffen:

- De compartimentering van de Megapacks en daarmee begrenzing van een brand. Vanwege brandpropagatie-eisen gaan we uit dat bij een brand slechts 25% van een EOS binnen een halfuur afbrandt.
- We rekenen met Safeti-NL versie 9.2 in plaats van versie 8.8.

De voorgenomen opslag van Megapacks leidt tot een verhoging van het plaatsgebonden risico rondom de opslaghal. De aangevraagde opslag wordt met 40 zeer grote Megapacks met compartimenten van maximaal 1.600 KWh en een Soc van 30% zodanig dat de 10^{-6}/jaar PR-contour binnen de gebiedsgebonden veiligheidscontour blijft. Daarmee wordt voldaan aan de grenswaarde van het plaatsgebonden risico.

Een calamiteit als gevolg van de opslag van Megapacks leidt niet tot tien of meer slachtoffers. Daardoor blijft het groepsrisico ongewijzigd op 0,07 keer de oriëntatiewaarde. De provincie Zuid-Holland moet het groepsrisico verantwoorden bij vergunningverlening. Bij een groepsrisico kleiner dan 0,1 keer de oriëntatiewaarde hoort een lichte verantwoording.

Daarnaast hebben we in dit onderzoek de ligging van de aandachtsgebieden inzichtelijk gemaakt.

