save is een onderdeel van oranjewoud

Kwantitatieve risicoanalyse SACHEM B.V. te Zaltbommel

Ten behoeve van bestemmingsplan Van Voordenpark

projectnr. 0219575
revisie 0.1
19 december 2012

Opdrachtgever

Gemeente Zaltbommel
Provincie Gelderland

datum vrijgave	beschrijving revisie 0.1	goedkeuring	vrijgave
19-12-2012	tekstuele opmerkingen verwerkt	S. Ramaker	J. Eskens

Colofon

save is een onderdeel van oranjewoud

Projectgroep bestaande uit:
J. Eskens
R. Steenbergen
G. Hoftijzer
B. Wiekema

Datum van uitgave:
19 december 2012

Contactadres:
Postbus 40
4900 AA Oosterhout

Copyright © 2012 **Ingenieursbureau Oranjewoud**
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

save is een onderdeel van oranjewoud

Inhoud

blz.

1 Inleiding 4

2 Beleidskader 5
2.1 Berekeningswijze 6

3 Omschrijving omgeving en bedrijf 7
3.1 Bestemmingsplan Van Voordenpark 7
3.1.1 Huidige en toekomstige situatie 7
3.2 SACHEM EUROPE B.V. te Zaltbommel 8

4 Uitgangspunten 9
4.1 Selectie installaties 9
4.2 Scenario's 9
4.2.1 Installatie 1 - Chemicaliënmagazijn 10
4.2.2 Installatie 2 - Kleine buitenmagazijn 13
4.2.3 Installatie 3 - Grote buitenmagazijn 14
4.2.4 Installatie 4 - Losplaatsen 1, 2 en 3 15
4.2.5 Installatie 5 - Grondstoffenopslagtanks 1 17
4.2.6 Installatie 6 - Grondstoffenopslagtanks 2 17
4.2.7 Installatie 7 - Doseerleiding van de grondstoffenopslagtanks 1 17
4.2.8 Installatie 8 - Doseerleiding van de grondstoffenopslagtanks2 18
4.2.9 Installatie 9 - reactoren 18
4.2.10 Installatie 10 – nieuwe opslagvoorziening 19
4.2.11 Installatie 11 – nieuwe grondstoffenopslagtanks 3 20
4.2.12 Installatie 12 – nieuwe losplaatsen A en B 21
4.2.13 Installatie 13 –nieuwe grondstoffen opslagtanks 4 22
4.3 Omgeving 23
4.4 Overige uitgangspunten 23

5 Resultaten 25
5.1 Groepsrisico 25
5.2 Plaatsgebonden risico 26
5.3 Maximale effectafstand 28

6 Conclusie 31

Bijlage 1: Bevolking 32

Bijlage 2: Uitwerking scenario's SACHEM 37

Bijlage 3: Correspondentie RIVM 40

Bijlage 4: Rapport aanpassing modellering Chemicaliënmagazijn 41

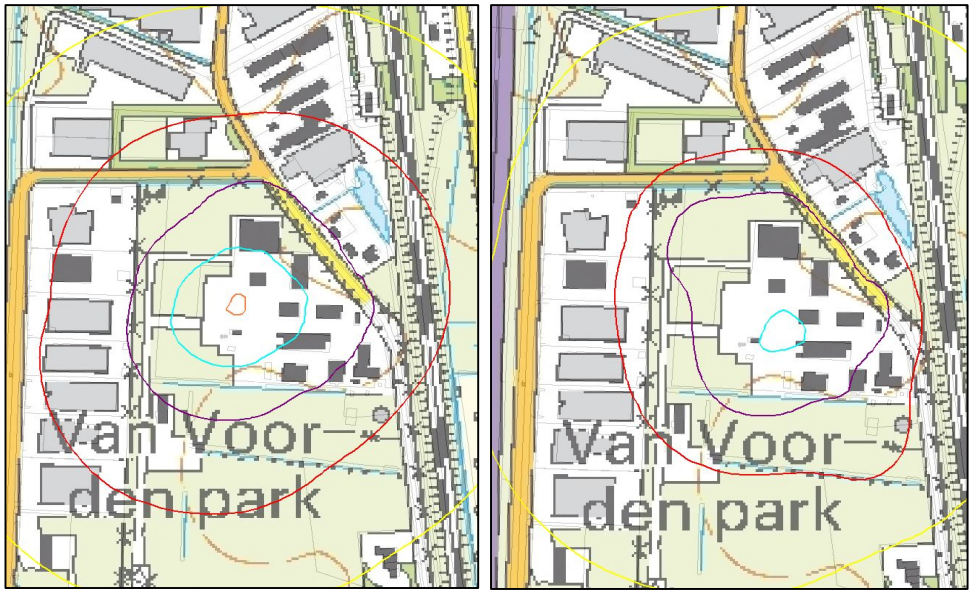
1 Inleiding

De gemeente Zaltbommel is bezig de bestemmingsplannen te actualiseren. Het bestemmingsplan Van Voordenpark maakt deel uit van deze actualisering. Dit plan betreft het bedrijventerrein Van Voordenpark, inclusief het bedrijf SACHEM Europe B.V. (verder SACHEM genoemd).

Het bedrijf SACHEM verwerkt en slaat een groot aantal gevaarlijke stoffen op. In het geval van een calamiteit kan dit effect hebben op de omgeving. Aangezien het bestemmingsplan Van Voordenpark binnen het letale effectgebied van SACHEM is gelegen, moet conform het Besluit externe veiligheid inrichtingen het risico worden onderzocht.

Ondermeer ten behoeve van dit risico-onderzoek (QRA) heeft overleg plaatsgevonden tussen de gemeente Zaltbommel, de provincie Gelderland, SACHEM[1] en Oranjewoud. Onderzocht is welke mogelijkheden bestaan om de ruimtelijke situatie, de huidige risico's en de toekomstig voorziene situatie bij SACHEM in overeenstemming te brengen met elkaar. Nadere informatie over dit proces wordt gegeven in de toelichting bij het bestemmingsplan. In de voorliggende rapportage wordt ingegaan op de QRA.

Samenvattende conclusie
Uit het onderzoek is gebleken dat met name het plaatsgebonden risico relevant is. De omvang van het groepsrisico is zeer beperkt (zie ook figuur 5.1 en 5.2 verderop in dit rapport). In figuur 1 is links de uitgangssituatie gepresenteerd. De rode lijn geeft de bepalende risicocontour. Rechts is de toekomstige situatie gepresenteerd waarin zowel uitbreidingen bij Sachem als aanvullende maatregelen zijn gerealiseerd. (zie ook figuren 5.4 en 5.6 in dit rapport).
Er wordt voldaan aan de normstelling van het Besluit externe veiligheid inrichtingen.



Figuur 1. Plaatsgebonden risicocontouren in huidige (links) en nieuwe situatie (rechts).

Leeswijzer
In **hoofdstuk 2** is het wettelijk kader beschouwd. De omgeving en het bedrijf worden in **hoofdstuk 3** omschreven, waarbij in **hoofdstuk 4** de gehanteerde uitgangspunten van de QRA worden beschouwd. **Hoofdstuk 5** geeft de resultaten van de QRA. Terwijl in **hoofdstuk 6** de conclusies worden besproken.

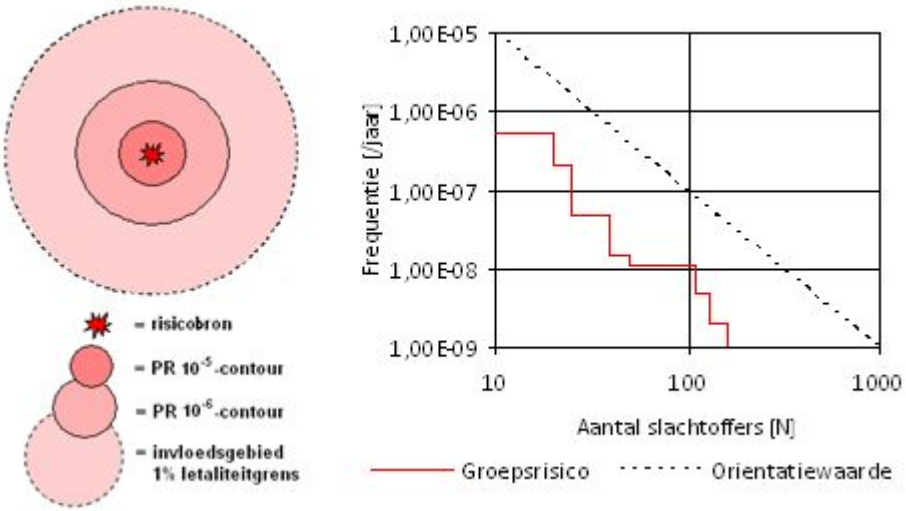
[1] Bij enkele overleggen is de adviseur van SACHEM aanwezig geweest: Royal Haskoning/DHV.

2 Beleidskader

Externe veiligheid beschrijft de risico's die ontstaan als gevolg van opslag of handelingen met gevaarlijke stoffen. Dit kan betrekking hebben op inrichtingen (bedrijven) of transportroutes. Op beide categorieën is verschillende wet- en regelgeving van toepassing. Voor dit onderzoek is alleen de wetgeving voor inrichtingen relevant. Het huidige beleid voor inrichtingen staat beschreven in het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (Bevi). Binnen het beleidskader voor externe veiligheid staan twee kernbegrippen centraal: het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Hoewel beide begrippen onderlinge samenhang vertonen zijn er belangrijke verschillen. Hieronder worden beide begrippen verder uitgewerkt.