2E

DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

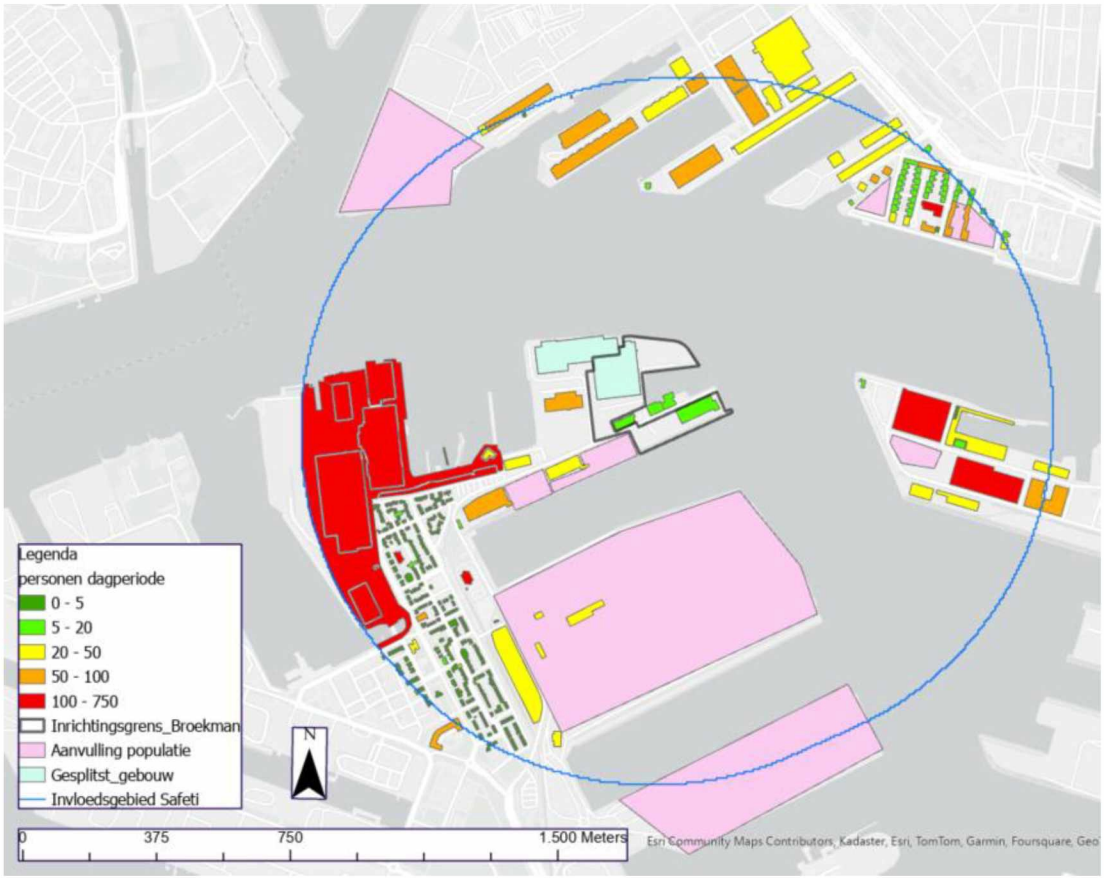
Bijlage 1

Titel	Toelichting populatie

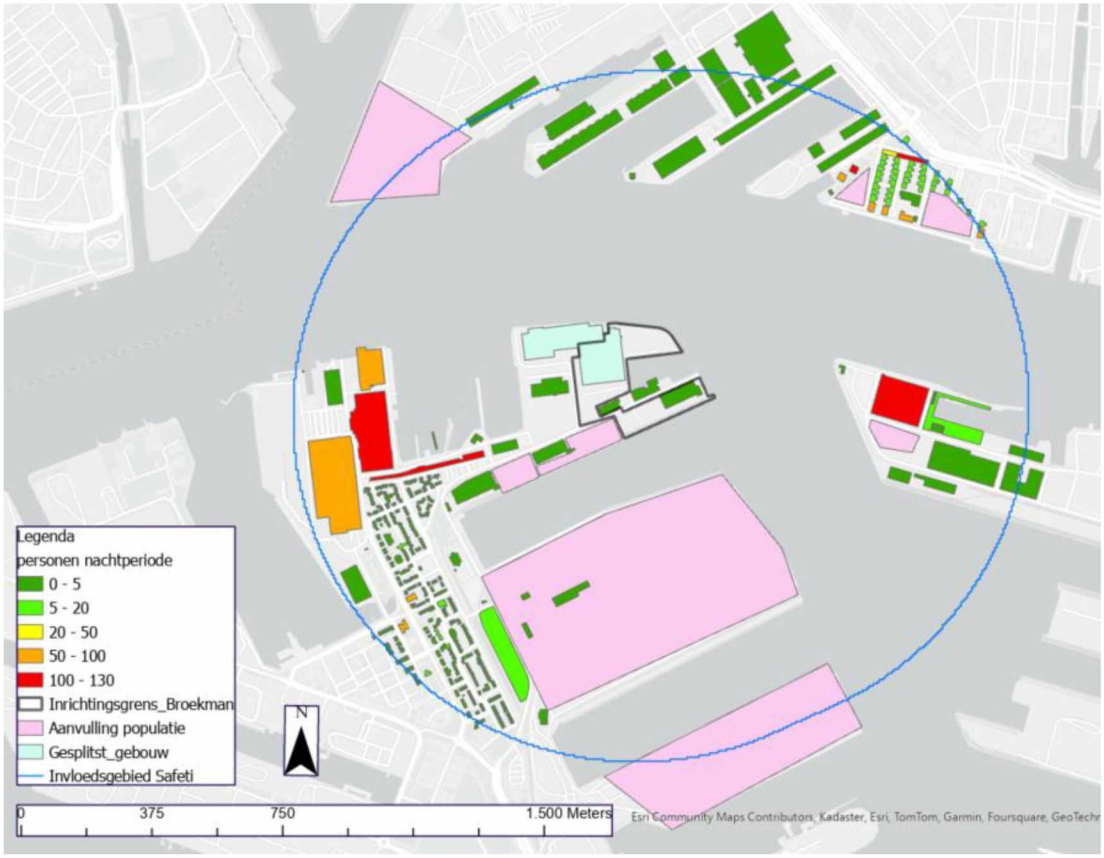
Populatie
Voor de populatie is aangesloten bij de gegevens zoals opgenomen in de BAG-populatieservice. De gegevens zijn opgevraagd in september 2024 en zijn gebaseerd op de BAG-gegevens van juli 2024. Daarbij is de populatie op pandniveau opgevraagd.
Op basis van een verkennende berekening is het invloedsgebied bepaald. Dit gebied is ongeveer 1 km rondom de risicobronnen en wordt bepaald door de doorzet van boxcontainers met LT3.

Deze populatie is als volgt gecontroleerd en gecorrigeerd:

- Lege onbebouwde terreinen zijn aangevuld met 5 personen/ha overdag en 1 pers/ha in de nachtperiode uitpandig, tenzij de terreinindeling zodanig is dat langdurig verblijf niet aannemelijk is (bijvoorbeeld parkeerterrein). Dit geldt ook voor de buitenterreinen van Metaal Transport en J.C. Meijers en gebouwen die niet in het BAG-populatiebestand zijn opgenomen - dit betreffen veelal opslaggebouwen. Een deel van Delfshaven is aangevuld met 120 pers/ha.
- Voor de aangrenzende bebouwing is het aantal aanwezigen expliciet gecontroleerd:
  - De aaneengesloten loodsen van Broekman en naastgelegen bedrijven worden in de BAG als één object gezien. Dit gebouw corrigeren we, waarbij het gedeelte van Broekman komt te vervallen. Voor het deel van Vivar Ship Supply en Vertidrive rekenen we met 20 pers/ha (ofwel 32 personen overdag) en 5 pers/ha in de nachtperiode, wat voor bedrijven met een grote opslagfunctie als worstcase kan worden gezien.
  - De naastgelegen scheepswerven Shoretension B.V., Crewtender en KRVE zijn in de BAG opgenomen met in totaal 38 personen. Dit aantal lijkt voor deze bedrijfsomvang representatief.
  - In de BAG-populatie zijn al 73 aanwezigen opgenomen voor activiteiten aan de Directiekade en RDM-kade.
  - Verder weg gelegen functies zijn ongewijzigd uit de BAG-populatie overgenomen. Vanwege de afstand tot de risicobronnen is de bijdrage van deze objecten aan het groepsrisico minimaal. De gebouwen met de meeste aanwezigen betreffen het gebouw aan de Sluisjesdijk (704 personen), gevolgd door een aantal gebouwen op het RDM-terrein (650, 461, 447 en 348 personen).