Plaatsgebonden Risico (PR)
Het plaatsgebonden risico (PR) geeft de kans, op een bepaalde plaats, om te overlijden ten gevolge van een ongeval bij een risicovolle activiteit. De kans heeft betrekking op een fictief persoon die de hele tijd op die plaats aanwezig is. Het PR kan op de kaart van het gebied worden weergeven met zogeheten risicocontouren: lijnen die punten verbinden met eenzelfde PR. Binnen de 10^{-6}/jaar contour (welke als wettelijk harde norm fungeert) mogen geen nieuwe kwetsbare objecten geprojecteerd worden. Voor beperkt kwetsbare objecten geldt de 10^{-6}/jaar contour niet als grenswaarde, maar als een richtwaarde.

Groeprisico (GR)
Het groepsrisico (GR) is een maat voor de kans dat bij een ongeval een groep slachtoffers valt met een bepaalde omvang. Het GR is daarmee een maat voor de maatschappelijke ontwrichting bij een calamiteit. Het GR wordt bepaald binnen het invloedsgebied van een risicovolle activiteit. Dit invloedsgebied wordt begrensd door de 1% letaliteitsgrens (tenzij anders bepaald): de afstand waarop nog 1% van de blootgestelde mensen in de omgeving komt te overlijden bij een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Het GR kan niet 'op de kaart' worden weergegeven, maar wordt weergegeven in een grafiek waar de kans (f) afgezet wordt tegen het aantal slachtoffers (N): de fN-curve.

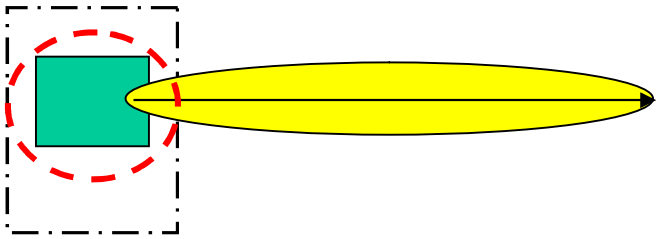


Figuur 2.1 Weergave plaatsgebonden risicocontouren, invloedsgebied en groepsrisicografiek met oriëntatiewaarde voor een inrichting.

Bij de bepaling van het invloedsgebied wordt bij het groepsrisicobeleid uitgegaan van de weersklasse F 1.5[2]. Een invloedsgebied is veel groter dan het gebied dat begrensd wordt door de 10^{-6}-contour van het plaatsgebonden risico. Figuur 2.2 geeft een bedrijfsterrein, met daarbinnen de 10^{-6}-contour van het plaatsgebonden risico (rood) en tot ruim daarbuiten (geel) het effectgebied. In tegenstelling tot figuur 2.1 is het effectgebied hier weergegeven als een pluim, de werkelijke situatie bij een incident. Figuur 2.1 geeft het invloedsgebied als een cirkel weer. Het is immers onbekend bij welke windrichting een even-

2 Weersklasse F (stabiele atmosfeer) en een windsnelheid van 1,5 meter per seconde.

tueel incident zich zal voltrekken. Logischerwijs is de kans op (dodelijk) letsel bij de bron groter dan bij het uiteinde van de gele pluim.



Figuur 2.2 plaatsgebonden risicocontour en invloedsgebied.

Verantwoordingsplicht
In het Besluit externe veiligheid inrichtingen is de verplichting tot verantwoording van het groepsrisico opgenomen. Deze verantwoording is opgenomen in een rapportage bij het bestemmingsplan.

2.1 Berekeningswijze

De wijze waarop risico's worden berekend is vastgelegd in Handleiding Risicoberekening Bevi versie 3.2 d.d. juli 2009. Het gebruikte softwareprogramma betreft het door de overheid verplicht gestelde SAFE-TI-NL, versie 6.54.1

3 Omschrijving omgeving en bedrijf

3.1 Bestemmingsplan Van Voordenpark

Het bestemmingsplan Van Voordenpark ligt in Zaltbommel. In figuur 3.1 is de ligging van het bestemmingsplan en het bedrijf SACHEM weergegeven.

Figuur 3.1 Overzichtskaart Zaltbommel (bron: google maps)
Oranje = ligging bestemmingsplan Van Voordenpark
Blauw = ligging SACHEM Europe b.v.

3.1.1 Huidige en toekomstige situatie

In figuur 3.1 is de ligging van het bestemmingsplan Van Voordenpark weergegeven. In de huidige situatie is hier een viertal bestemmingsplannen van toepassing (zie plantoelichting nieuwe bestemmingsplan). Deze bestemmingsplannen[3] dateren van voor de vaststelling van het Besluit externe veiligheid inrichtingen en staan de aanwezigheid van kwetsbare objecten toe. In het nieuwe bestemmingsplan is een EV-randzone opgenomen waar deze objecten uitgesloten zijn.

In paragraaf 4.3 is de huidige omgeving nader uitgewerkt in de vorm van personendichtheden. Dit ter bepaling van de omvang van het groepsrisico.

Voor de verbeelding (plankaart) van het nieuwe bestemmingsplan wordt verwezen naar dat plan.

[3] Uitgezonderd het plan De Wildeman welke juist het oostelijk deel van het plangebied overlapt.

3.2 SACHEM EUROPE B.V. te Zaltbommel

SACHEM houdt zich bezig met de ontwikkeling, productie en de verkoop van hoogzuivere organische fijnchemicaliën. Deze stoffen worden als halffabrikaten over de hele wereld afgezet. De toepassingen zijn zeer divers: zetmeel-, papier-, kunststof-, cosmetische en farmaceutische industrie.

Binnen de inrichting van SACHEM aan de Van Voordenpark 15 te Zaltbommel worden fijnchemicaliën geproduceerd. De producten van SACHEM zijn te onderscheiden in een aantal hoofdgroepen. De hoofdgroepen zijn:

- Glycidylethers;
- Metaal-organische verbindingen
- Quaternaire ammoniumverbindingen
- REAGENS®/GMAC;
- Diverse producten

Voor de productie van deze hoofdgroepen worden diverse grond- en hulpstoffen gebruikt. Door de aard en omvang van de aanwezige gevaarlijke stoffen valt SACHEM onder het Brzo en het Bevi.

De stoffen worden per tankauto en per (bulk-)vrachtauto aan- en afgevoerd. SACHEM beschikt over 3 productiehallen waar de genoemde hoofdgroepen in diverse processen met behulp van reactoren worden geproduceerd. Grond- en hulpstoffen alsmede eind- en restproducten worden opgeslagen in diverse opslagtanks en in bulk (IBC). Voor de overslag van grond- en hulpstoffen beschikt SACHEM over 3 laad-/losplaatsen voor tankauto's. Het laden en lossen van verpakte gevaarlijke stoffen vindt plaats binnen het Chemicaliënmagazijn.

De QRA van SACHEM die in deze rapportage beschreven wordt is gebaseerd op de QRA van SACHEM met titel "Kwantitatieve Risico Analyse SACHEM Europe B.V." van 27 januari 2011 en met kenmerk 9V3628.02. De bovenstaande omschrijving van de bedrijfsactiviteiten is hierop gebaseerd. Op basis van die QRA is in overleg met SACHEM en de provincie Gelderland en gemeente Zaltbommel beschouwd welke saneringsmogelijkheden bestaan.

In de onderhavige QRA zijn twee varianten opgenomen:
A. de huidige situatie incl. de nieuwe inzichten omtrent de veiligheid van het chemicaliënmagazijn.
B. variant A met nieuwe ontwikkelingen en nieuwe veiligheidsmaatregelen

Variant A
Variant A is gebaseerd op de vigerende situatie rondom SACHEM. Dit houdt in dat alleen het nieuwe inzicht omtrent het Chemicaliënmagazijn wordt beschouwd.

Variant B
Variant B is gebaseerd op de toekomstige ontwikkelingen en afgesproken Saneringsmaatregelen. Dit betreffen de volgende saneringen:

- Verlaging van het stikstofgehalte in het huidige Chemicaliënmagazijn (hoofdzakelijk compartiment A+B);
- Losarmen op losplaats 1 en 2 in plaats van losslangen;

Tevens worden bij variant B de volgende ontwikkelingen beschouwd die mogelijk zijn bij SACHEM:

- Een extra opslagvoorziening (technisch nagenoeg gelijk aan het Chemicaliënmagazijn)
- Twee extra losplaatsen (inclusief opslagtanks en doseerleiding)
- Een nieuwe opslagvoorziening voor Trimethylamine (inclusief doseerleiding).

Hierover meer in hoofdstuk 4.2.

4 Uitgangspunten

4.1 Selectie installaties

In hoofdstuk 3.2 is aangegeven dat de QRA van 2011 de basis is geweest van het uitgevoerde onderzoek. In die QRA heeft reeds een selectie plaatsgevonden van de relevante installaties[4]. Hiervan is niet afgeweken in dit onderzoek. Dit betreffen de hoofdstukken 2.2 t/m 2.4 van de QRA uit 2011.

De uiteindelijk geselecteerde installaties voor de QRA zijn:
1. Chemicaliënmagazijn;
2. Kleine buitenmagazijn;
3. Grote buitenmagazijn;
4. Losplaatsen 1 t/m 3;
5. Grondstoffen opslagtanks 1;
6. Grondstoffen opslagtanks 2;
7. Doseerleiding vanaf opslagtanks 1;
8. Doseerleiding vanaf opslagtanks 2;
9. Reactoren;

Omdat het doel van het uitgevoerde onderzoek is geweest om te komen tot een robuuste toekomst voor zowel de omgeving als SACHEM, is in deze QRA ook de toekomstig voorgenomen ontwikkeling van SACHEM opgenomen. Dit omvat de uitbreiding van de activiteiten met de volgende relevante insluitsystemen:
10. Nieuwe opslagvoorziening;
11. Nieuwe losplaatsen A en B; inclusief opslagtanks 4 en doseerleiding;
12. Nieuwe grondstoffen opslagtanks 3; inclusief doseerleiding;

4.2 Scenario's

De geselecteerde installaties zijn aangegeven in Figuur 4.1. In deze paragraaf wordt per installatie omschreven welke stoffen aanwezig zijn, welke scenario's conform de Handleiding risicoberekeningen Bevi versie 3.2 zijn gehanteerd en welke overige uitgangspunten zijn gehanteerd.