figuur B.1: gehanteerde populatie dagperiode



figuur B1.2: gehanteerde populatie nachtperiode

Bijlage 2

Titel	Maximum effectafstanden

Equipment Item	Equipment Item Type	Scenario Name	Scenario Type	Substance	Inventory [kg]	Hole Size / Pipe Diameter	Weather	Discharge mass [kg]	Discharge rate [kg/s]	Release duration [s]	Largest Distance to 1%	Largest distance to indoor	Largest distance to LFL [m]	Largest Distance 1%	Correponding event (1%	Largest distance to 35	Largest distance to 10	Largest distance to 3	Largest Distance to 0.3 bar	Largest Distance to 0.1 bar
GF3_kl	Pressure ves	GF3_kl leal	Leak	PROPANE	10287	0,01	B 3		1,16	1800				22	CNIHJO	17	22	28		
GF3_kl	Pressure ves	GF3_kl leal	Leak	PROPANE	10287	0,01	D 1.5		1,16	1800				24	CNIHJO	20	24	31		
GF3_kl	Pressure ves	GF3_kl leal	Leak	PROPANE	10287	0,01	D 5		1,16	1800				20	CNIHJO	16	20	27		
GF3_kl	Pressure ves	GF3_kl leal	Leak	PROPANE	10287	0,01	D 9		1,16	1800				19	CNIHJO	15	19	27		
GF3_kl	Pressure ves	GF3_kl leal	Leak	PROPANE	10287	0,01	E 5		1,16	1800				20	CNIHJO	16	20	27		
GF3_kl	Pressure ves	GF3_kl leal	Leak	PROPANE	10287	0,01	F 1.5		1,16	1800				24	CNIHJO	20	24	31		
GF3_gr	Pressure ves	GF3_gr lea	Leak	PROPANE	10287	0,05	B 3		28,92	356			111	111	CNfFFO	70	91	123	82	110
GF3_gr	Pressure ves	GF3_gr lea	Leak	PROPANE	10287	0,05	D 1.5		28,92	356			100	100	CNfFFO	79	100	131	80	110
GF3_gr	Pressure ves	GF3_gr lea	Leak	PROPANE	10287	0,05	D 5		28,92	356			107	107	CNfFFO	65	85	118	81	109
GF3_gr	Pressure ves	GF3_gr lea	Leak	PROPANE	10287	0,05	D 9		28,92	356			92	92	CNfFFO	61	82	116		
GF3_gr	Pressure ves	GF3_gr lea	Leak	PROPANE	10287	0,05	E 5		28,92	356			105	105	CNfFFO	65	85	118	83	113
GF3_gr	Pressure ves	GF3_gr lea	Leak	PROPANE	10287	0,05	F 1.5		28,92	356			106	106	CNfFFO	79	100	131	92	124
LT1_kl	Atmospheric	LT1_kl leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,02	B 3		1,18	1800	20	34				16	31	49		
LT1_kl	Atmospheric	LT1_kl leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,02	D 1.5		1,18	1800	38	67				14	29	48		
LT1_kl	Atmospheric	LT1_kl leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,02	D 5		1,18	1800	25	50				17	31	49		
LT1_kl	Atmospheric	LT1_kl leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,02	D 9		1,18	1800	19	39				19	32	48		
LT1_kl	Atmospheric	LT1_kl leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,02	E 5		1,18	1800	34	72				17	31	48		
LT1_kl	Atmospheric	LT1_kl leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,02	F 1.5		1,18	1800	57	146				14	29	48		
LT1_gr	Atmospheric	LT1_gr leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,05	B 3		7,40	1800	44	71				36	63	101		
LT1_gr	Atmospheric	LT1_gr leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,05	D 1.5		7,40	1800	72	135				31	60	99		
LT1_gr	Atmospheric	LT1_gr leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,05	D 5		7,40	1800	59	113				40	65	101		
LT1_gr	Atmospheric	LT1_gr leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,05	D 9		7,40	1800	49	92				43	66	99		
LT1_gr	Atmospheric	LT1_gr leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,05	E 5		7,40	1800	76	161				40	64	101		
LT1_gr	Atmospheric	LT1_gr leak	Leak	ACRYLONIT	22898	0,05	F 1.5		7,40	1800	151	362				31	60	99		
LT2_kl	Atmospheric	LT2_kl leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,02	B 3		1,85	1800	64	182								
LT2_kl	Atmospheric	LT2_kl leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,02	D 1.5		1,85	1800	116	428								
LT2_kl	Atmospheric	LT2_kl leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,02	D 5		1,85	1800	106	360								
LT2_kl	Atmospheric	LT2_kl leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,02	D 9		1,85	1800	87	304								
LT2_kl	Atmospheric	LT2_kl leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,02	E 5		1,85	1800	155	535								
LT2_kl	Atmospheric	LT2_kl leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,02	F 1.5		1,85	1800	274	1174								
LT2_gr	Atmospheric	LT2_gr leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,05	B 3		11,58	1800	134	405								
LT2_gr	Atmospheric	LT2_gr leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,05	D 1.5		11,58	1800	238	919								
LT2_gr	Atmospheric	LT2_gr leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,05	D 5		11,58	1800	232	825								
LT2_gr	Atmospheric	LT2_gr leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,05	D 9		11,58	1800	212	732								
LT2_gr	Atmospheric	LT2_gr leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,05	E 5		11,58	1800	327	1193								
LT2_gr	Atmospheric	LT2_gr leak	Leak	PHOSPHOR	44657	0,05	F 1.5		11,58	1800	533	2378								
LF2_kl	Atmospheric	LF2_kl leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,02	B 3		0,79	1800				15	CRIHJP	9	26	49		
LF2_kl	Atmospheric	LF2_kl leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,02	D 1.5		0,79	1800			16	22	CRfFFP	10	22	45		
LF2_kl	Atmospheric	LF2_kl leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,02	D 5		0,79	1800				16	CRIHJP	10	31	50		
LF2_kl	Atmospheric	LF2_kl leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,02	D 9		0,79	1800				17	CRIHJP	11	34	49		
LF2_kl	Atmospheric	LF2_kl leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,02	E 5		0,79	1800				16	CRIHJP	10	31	50		
LF2_kl	Atmospheric	LF2_kl leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,02	F 1.5		0,79	1800			17	22	CRfFFP	10	22	45		
LF2_gr	Atmospheric	LF2_gr leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,05	B 3		4,92	1800			19	28	CRfFFP	18	28	72		
LF2_gr	Atmospheric	LF2_gr leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,05	D 1.5		4,92	1800			41	41	CRfFFP	19	25	63		
LF2_gr	Atmospheric	LF2_gr leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,05	D 5		4,92	1800			17	31	CRfFFP	17	31	77		
LF2_gr	Atmospheric	LF2_gr leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,05	D 9		4,92	1800				28	CRIHJP	16	33	79		
LF2_gr	Atmospheric	LF2_gr leak	Leak	N-PENTANE	17828	0,05	E 5		4,92	1800			16	31	CRfFFP	17	31	76		