Figuur 4.1 Luchtfoto met aanduiding installaties, huidig en toekomstige situatie.

4 Deze selectie is destijds uitgevoerd conform de Handleiding risicoberekeningen Bevi (Hari).

In tabel 4.0 is voor varianten A en B weergegeven welke uitgangspunten zijn gehanteerd. Hierbij zijn alleen de essentiële uitgangspunten opgenomen.

Tabel 4.0 Vergelijking uitgangspunten varianten A en B.

Installatie	Uitgangspunt	Variant A	Variant B	Eenheid
Chemicaliënmagazijn				
	Ventilatievoud	150	150	/uur
	Stikstofgehalte	Cf. QRA 2011	Verlaagd	
Losplaats 1				
	Voorbeeldstof	ECH en Allylalcohol		
	Lossing met:	Losslang	Losarm	
Losplaats 2				
	Voorbeeldstof	ECH en Allylalcohol		
	Lossing met:	Losslang	Losarm	
Losplaats 3				
	Voorbeeldstof	Waterstofchloride (36% in water)		
	Lossing met:	Losslang	Losslang	
Losplaats A				
	Voorbeeldstof:	n.v.t.	ECH	
	Lossing met:	n.v.t.	Losarm	
Losplaats B				
	Voorbeeldstof:	n.v.t.	ECH	
	Lossing met:	n.v.t.	Losarm	
Nieuwe opslagtank bulkgrondstoffen bij losplaats A/B				
	Voorbeeldstof	n.v.t.	ECH	
	Uitvoering:	n.v.t.	Gelijk aan bestaande opslagtank ECH	
Doseerleiding grondstoffen vanaf de opslag bij losplaats A/B				
	Voorbeeldstof:	n.v.t.	ECH	
	Uitvoering:	n.v.t.	Gelijk aan bestaande doseerleiding	
	Lengte:	n.v.t.	160	m
Nieuwe opslagcontainer grondstoffen				
	Aantal:	n.v.t.	2	
	Inhoud:	n.v.t.	14 ton en 25% gevuld	
	Bedrijfstijd:	n.v.t.	Gehele jaar en 25% van de tijd	
Nieuwe doseerleiding grondstoffen				
	Uitvoering:	n.v.t.	Gelijk aan bestaande doseerleiding	
	Lengte:	n.v.t.	115	m
Nieuwe opslagvoorziening (PGS-15)				
	Uitvoering:	n.v.t.	Gelijk aan bestaande Chemicaliënmagazijn	
	Ventilatievoud	n.v.t.	150	/uur
	Stikstofgehalte	n.v.t.	Lager dan in bestaand	
	Percentage ADR 3	n.v.t.	Lager dan in bestaand	

4.2.1 Installatie 1 - Chemicaliënmagazijn

Deze installatie is aangegeven in Figuur 4.1 met de aanduiding Chemicalienmagazijn. Het Chemicaliënmagazijn wordt gebruikt om gevaarlijke stoffen op te slaan. Het gebouw voldoet aan de PGS-15 en valt binnen het beschermingsniveau 1. In Tabel 4.1 geeft de dimensies van het Chemicaliënmagazijn.

Tabel 4.1 dimensies Chemicaliënmagazijn

Compartiment	Oppervlakte compartiment	Hoogte compartiment	Grootte totaal gebouw
A+B	160 m^2	5,15 m	1.335 m^2
C+D	160 m^2	5,15 m	1.335 m^2
E+F	160 m^2	5,15 m	1.335 m^2
G+H	160 m^2	5,15 m	1.335 m^2
I+J	160 m^2	5,15 m	1.335 m^2

Het gebouw is gemodelleerd met een lengte en breedte van 33,55 m, zoals voorgeschreven in de Hari.

Scenario's
Voor PGS-15 opslagen zijn in de Handleiding risicoberekening Bevi (hierna: Hari) de scenario's uit Tabel 4.2 voorgeschreven.

Tabel 4.2 scenario's PGS-15 opslagvoorziening

Scenario		Frequentie (jaar^{-1})
	beschermingsniveau	1 en 2
B.1 Vrijkomen van toxische verbrandingsproducten		$8{,}8 \times 10^{-4}$
B.2 Vrijkomen van (zeer) toxische onverbrande stoffen tijdens de brand		$8{,}8 \times 10^{-4}$

Bij het verladen van verpakkingseenheden met ADR 6.1 VG I kunnen deze vallen. Zodra dit buiten plaatsvindt kan dit effecten hebben richting de omgeving. Omdat de verlading binnen in het Chemicaliënmagazijn plaats vindt hoeft dit scenario niet beschouwd te worden.

Brandbestrijdingssysteem
Het Chemicaliënmagazijn is voorzien van een Hi-ex outside-air brandbestrijdingssysteem. Voor dit systeem is in de Hari de volgende kansverdeling van brandontwikkeling voorgeschreven. Hierbij wordt aangenomen dat het ventilatievoud van het magazijn onbeperkt is door het openstaande rookluik in het magazijn.

Tabel 4.3 brandontwikkeling Hi-ex outside air brandbestrijdingssysteem

Brandbestrijdingssysteem		Kans op brand van een bepaalde omvang			
	Ventilatievoud	20 m^2	50 m^2	100 m^2	160 m^2
1.5 Automatische hi-ex Outside-air installatie	*onbeperkt*	89%	9%	1%	1%
Bijbehorende brandduur [min]		*10*	*10*	*10*	*30*

Opgeslagen stoffen
In het Chemicaliënmagazijn worden in compartiment A+B ADR 6.1 stoffen opgeslagen. Voor dit compartiment zijn zowel de scenario's B.1 en B.2 van toepassing. Voor de overige compartimenten is alleen scenario B.1 van toepassing. Hier worden geen relevante hoeveelheden ADR 6.1 stoffen opgeslagen[5].

5 Hier zijn ook ADR 6.1 VGII stoffen aanwezig. Dit hoeft niet beschouwd te worden omdat de opgeslagen hoeveelheid kleiner is dan 20 ton of de stof is geclassificeerd als ADR 6.1 met bijkomend gevaar ADR 3.

Tabel 4.4 Opgeslagen stoffen per compartiment

Compartiment	Opslagcapaciteit	Gemiddelde structuurformule[6]	Aandeel ADR 3	Aandeel ADR 6.1 VGI	Aandeel ADR 6.1 VGII
A+B	155.000 kg	$C_{5,739}H_{11,478}O_{0,057}N_{0,899}Cl_{1,702}S_{0,020}$	5%	6%	84%
C+D[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,899}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	
E+F[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,899}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	
G+H[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,899}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	
I+J[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,899}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	

Voor de ADR 6.1 stoffen geldt dat hiervoor een survivalfractie van 10% wordt aangehouden, omdat de stoffen ook hoger dan 1,8 meter worden opgeslagen. Deze survivalfractie is conform tabel 63 in de Hari. De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.1.1 Aanpassing ventilatievoud Chemicaliënmagazijn

Voor opslagvoorzieningen uitgerust met een Hi-Ex outside-air brandbestrijdingssysteem wordt in de Hari de modellering voorgeschreven zoals weergegeven in tabel 4.3. Deze modellering geldt voor alle Hi-Ex outside-air brandbestrijdingssystemen, ongeacht de technische uitvoering van de opslagloods waarin deze is geïnstalleerd. In overleg met de provincie Gelderland, SACHEM en het RIVM is een modellering afgestemd op basis van het specifieke ontwerp van het Chemicaliënmagazijn bij SACHEM. In Bijlage 4 is het rapport opgenomen op basis waarvan de alternatieve modellering is vastgesteld, in bijlage 3 is de correspondentie tussen RIVM en de provincie omtrent dit onderwerp opgenomen.

Het Chemicaliënmagazijn is als volgt ontworpen:

- Het is een groot gebouw, met daarin 5 compartiment en een hal voor verladingsactiviteiten;
- Ieder compartiment is voorzien van een automatisch sluitende deur;
- Ieder compartiment is voorzien van een WBDBO van 60 minuten;
- Ieder compartiment bevat twee schuimblus generatoren;
- Ieder compartiment heeft een rookluik, voor het afvoeren van lucht en rook;

Vanwege de beperkte ventilatiemogelijkheid van het chemicaliënmagazijn is gesteld dat een onbeperkte ventilatievoud een overschatting is. Dit omdat ieder compartiment bij brand slechts is voorzien van één opening met de buitenlucht. Door deze opening wordt de lucht uit het compartiment afgevoerd, samen met de rookgassen. Tevens zou als voeding van de brand lucht via deze opening aangevoerd moeten worden. In bijlage 4 is gemotiveerd een brand met ingaande en uitgaande luchtstromen resulteert in een beperkte brandsnelheid ofwel een verlaagde zuurstofconsumptie. Deze conclusie heeft geleid tot de modellering voor het magazijn zoals opgenomen in tabel 4.5. Het Hi-Ex outside-air brandbestrijdingssysteem in het Chemicaliënmagazijn wordt gemodelleerd als een Hi-Ex inside-air brandbestrijdingssysteem met een grotere ventilatievoud. Deze hogere ventilatievoud geldt voor de situatie dat de roldeur gesloten is, om recht te doen aan de aanwezige opening in de opslagvoorziening (rookluik).

Tabel 4.5 brandontwikkeling voor de aangepaste modellering van het Chemicaliënmagazijn.

Brandbestrijdingssysteem		Kans op brand van een bepaalde omvang			
	Ventilatievoud	20 m^2	50 m^2	100 m^2	160 m^2
1.6 Automatische hi-ex Inside-air installatie, niet falen automatische roldeur	150	87,22%	8,82%	0,98%	0,98%
1.6 Automatische hi-ex Inside-air installatie, falen van automatische roldeur	∞	1,78%	0,18%	0,02%	0,02%
1.6 Automatische hi-ex Inside-air installatie, totaal	150 / ∞	89%	9%	1%	1%
Bijbehorende brandduur [min]		*10/30*	*10/30*	*10/30*	*30/30*

6 Gebaseerd op opgeslagen tonnen N, S en Halogeniden met de aanname dat de rest van de stof bestaat uit CH2 en een aandeel zuurstof. Gebaseerd op de QRA Sachem 2011 en aangepast in overleg met SACHEM.

4.2.1.2 Aangepaste stikstofgehalte

In overleg met SACHEM is beoordeeld in hoeverre de opslag van stikstof in het Chemicaliënmagazijn gereduceerd kan worden. Met name in compartiment A+B is een reductie van stikstof mogelijk, van 12.600 kg naar 5.000 kg. Dit heeft geleid tot de volgende gehanteerde gemiddelde stofsamenstellingen.

Tabel 4.6 Opgeslagen stoffen per compartiment

Compartiment	Opslagcapaciteit	Gemiddelde structuurformule[7]	Aandeel ADR 3	Aandeel ADR 6.1 VGI	Aandeel ADR 6.1 VGII
A+B	155.000 kg	$C_{5,739}H_{11,478}O_{0,057}N_{0,336}Cl_{1,702}S_{0,020}$	5%	6%	84%
C+D[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,852}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	
E+F[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,852}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	
G+H[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,852}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	
I+J[5]	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,852}Cl_{0,250}S_{0,020}$	99%	n.v.t.	

4.2.2 Installatie 2 - Kleine buitenmagazijn

Het kleine buitenmagazijn is weergegeven in Figuur 4.1 met de aanduiding kleine buitenmagazijn 1 en 2. Dit zijn twee gebouwen. De kleine buiten magazijnen worden gebruikt om gevaarlijke stoffen op te slaan. De gebouwen voldoen de PGS-15 en vallen onder het beschermingsniveau 3. In Tabel 4.6 zijn de dimensies van deze opslagcompartimenten weergegeven.

Tabel 4.6 dimensies kleine buitenmagazijnen

Compartiment	Oppervlakte compartiment	Hoogte compartiment	Grootte totaal gebouw
K1A2	67,9 m^2	3,6 m	362,5 m^2
K1A3	67,9 m^2	3,6 m	362,5 m^2
K1A4	67,9 m^2	3,6 m	362,5 m^2
K1A5	67,9 m^2	3,6 m	362,5 m^2
K1B6	67,9 m^2	3,6 m	290 m^2
K1B7	67,9 m^2	3,6 m	290 m^2
K1B8	67,9 m^2	3,6 m	290 m^2
K1B9	67,9 m^2	3,6 m	290 m^2

Het gebouw K1A is gemodelleerd met een lengte en breedte van 19,04 m, zoals voorgeschreven in de Hari. Voor het gebouw K1B is een lengte en breedte van 17,04 m gehanteerd.

Scenario's
Voor PGS-15 opslagen zijn in de Handleiding risicoberekening Bevi (hierna: HARI) de scenario's uit Tabel 4.7 voorgeschreven.

Tabel 4.7 scenario's PGS-15 opslagvoorziening

Scenario		Frequentie (jaar^{-1})
	beschermingsniveau	3
B.1 Vrijkomen van toxische verbrandingsproducten		$1,8 \times 10^{-4}$
B.2 Vrijkomen van (zeer) toxische onverbrande stoffen tijdens de brand		$1,8 \times 10^{-4}$

7 Gebaseerd op opgeslagen tonnen N, S en Halogeniden met de aanname dat de rest van de stof bestaat uit CH2 en een aandeel zuurstof. Gebaseerd op de QRA Sachem 2011 en aangepast in overleg met SACHEM. Stikstofgehalte in compartiment A+B van 12.600 kg naar 5.000 kg en overige compartimenten van 12.600 kg naar 12.000 kg.

Brandbestrijdingssysteem
De kleine buitenmagazijnen zijn uitgerust als PGS-15 opslagvoorzieningen met beschermingsniveau 3.

Tabel 4.8 brandontwikkeling opslagvoorziening met beschermingsniveau 3

Brandbestrijdingssysteem		Kans op brand van een bepaalde omvang		
	Ventilatievoud	20 m^2	50 m^2	67,9 m^2
Beschermingsniveau 3	*onbeperkt*	-	-	100%
Bijbehorende brandduur [min]		-	-	*30*

Opgeslagen stoffen
In het kleine buitenmagazijn wordt in de compartimenten K1A2, K1A3 en K1B9 ADR 6.1 VPI stoffen opgeslagen. Voor dit compartiment zijn zowel de scenario's B.1 en B.2 van toepassing. Voor de overige opslag-compartimenten is alleen het scenario B.1 van toepassing, omdat hier geen ADR 6.1 stoffen worden opgeslagen.

Tabel 4.9 Opgeslagen stoffen per compartiment

Compartiment	Opslagcapaciteit	Gemiddelde structuurformule[8]	Aandeel ADR 3	Aandeel ADR 6.1 VGI	Aandeel ADR 6.1 VGII
K1A2	66.000 kg	$C_{4,223}H_{8,607}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	90%
K1A3	66.000 kg	$C_{4,212}H_{8,743}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	90%
K1A4[9]	66.000 kg	$C_{4,201}H_{8,879}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	
K1A5	66.000 kg	$C_{4,189}H_{9,014}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	
K1B6	66.000 kg	$C_{4,235}H_{8,470}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	
K1B7	66.000 kg	$C_{4,215}H_{8,706}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	
K1B8	66.000 kg	$C_{4,196}H_{8,940}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	
K1B9	66.000 kg	$C_{4,235}H_{8,470}O_{nvt}N_{0,250}Cl_{0,076}S_{0,012}$	n.v.t.	n.v.t.	10%

Voor de ADR 6.1 stoffen geldt dat hiervoor een survivalfractie van 1% wordt aangehouden, omdat de stoffen niet hoger dan 1,8 meter worden opgeslagen. Deze survivalfractie is conform tabel 63 in de Hari. De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.3 Installatie 3 - Grote buitenmagazijn

Het grote buitenmagazijn is weergegeven in Figuur 4.1 . Het grote buiten magazijn worden gebruikt om gevaarlijke stoffen op te slaan. Het gebouw voldoet aan de PGS-15 en valt onder het beschermingsniveau 3. In Tabel 4.10 zijn de dimensies van deze opslagcompartimenten weergegeven.

Tabel 4.10 dimensies grote buitenmagazijn

Compartiment	Oppervlakte compartiment	Hoogte compartiment	Grootte totaal gebouw
GB1	175 m^2	6,1 m	650 m^2
GB2	260 m^2	6,1 m	650 m^2
GB3	175 m^2	6,1 m	650 m^2

Het gebouw is gemodelleerd met een lengte en breedte van 25,5 m, zoals voorgeschreven in de HARI.

Scenario's

8 Gebaseerd op opgeslagen tonnen N, S en Halogeniden met de aanname dat de rest van de stof bestaat uit CH2 en een aandeel zuurstof. Overgenomen uit de QRA Sachem 2011. Zuurstof is niet relevant voor een open opslagvoorziening.
9 Het aandeel ADR 6.1 VG II blijft beneden de drempelwaarde uit de Hari.

Voor PGS-15 opslagen zijn in de Hari de scenario's uit Tabel 4.11 voorgeschreven.

Tabel 4.11 scenario's PGS-15 opslagvoorziening

Scenario		**Frequentie (jaar^{-1})**
	beschermingsniveau	3
B.1 Vrijkomen van toxische verbrandingsproducten		$1{,}8 \times 10^{-4}$
B.2 Vrijkomen van (zeer) toxische onverbrande stoffen tijdens de brand		$1{,}8 \times 10^{-4}$

Brandbestrijdingssysteem
De kleine buitenmagazijnen zijn uitgerust als PGS-15 opslagvoorzieningen met beschermingsniveau 3.

Tabel 4.12 brandontwikkeling opslagvoorziening met beschermingsniveau 3

Brandbestrijdingssysteem		**Kans op brand van een bepaalde omvang**			
	Ventilatievoud	20 m^2	50 m^2	100 m^2	175 m^2
Beschermingsniveau 3	*onbeperkt*	-	-	-	100%
Bijbehorende brandduur [min]		-	-	-	*30*

Opgeslagen stoffen
Het grote buitenmagazijn heeft geen ADR 6.1 opslag. Hier is scenario B.1 van toepassing.

Tabel 4.13 Opgeslagen stoffen per compartiment

Compartiment	**Opslagcapaciteit**	**Gemiddelde structuurformule**[10]	**Aandeel ADR 3**	**Aandeel ADR 6.1 VGI en VG II**
GB1	240.000 kg	$C_{13,546}H_{27,093}O_{nvt}N_{0,785}Cl_{1,072}S_{0,031}$	n.v.t.	n.v.t.
GB2	360.000 kg	$C_{24,490}H_{48,980}O_{nvt}N_{0,321}Cl_{0,310}S_{0,031}$	n.v.t.	n.v.t.
GB3	240.000 kg	$C_{13,546}H_{27,093}O_{nvt}N_{0,785}Cl_{1,072}S_{0,031}$	n.v.t.	n.v.t.