Equipment Item	Equipment Item Type	Scenario Name	Scenario Type	Substance	Inventory [kg]	Hole Size / Pipe Diameter	Weather	Discharge mass [kg]	Discharge rate [kg/s]	Release duration [s]	Largest Distance to 1%	Largest distance to indoor	Largest distance to LFL [m]	Largest Distance 1%	Correponding event (1%	Largest distance to 35	Largest distance to 10	Largest distance to 3	Largest Distance to 0.3 bar	Largest Distance to 0.1 bar
LF2_gr	Atmospheric	LF2_gr leal	Leak	N-PENTANE	17828	0,05	F 1.5		4,92	1800			42	42	CRfFFP	19	25	63		
GT4_box	Pressure ves	Leak	Leak	SULFUR DIC	1000	0,015	B 3		0,44	1800	63	62								
GT4_box	Pressure ves	Leak	Leak	SULFUR DIC	1000	0,015	D 1.5		0,44	1800	229	229								
GT4_box	Pressure ves	Leak	Leak	SULFUR DIC	1000	0,015	D 5		0,44	1800	94	94								
GT4_box	Pressure ves	Leak	Leak	SULFUR DIC	1000	0,015	D 9		0,44	1800	62	61								
GT4_box	Pressure ves	Leak	Leak	SULFUR DIC	1000	0,015	E 5		0,44	1800	159	159								
GT4_box	Pressure ves	Leak	Leak	SULFUR DIC	1000	0,015	F 1.5		0,44	1800	825	847								
LT3_box	Atmospheric	Fixed durat	Fixed durat	BROMINE (T	3156		B 3		105,21	30	143	89								
LT3_box	Atmospheric	Fixed durat	Fixed durat	BROMINE (T	3156		D 1.5		105,21	30	337	185								
LT3_box	Atmospheric	Fixed durat	Fixed durat	BROMINE (T	3156		D 5		105,21	30	261	148								
LT3_box	Atmospheric	Fixed durat	Fixed durat	BROMINE (T	3156		D 9		105,21	30	215	121								
LT3_box	Atmospheric	Fixed durat	Fixed durat	BROMINE (T	3156		E 5		105,21	30	394	223								
LT3_box	Atmospheric	Fixed durat	Fixed durat	BROMINE (T	3156		F 1.5		105,21	30	941	511								
GF3_inst	Pressure ves	GF3_inst R	Catastrophi	PROPANE	10287		B 3	10287					170	170	IRdFXO	166	311	549	151	209
GF3_inst	Pressure ves	GF3_inst R	Catastrophi	PROPANE	10287		D 1.5	10287					202	202	IRdFXP	167	313	554	146	223
GF3_inst	Pressure ves	GF3_inst R	Catastrophi	PROPANE	10287		D 5	10287					179	179	IRdFXO	167	313	554	158	238
GF3_inst	Pressure ves	GF3_inst R	Catastrophi	PROPANE	10287		D 9	10287					198	198	IRdFXO	167	313	554	185	254
GF3_inst	Pressure ves	GF3_inst R	Catastrophi	PROPANE	10287		E 5	10287					164	167	IRIBP	167	313	554	153	229
GF3_inst	Pressure ves	GF3_inst R	Catastrophi	PROPANE	10287		F 1.5	10287					186	186	IRdFXP	167	313	554	119	206
LT1_inst	Atmospheric	LT1_inst Ru	Catastrophi	ACRYLONIT	22898		B 3	22898			38	62				44	77	124		
LT1_inst	Atmospheric	LT1_inst Ru	Catastrophi	ACRYLONIT	22898		D 1.5	22898			51	108				39	74	122		
LT1_inst	Atmospheric	LT1_inst Ru	Catastrophi	ACRYLONIT	22898		D 5	22898			42	87				49	79	123		
LT1_inst	Atmospheric	LT1_inst Ru	Catastrophi	ACRYLONIT	22898		D 9	22898			37	74				53	80	121		
LT1_inst	Atmospheric	LT1_inst Ru	Catastrophi	ACRYLONIT	22898		E 5	22898			43	113				49	78	123		
LT1_inst	Atmospheric	LT1_inst Ru	Catastrophi	ACRYLONIT	22898		F 1.5	22898			72	254				39	74	121		
LT2_inst	Atmospheric	LT2_inst Ru	Catastrophi	PHOSPHOR	44657		B 3	44657			134	471								
LT2_inst	Atmospheric	LT2_inst Ru	Catastrophi	PHOSPHOR	44657		D 1.5	44657			309	1249								
LT2_inst	Atmospheric	LT2_inst Ru	Catastrophi	PHOSPHOR	44657		D 5	44657			243	964								
LT2_inst	Atmospheric	LT2_inst Ru	Catastrophi	PHOSPHOR	44657		D 9	44657			207	853								