De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.4 Installatie 4 - Losplaatsen 1, 2 en 3

In Figuur 4.1 zijn de drie losplaatsen weergegeven met de aanduiding losplaatsen 1, 2 en 3. Voor de verladingsactiviteiten op deze losplaatsen zijn de voorbeeldstoffen ECH, Allylalcohol en 36% HCl geselecteerd. Deze stoffen zijn representatief voor de gevaarlijke stoffen die verladen worden op de losplaatsen 1, 2 en 3. De relevante scenario's voor verlading zijn weergegeven in tabel 4.14

Tabel 4.14 Relevante scenario's voor verlading van gevaarlijke stoffen

Scenario	**Frequentie (jaar^{-1})**
Instantaan vrijkomen gehele inhoud tankwagen	$1{,}0 \times 10^{-5}$
Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	$5{,}0 \times 10^{-7}$
	Frequentie (uur^{-1})
Breuk losslang	$4{,}00 \times 10^{-6}$
Lekkage losslang, 10% van de diameter	$4{,}00 \times 10^{-5}$
Breuk losarm	$3{,}00 \times 10^{-8}$
Lekkage losarm, 10% van de diameter	$3{,}00 \times 10^{-7}$
Plasbrand (atmosferische tankwagen)	$5{,}9 \times 10^{-9}$

10 Gebaseerd op opgeslagen tonnen N, S en Halogeniden met de aanname dat de rest van de stof bestaat uit CH2 en een aandeel zuurstof. Overgenomen uit de QRA Sachem 2011. Zuurstof is niet relevant voor een open opslagvoorziening.

In tabel 4.15 is het gebruik van de losplaatsen 1, 2 en 3 voor de verlading van de voorbeeldstoffen opgenomen. In tabel 4.15 is de huidige en toekomstige situatie weergegeven. Omdat de risicocontour te groot was zijn maatregelen genomen bij de losplaatsen 1 en 2. Om de risico's te reduceren worden deze losplaatsen voorzien van losarmen.

Tabel 4.15 Gebruik losplaatsen per voorbeeldstof

LP		Epichloorhydrine (ECH)	Allylalcohol	Waterstofchloride (36%-aq)
1	Aantal [jaar^{-1}]	Opmerking 1.		
	Volume tankwagen [m^3]	21,2	26,8	
	Duur verlading [uur]	0,71	0,6	
	Totale verblijftijd	1,5	1,5	
	Aandeel tankwagens met noodstop	50%	0%	
	Oppervlakte losplaats [m^2]	108	108	
	Opvangcapaciteit [m^3]	9,4	9,4	
	Lossingen met losslang/losarm [Variant A/B]	Losslang/losarm	Losslang/losarm	
2	Aantal [jaar^{-1}]	Opmerking 1		
	Volume tankwagen [m^3]	21,2	26,8	
	Duur verlading [uur]	0,71	0,6	
	Totale verblijftijd	1,5	1,5	
	Aandeel tankwagens met noodstop	50%	0%	
	Oppervlakte losplaats [m^2]	108	108	
	Opvangcapaciteit [m^3]	9,4	9,4	
	Lossingen met losslang/losarm [Variant A/B]	Losslang/losarm	Losslang/losarm	
3	Aantal [jaar^{-1}]	-	-	Opmerking 1
	Volume tankwagen [m^3]	-	-	20,8
	Duur verlading [uur]	-	-	2,0
	Totale verblijftijd	-	-	2,5
	Aandeel tankwagens met noodstop	-	-	0%
	Oppervlakte losplaats [m^2]	-	-	298
	Opvangcapaciteit [m^3]	-	-	25
	Lossingen met losslang/losarm [Variant A/B]	-	-	Losslang/Losslang

Opmerking 1: In de berekening is het aantal lossingen verdisconteerd

Tevens gelden bij het lossen de volgende randvoorwaarden en/of aannames:

- Het lossen gebeurt met behulp van pompen van SACHEM, hierdoor is bij breuk van een losslang sprake van vrij verval uit de tankwagen;
- In de scenario's is rekening gehouden met de aanwezigheid van noodstopvoorzieningen op de tankwagens, wanneer dit te borgen valt:
    - Bij de verlading van ECH is bij 50% van de tankwagens deze voorziening aanwezig;
    - Tevens zijn twee operators aanwezig om toezicht te houden op de verlading;
    - Bij de verlading van Allylalcohol en HCl zijn geen noodstoppen aanwezig.
- Bij de tankwagens is rekening gehouden met een vloeistofkolom van 2 meter;
- Bij het scenario breuk losslang is een uitstroming van 1,5 x het pompdebiet aangehouden;
- Voor de uitstroming bij een 10 mm gat is een debiet van 0,01 x het pompdebiet aangehouden;
- Bij het vrijkomen van HCl is rekening gehouden met het feit dat deze opgelost is in water, dit conform de FAQ Safeti-NL van het RIVM.

De uitwerking van de scenario’s is opgenomen in bijlage 2.

4.2.5 *Installatie 5 - Grondstoffenopslagtanks 1*

In Figuur 4.1 is de locatie van de 4 grondstoffenopslagtanks opgenomen met de aanduiding opslagtanks 1. Hiervoor is de voorbeeldstof Trimethylamine (hierna: TMA) gehanteerd. Dit zijn 4 opslagtanks, waarin TMA tot een vloeistofverdicht gas wordt opgeslagen. De relevante scenario's voor de opslag van TMA zijn weergegeven in Tabel 4.16

Tabel 4.16 Relevante scenario's voor opslagtanks onder druk

Scenario	Frequentie (jaar^{-1})
Instantaan vrijkomen gehele inhoud	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Continu uitstromen inhoud door een gat van 10 mm	$1{,}0 \times 10^{-5}$

Deze opslagtanks staan gedurende het gehele jaar hier opgesteld. De inhoud van 1 opslagtank is 5 m^3 dit komt neer op 3.233 kg. De vloeistofkolom van de opslagtank is 2 meter. Deze opslagtanks zijn aangesloten op de doseerleiding, die naar de reactoren toeloopt. De modellering van de doseerleiding is beschreven in paragraaf 4.2.7. De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.6 *Installatie 6 - Grondstoffenopslagtanks 2*

In Figuur 4.1 is de locatie van de grondstoffenopslagtanks 2 weergegeven. Dit zijn 2 opslagtanks, waarin ECH onder atmosferische druk wordt opgeslagen. De relevante scenario's voor de opslag van ECH zijn weergegeven in Tabel 4.17

Tabel 4.17 Relevante scenario's voor atmosferische opslagtanks

Scenario	Frequentie (jaar^{-1})
Instantaan vrijkomen gehele inhoud	$5{,}0 \times 10^{-6}$
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten	$5{,}0 \times 10^{-6}$
Continu uitstromen inhoud door een gat van 10 mm	$1{,}0 \times 10^{-4}$

Deze opslagtanks staan gedurende het gehele jaar hier opgesteld. De gelostte grondstoffen bij losplaats 1 en 2 wordt verpompt naar deze opslagtanks. De inhoud van één opslagtank is 75 m^3. De vloeistofkolom van de opslagtank is 3 meter. Rondom de grote grondstoffenopslagtanks is een opvangbak aangebracht met een oppervlakte van 77,8 m^2. Deze opslagtanks zijn aangesloten op de doseerleiding, die naar de reactoren toeloopt. De modellering van de doseerleiding is beschreven in paragraaf 4.2.8. De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.7 *Installatie 7 - Doseerleiding van de grondstoffenopslagtanks 1*

De doseerleiding loopt van de grondstoffenopslagtanks 1 naar de reactorgebouwen. In Tabel 4.18 zijn de relevante scenario's weergegeven.

Tabel 4.18 Relevante scenario's voor doseerleidingen met een diameter kleiner dan 75 mm.

Scenario	Frequentie (m^{-1}.jaar^{-1})
Breuk leiding	$1{,}00 \times 10^{-6}$
Lekkage leiding, 10% van de diameter	$5{,}00 \times 10^{-6}$

In Tabel 4.19 staan de relevante gegevens over de doseerleiding. Hierbij is uitgegaan van dezelfde opgeslagen stof in de grondstoffenopslagtanks 1.

Tabel 4.19 Relevante gegevens voor de doseerleiding.

Gegevens	
Lengte leiding [m]	90
Diameter leiding [mm]	50,8
Hoogte leiding [m]	5
Inhoud leiding [m^3]	0,18
Pompdebiet [kg/s]	0,7
Bedrijfstijd [uur/jaar]	8.760

De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.8 Installatie 8 - Doseerleiding van de grondstoffenopslagtanks 2

De doseerleiding loopt van de grondstoffenopslagtanks 2 naar de reactorgebouwen. In Tabel 4.20 zijn de relevante scenario's weergegeven.

Tabel 4.20 Relevante scenario's voor doseerleidingen met een diameter kleiner dan 75 mm.

Scenario	Frequentie ($m^{-1}.jaar^{-1}$)
Breuk leiding	$1{,}00 \times 10^{-6}$
Lekkage leiding, 10% van de diameter	$5{,}00 \times 10^{-6}$

In Tabel 4.21 staan de relevante gegevens over de doseerleiding. . Hierbij is uitgegaan van dezelfde opgeslagen stof in de grondstoffenopslagtanks 2.

Tabel 4.21 Relevante gegevens voor de doseerleiding

Gegevens	
Lengte leiding [m]	117
Diameter leiding [mm]	50,8
Hoogte leiding [m]	5
Inhoud leiding [m^3]	0,18
Pompdebiet [kg/s]	0,7
Bedrijfstijd [uur/jaar]	8.760

De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.9 Installatie 9 - reactoren

Bij SACHEM staan in hal 2 en 3 reactoren (T-01, T-02, T03, T-04 en T-08) opgesteld. De reactoren kunnen falen, waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen. Door SACHEM is ervoor gekozen om uit te gaan van de voorbeeldstof[11] Acetonitril (hierna: ACN) omdat deze stof kan verbranden, waarbij onder andere NO_2 gevormd. De rookgassen die ontstaan bij een brand in een gebouw, zullen niet opstijgen zoals bij een brand in de buitenlucht wel zal gebeuren. De reactor is het gehele jaar in bedrijf, echter voor de gehanteerde bedrijfstijd wordt de helft van het jaar als een worst-case inschatting gehanteerd. Deze bedrijfstijd wordt representatief geacht voor de tijd dat de reactor relevante gevaarlijke stoffen bevat. De relevante scenario's voor de reactoren zijn in Tabel 4.22 weergegeven.

[11] De overige in de reactoren gebruikte stoffen zorgen bij vrijkomen niet voor een letaal effect buiten de reactorhallen, vanwege de lage concentratie vrijgekomen gassen als gevolg van de verdunning bij ventilatie.

Tabel 4.22 Relevante scenario's voor reactoren.

Scenario	Frequentie (jaar^{-1})
Instantaan vrijkomen gehele inhoud	$5{,}00 \times 10^{-6}$
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	$5{,}00 \times 10^{-6}$
Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	$1{,}00 \times 10^{-4}$

In Tabel 4.23 zijn de uitgangspunten gegeven die van belang zijn.

Tabel 4.23 Relevante gegevens voor de modellering van de reactoren

Gegevens	T-01/T-02	T-03/T-04	T-08
Massa ACN [kg]	2.700	2.700	3.500
Bedrijfstijd [uur/jaar]	4.380	4.380	4.380
Temperatuur [^{o}C]	78	78	78
Ventilatievoud gebouw [inhoud/uur]	4	4	4
Opvangcapaciteit ruimte [m^2]	112,5	112,5	150
Ontstekingskans ACN [-]	0,065	0,065	0,065
Omzetting ACN in NO_2 [-]	0,1	0,1	0,1
Dimensies reactorgebouwen [lxbxh]	14,4 x 14,4 x 10	21,2 x 21,2 x 10	

De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.10 Installatie 10 – nieuwe opslagvoorziening

In figuur 4.1 is de ligging van de nieuwe opslagvoorziening aangegeven. Omdat van dit magazijn nog niet bekend is welke voorzieningen getroffen gaan worden, is in overleg met alle betrokkenen afgesproken om uit te gaan van een opslagvoorziening welke qua veiligheid gelijkwaardig is aan het bestaande Chemicaliënmagazijn. Dit houdt in dat de opslagvoorziening qua modellering van de technische uitvoering overeenkomt met het bestaande Chemicaliënmagazijn zoals omschreven in paragraaf 4.2.1.

In Tabel 4.24 zijn de dimensies van de nieuwe opslagvoorziening weergegeven.

Tabel 4.24 Dimensies nieuwe opslagvoorziening

Compartiment	Oppervlakte compartiment	Hoogte compartiment	Grootte totaal gebouw
1	160 m^2	5,15 m	1.339 m^2
2	160 m^2	5,15 m	1.339 m^2
3	160 m^2	5,15 m	1.339 m^2
4	160 m^2	5,15 m	1.339 m^2
5	160 m^2	5,15 m	1.339 m^2

Het gebouw is gemodelleerd met een lengte en breedte van 33,6 m, zoals voorgeschreven in de Hari.

Opgeslagen stoffen
In de nieuwe opslagvoorziening worden in compartiment 1 ADR 6.1 stoffen opgeslagen. Hier zijn zowel de scenario's B.1 en B.2 van toepassing. Voor de overige opslagcompartimenten is alleen het scenario B.1 van toepassing, omdat hier geen relevante hoeveelheden ADR 6.1 stoffen worden opgeslagen[12].

Tabel 4.25 Opgeslagen stoffen per compartiment

Compartiment	Opslagcapaciteit	Gemiddelde structuurformule[13]	Aandeel ADR 3	Aandeel ADR 6.1 VGI	Aandeel ADR 6.1 VGII

12 Hier zijn ook ADR 6.1 VGII stoffen aanwezig dit hoeft niet beschouwd te worden omdat de opgeslagen hoeveelheid kleiner is dan 20 ton of de stof is geclassificeerd als ADR 6.1 met bijkomend gevaar ADR 3.

A+B	155.000 kg	$C_{5,739}H_{11,478}O_{0,057}N_{0,201}Cl_{1,702}S_{0,020}$	5%	6%	84%
C+D	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,701}Cl_{0,250}S_{0,020}$	95%	n.v.t.	
E+F	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,\ 701}Cl_{0,250}S_{0,020}$	95%	n.v.t.	
G+H	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,\ 701}Cl_{0,250}S_{0,020}$	90%	n.v.t.	
I+J	155.000 kg	$C_{9,439}H_{18,878}O_{0,031}N_{0,\ 701}Cl_{0,250}S_{0,020}$	90%	n.v.t.	

Voor de ADR 6.1 stoffen geldt dat hiervoor een survivalfractie van 10% wordt aangehouden, omdat de stoffen ook hoger dan 1,8 meter worden opgeslagen. Deze survivalfractie is conform tabel 63 in de Hari. De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.11 Installatie 11 – nieuwe grondstoffenopslagtanks 3

De nieuw voorgenomen grondstoffenopslag in containers bevindt zich aan de zuidelijke zijde van het terrein. Hiervoor wordt dezelfde voorbeeldstof gehanteerd als bij de grondstoffenopslag 1, namelijk TMA. In Figuur 4.1 is dit weergegeven met de aanduiding opslagtanks 3. Tevens loopt een doseerleiding naar de reactorgebouwen.

Het betreft de opslag in twee opslagcontainers, waarbij 1 container geplaatst wordt zodra de andere voor 25% leeg is, dit houdt in dat gedurende het gehele jaar 1 container volledig gevuld is en de andere voor een gedeelte van het jaar voor 25% gevuld aanwezig is. In Tabel 4.26 zijn de relevante ongevalscenario's weergegeven.

Tabel 4.26 Relevante scenario's voor opslagtanks onder druk.

Scenario	**Frequentie (jaar^{-1})**
Instantaan vrijkomen gehele inhoud	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Continu uitstromen inhoud door een gat van 10 mm	$1{,}0 \times 10^{-5}$
	Frequentie (m^{-1}.jaar^{-1})
Breuk leiding	$1{,}00 \times 10^{-6}$
Lekkage leiding, 10% van de diameter	$5{,}00 \times 10^{-6}$

De belangrijkste uitgangspunten zijn in Tabel 4.27 weergegeven. De opslagcontainers zijn niet in een opvangbak geplaatst.

Tabel 4.27 Overzicht belangrijkste uitgangspunten

Opslagcontainer	**A**	**B**
Inhoud [kg]	13.900	13.900
Vullingsgraad [-]	100%	25%
Bedrijfstijd	Gehele jaar	25%
Temperatuur en druk [^{o}C en bar]	9,8 en tot vloeistof verdicht gas (t.v.v.'	
Vloeistofkolom [m]	4	4
Doseerleiding		
Lengte leiding [m]	115	
Diameter leiding [mm]	50,4	
Pompdebiet [kg/s]	0,7	
Bedrijfstijd [uur/jaar]	8.760	
Temperatuur en druk [^{o}C en bar]	9,8 en t.v.v. gas	

13 Gebaseerd op opgeslagen tonnen N, S en Halogeniden met de aanname dat de rest van de stof bestaat uit CH2 en een aandeel zuurstof. Gebaseerd op de QRA, uitbreiding SACHEM juni 2011 en aangepast in overleg met SACHEM.

De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.12 Installatie 12 – nieuwe losplaatsen A en B

De nieuwe losplaatsen A en B zijn gepland aan de noordzijde van de huidige losplaatsen 1 en 2. Omdat onbekend is welke stoffen verladen gaan worden op deze locatie, is uitgegaan van de stof ECH. Hiervoor is gekozen in overleg met SACHEM, deze voorbeeldstof zorgt qua risico's niet voor een onderschatting en is representatief voor de gebruikte stoffen bij SACHEM. In Figuur 4.1 is de ligging van de twee losplaatsen A en B weergegeven. De relevante scenario's voor verlading zijn weergegeven in Tabel 4.28

Tabel 4.28 Relevante scenario's voor verlading van gevaarlijke stoffen

Scenario	**Frequentie (jaar^{-1})**
Instantaan vrijkomen gehele inhoud tankwagen	$1{,}0 \times 10^{-5}$
Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	$5{,}0 \times 10^{-7}$
	Frequentie (uur^{-1})
Breuk losarm	$3{,}00 \times 10^{-8}$
Lekkage losarm, 10% van de diameter	$3{,}00 \times 10^{-7}$
Plasbrand (atmosferische tankwagen)	$5{,}9 \times 10^{-9}$

De opvangcapaciteit en omvang van de losplaatsen is opgenomen in Tabel 4.29. De losplaatsen A en B worden als volgt gebruikt voor de verlading van de voorbeeldstof ECH.

Tabel 4.29 Gebruik losplaatsen per stof

LP		**Epichloorhydrine (ECH)**
A	Aantal [jaar^{-1}]	Opmerking 2
	Volume tankwagen [m^3]	21,2
	Duur verlading [uur]	0,71
	Totale verblijftijd	1,5
	Aandeel tankwagens met noodstop	0%
	Oppervlakte losplaats [m^2]	108
	Opvangcapaciteit [m^3]	9,4
	Lossingen met losslang/losarm	Losarm
B	Aantal [jaar^{-1}]	Opmerking 2
	Volume tankwagen [m^3]	21,2
	Duur verlading [uur]	0,71
	Totale verblijftijd	1,5
	Aandeel tankwagens met noodstop	0%
	Oppervlakte losplaats [m^2]	108
	Opvangcapaciteit [m^3]	9,4
	Lossingen met losslang/losarm	Losarm

Opmerking 2: In de berekening is een aanname voor het aantal lossingen verdisconteerd.

Tevens gelden bij het lossen de volgende randvoorwaarden en/of aannames:

- Het lossen gebeurt met behulp van pompen van SACHEM, hierdoor is bij breuk van een losslang sprake van vrij verval uit de tankwagen;
- In de scenario's is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van noodstopvoorzieningen op de tankwagens omdat de stoffen en leveranciers onbekend zijn;
- Bij de tankwagens is rekening gehouden met een vloeistofkolom van 2 meter;
- Bij het scenario breuk losslang is een uitstroming van 1,5 x het pompdebiet aangehouden;

- Voor de uitstroming bij een 10 mm gat is een debiet van 0,01 x het pompdebiet aangehouden.