LT2_inst	Atmospheric	LT2_inst Ru	Catastrophi	PHOSPHOR	44657		E 5	44657			333	1424								
LT2_inst	Atmospheric	LT2_inst Ru	Catastrophi	PHOSPHOR	44657		F 1.5	44657			684	3104								
LF2_inst	Atmospheric	LF2_inst Ru	Catastrophi	N-PENTANE	17828		B 3	17828					7	32	IRfFFP		32	82	26	55
LF2_inst	Atmospheric	LF2_inst Ru	Catastrophi	N-PENTANE	17828		D 1.5	17828					8	29	IRfFFP		29	73		
LF2_inst	Atmospheric	LF2_inst Ru	Catastrophi	N-PENTANE	17828		D 5	17828					34	35	IRfFFP		34	89		
LF2_inst	Atmospheric	LF2_inst Ru	Catastrophi	N-PENTANE	17828		D 9	17828					40	40	IRdFFO		37	94		
LF2_inst	Atmospheric	LF2_inst Ru	Catastrophi	N-PENTANE	17828		E 5	17828					31	35	IRfFFP		34	88		
LF2_inst	Atmospheric	LF2_inst Ru	Catastrophi	N-PENTANE	17828		F 1.5	17828					5	29	IRfFFP		29	73		
Standalone GF3	Standalones	GF3	Fireball	PROPANE			B 3	10287						166	SAIBO	166	311	549		
Standalone GF3	Standalones	GF3	Fireball	PROPANE			D 1.5	10287						167	SAIBO	167	313	554		
Standalone GF3	Standalones	GF3	Fireball	PROPANE			D 5	10287						167	SAIBO	167	313	554		
Standalone GF3	Standalones	GF3	Fireball	PROPANE			D 9	10287						167	SAIBO	167	313	554		
Standalone GF3	Standalones	GF3	Fireball	PROPANE			E 5	10287						167	SAIBO	167	313	554		
Standalone GF3	Standalones	GF3	Fireball	PROPANE			F 1.5	10287						167	SAIBO	167	313	554		
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed durat	AFGAS_LIIO	2468		B 3		1,37	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed durat	AFGAS_LIIO	2468		D 1.5		1,37	1800	65									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed durat	AFGAS_LIIO	2468		D 5		1,37	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed durat	AFGAS_LIIO	2468		D 9		1,37	1800	0									

Equipment Item	Equipment Item Type	Scenario Name	Scenario Type	Substance	Inventory [kg]	Hole Size / Pipe Diameter	Weather	Discharge mass [kg]	Discharge rate [kg/s]	Release duration [s]	Largest Distance to 1%	Largest distance to indoor	Largest distance to LFL [m]	Largest Distance 1%	Correponding event (1%	Largest distance to 35	Largest distance to 10	Largest distance to 3	Largest Distance to 0.3 bar	Largest Distance to 0.1 bar
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	2468		E 5		1,37	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	2468		F 1.5		1,37	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	1851		B 3		1,03	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	1851		D 1.5		1,03	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	1851		D 5		1,03	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	1851		D 9		1,03	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	1851		E 5		1,03	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	1851		F 1.5		1,03	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	925		B 3		0,51	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	925		D 1.5		0,51	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	925		D 5		0,51	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	925		D 9		0,51	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	925		E 5		0,51	1800	0									
1_Megapack	Pressure ves	Megapack	Fixed dura	AFGAS_LIIO	925		F 1.5		0,51	1800	0									
Maximum											941		202	202						