De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.2.13 Installatie 13 –nieuwe grondstoffen opslagtanks 4

De stoffen welke gelost worden op de losplaatsen A en B wordt opgeslagen in twee opslagtanks. Deze bevindt zich bij de losplaatsen A en B. Gelijk aan paragraaf 4.2.4 is hier uitgegaan van de voorbeeldstof ECH. De relevante scenario's voor deze opslagtanks zijn weergegeven in Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Relevante scenario's voor atmosferische opslagtanks

Scenario	**Frequentie (jaar^{-1})**
Instantaan vrijkomen gehele inhoud	$5{,}0 \times 10^{-6}$
Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten	$5{,}0 \times 10^{-6}$
Continu uitstromen inhoud door een gat van 10 mm	$1{,}0 \times 10^{-4}$

Voor de technische uitvoering is aangenomen dat de opslagtanks gelijk zijn aan de bestaande grondstoffenopslagtanks 2 zoals omschreven in paragraaf 4.2.6.

Van deze opslagtanks zal een doseerleiding richting de reactoren moeten lopen. Aangezien het onbekend is of deze tanks gebruikt gaan worden voor dezelfde stoffen als opgeslagen in de grondstoffentanks 2,is uitgegaan van een losse doseerleiding. Voor de modellering van de doseerleiding is aangenomen dat de technische uitvoering hiervan overeenkomt met de bestaande doseerleiding van de opslagtanks 2, zoals omschreven in paragraaf 4.2.8. In Tabel 4.31 zijn de relevante scenario's weergegeven.

Tabel 4.31 Relevante scenario's voor doseerleidingen met een diameter kleiner dan 75 mm.

Scenario	**Frequentie (m^{-1}.jaar^{-1})**
Breuk leiding	$1{,}00 \times 10^{-6}$
Lekkage leiding, 10% van de diameter	$5{,}00 \times 10^{-6}$

In Tabel 4.32 staan de relevante gegevens over de nieuwe doseerleiding.

Tabel 4.32 Relevante gegevens voor de nieuwe doseerleiding.

Gegevens	
Lengte leiding [m]	161
Diameter leiding [mm]	50,8
Hoogte leiding [m]	5
Inhoud leiding [m^3]	0,18
Pompdebiet [kg/s]	0,7
Bedrijfstijd [uur/jaar]	8.760

De uitwerking van de scenario's is opgenomen in bijlage 2.

4.3 Omgeving

Voor de huidige situatie is aangenomen dat deze overeen komt met de geïnventariseerde bevolking voor de QRA van januari 2011. Dit was de situatie zoals mogelijk gemaakt binnen de vigerende bestemmingsplannen:

1. Waluwe I
2. Waluwe II
3. Bedrijventerrein De Wildeman
4. Kern Zaltbommel
5. Van Voordenpark-1
6. Van Voordenpark-2
7. Industriegebied-Oost II

Ten behoeve van het nieuwe bestemmingsplan zijn alle bedrijven binnen het bestemmingsplan geïnventariseerd en is beoordeeld welke maximale personenaantallen mogelijk zijn. Op basis hiervan is de toekomstige bevolking vastgesteld op maximale bestemmingsplancapaciteit. Dit alles is gerapporteerd in "Bestemmingsplan Van Voordenpark, Inventarisatie (beperkt) kwetsbare objecten" van november 2012 met kenmerk 219575.

In bijlage 1 is een overzicht opgenomen van de gehanteerde populatie in de QRA. De verdeling week, midweek en weekend is overgenomen uit de QRA van 2011. In Tabel 4.33 is een overzicht gegeven van de gehanteerde populatie verdelingen.

Tabel 4.33 Gebruikte populatie verdeling

Populatie	Aantal dagen per week	Dagdeel	Aantal uren per dagdeel
Week	7	Dag	10,5
		Nacht	13,5
Midweek	5	Dag	8
		Nacht	3,5
Weekend	2	Dag	4
		Nacht	2,5

4.4 Overige uitgangspunten

Ontstekingsbronnen binnen de inrichting zijn van belang voor de berekening van zowel het plaatsgebonden risico als het groepsrisico, ontstekingsbronnen buiten de inrichting zijn alleen van belang voor de berekening van het groepsrisico. In de berekening van het groepsrisico wordt de vertraagde ontsteking veroorzaakt door de aanwezigheid van een ontstekingsbron. De bevolking wordt standaard als een ontstekingsbron gebruikt, verondersteld wordt dat hierin ook de regionale wegen zijn verdisconteerd.

Rondom het bedrijf zijn twee ontstekingsbronnen relevant en daarom ingevoerd, dit zijn de A2 en de spoorlijn. In Tabel 4.34 zijn de gehanteerde uitgangspunten weergegeven.

Tabel 4.34 uitgangspunten ontstekingsbronnen

	A2	Spoorlijn[14]
Aantal vervoersbewegingen [n/uur]	4.446	10
Snelheid [km/u]	80	80
Ontstekingskans [-/min]	0,4	0,8

Voor de meteogegevens is gebruik gemaakt van de gegevens voor Gilze-Rijen, zoals opgenomen in het rekenprogramma Safeti-NL. De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft en derhalve de dispersie van vrij gekomen gevaarlijke stoffen

[14] Gebaseerd op een prognose van 164 treinen/dag in het jaar 2015, afkomstig uit ASWIN 2006. Gedurende de dag en avond zijn 143 treinen voorzien, dit is een periode van ongeveer 16 uur.

beïnvloed. Voor de ruwheidslengte is uitgegaan van 1,0 meter, dit is gelijk aan de QRA van SACHEM uit 2011.

De invloed van vliegtuigen en helikopters is beperkt tot het veroorzaken van een LOC als gevolg van neerstorten. Binnen de rekenmethodiek Bevi hoeven deze effecten pas beschouwd te worden indien de kans op het incident meer dan 10% is van de basisfaalfrequentie. In Nederland zijn de risico's van vliegverkeer beschouwd, hierbij blijkt de grootste kans op neerstorten bij opstijgen en landen van vliegtuigen. Op de risicokaart[15] van Nederland zijn de zoneringen rondom vliegvelden opgenomen. Het bedrijf Sachem bevindt zich niet binnen deze zonering, op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat het neerstorten van een vliegtuig op de installaties van Sachem redelijkerwijs niet te verwachten valt. Het beschouwen van de effecten van het neerstorten van een vliegtuig (helikopter, straaljager etc.) bij Sachem zal geen wezenlijke verandering laten zien van de risicocontour.

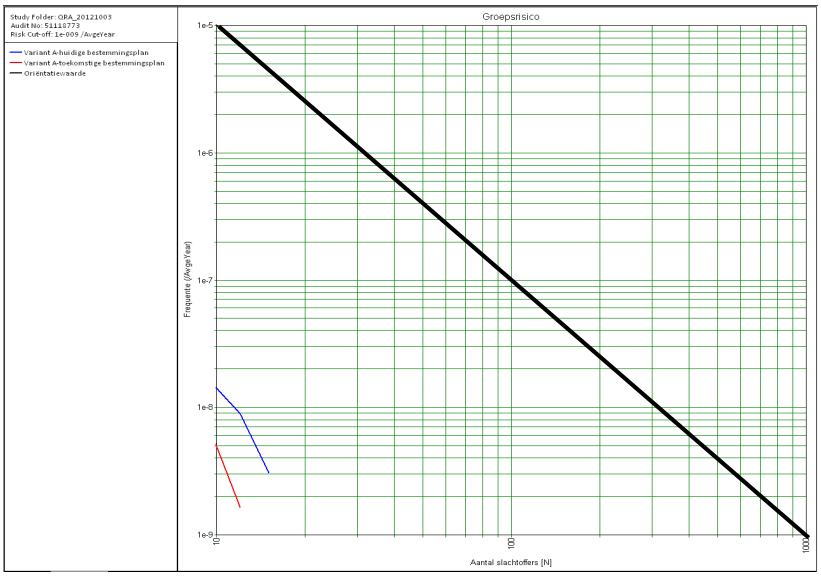
[15] www.risicokaart.nl

5 Resultaten

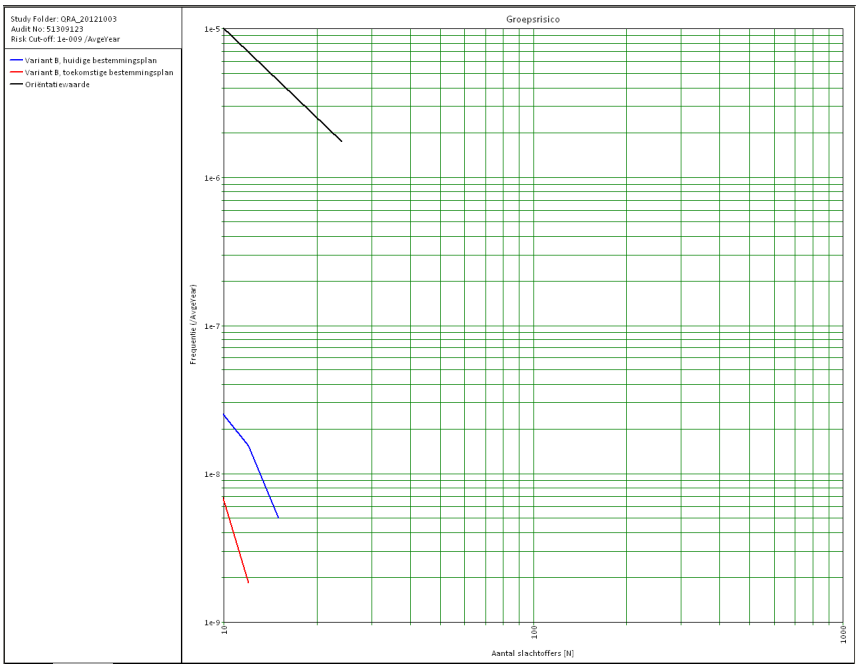
De resultaten worden gepresenteerd met grafieken van het groepsrisico en contouren van het plaatsgebonden risico.

5.1 Groepsrisico

In de figuur 5.1 en 5.2 zijn de groepsrisicocurven van de huidige en toekomstige bevolkingssituatie weergegeven voor de varianten A en B. Het aantal dodelijke slachtoffers blijft binnen de verticale 20 slachtoffers lijn. Blauw is het huidige en Rood het toekomstige bestemmingsplan



Figuur 5.1 Groepsrisico variant A, voor de huidig en toekomstige bevolkingssituatie



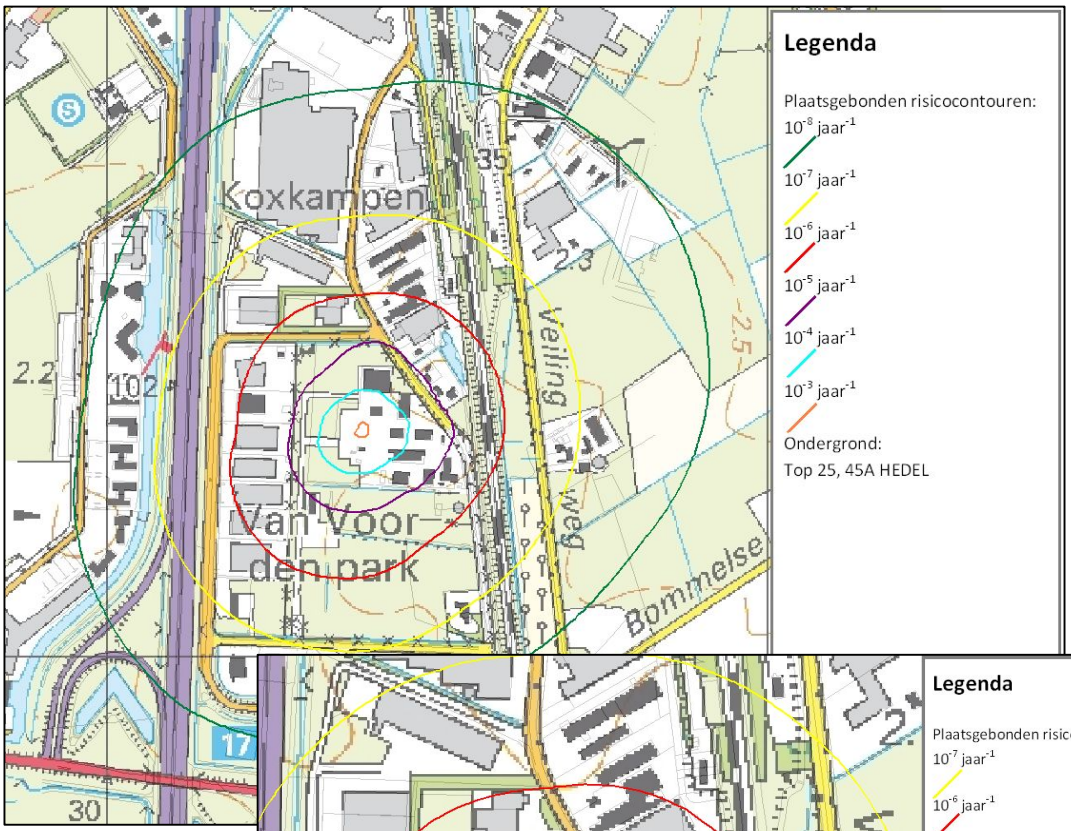
Figuur 5.2 Groepsrisico variant B, voor de huidig en toekomstige bevolkingssituatie

Wanneer de twee varianten worden vergeleken dan blijkt dat als gevolg van de voorgenomen uitbreiding bij SACHEM het groepsrisico enigszins stijgt. Bij beide beschouwde varianten neemt het groepsrisico af als gevolg van de nieuwe planologische regeling.

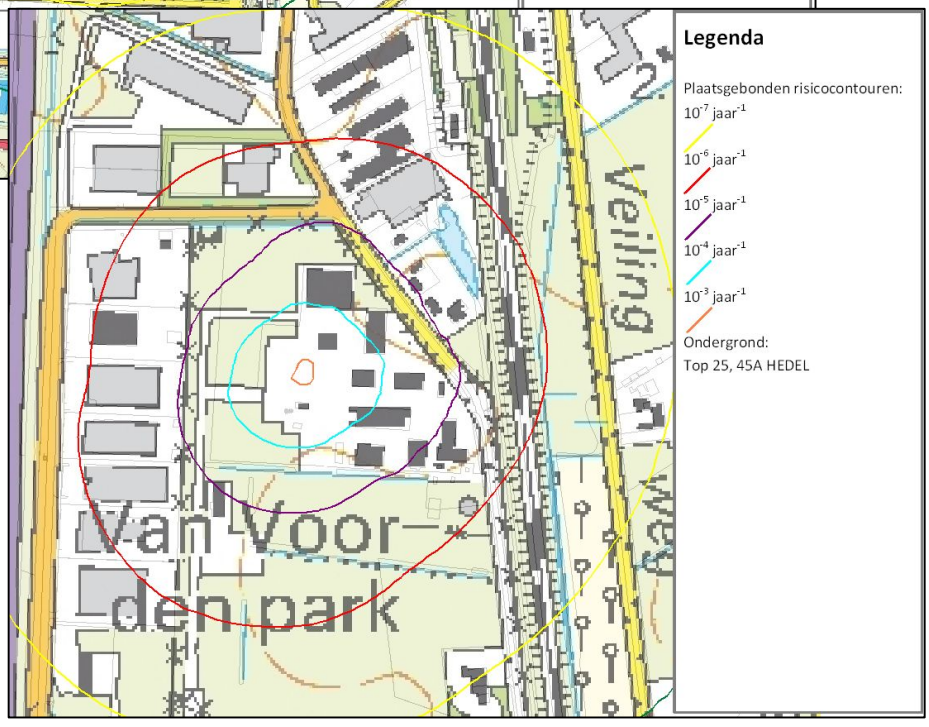
5.2 Plaatsgebonden risico

In de onderstaande figuren zijn de plaatsgebonden risicocontouren weergegeven voor beide varianten. In de figuren 5.4 en 5.6 is voor de respectievelijke variant ingezoomd op het bestemmingsplan Van Voordenpark.

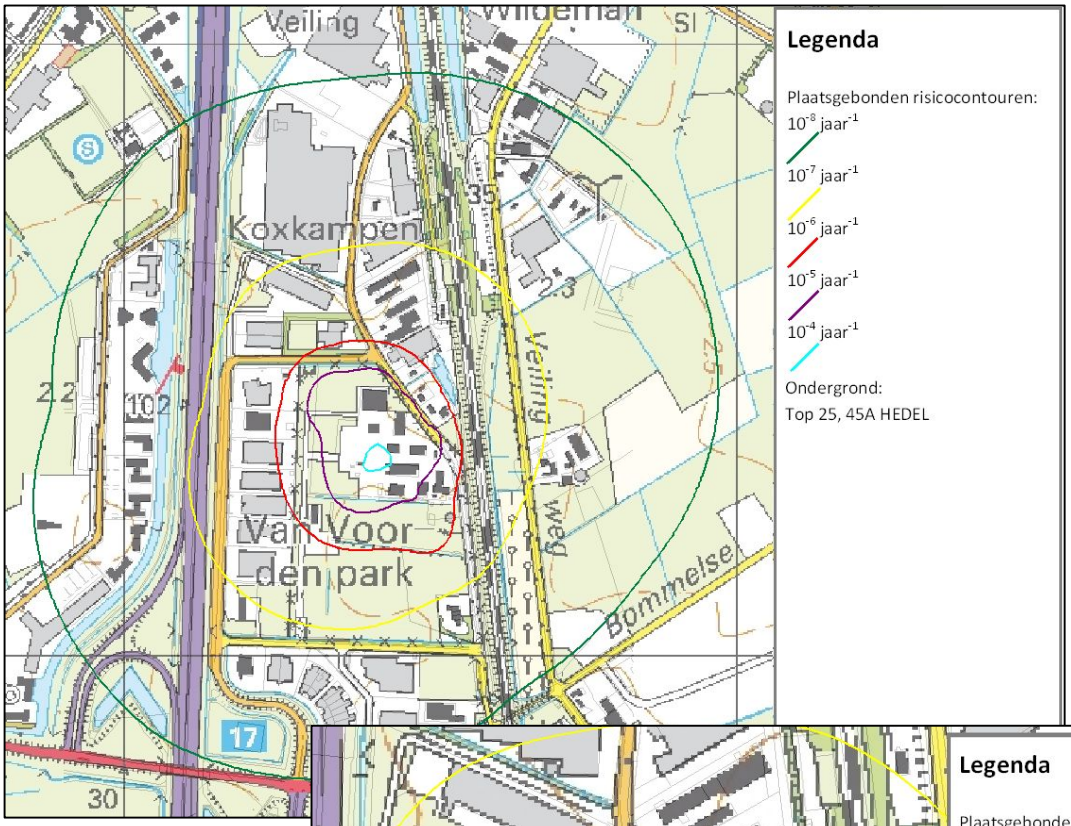
Uit de figuren blijkt dat de 10^{-6} risicocontour ongeacht de maatregelen buiten de inrichting ligt. Dit levert geen knelpunt op omdat hier geen kwetsbare objecten aanwezig zijn, dan wel zijn voorzien.



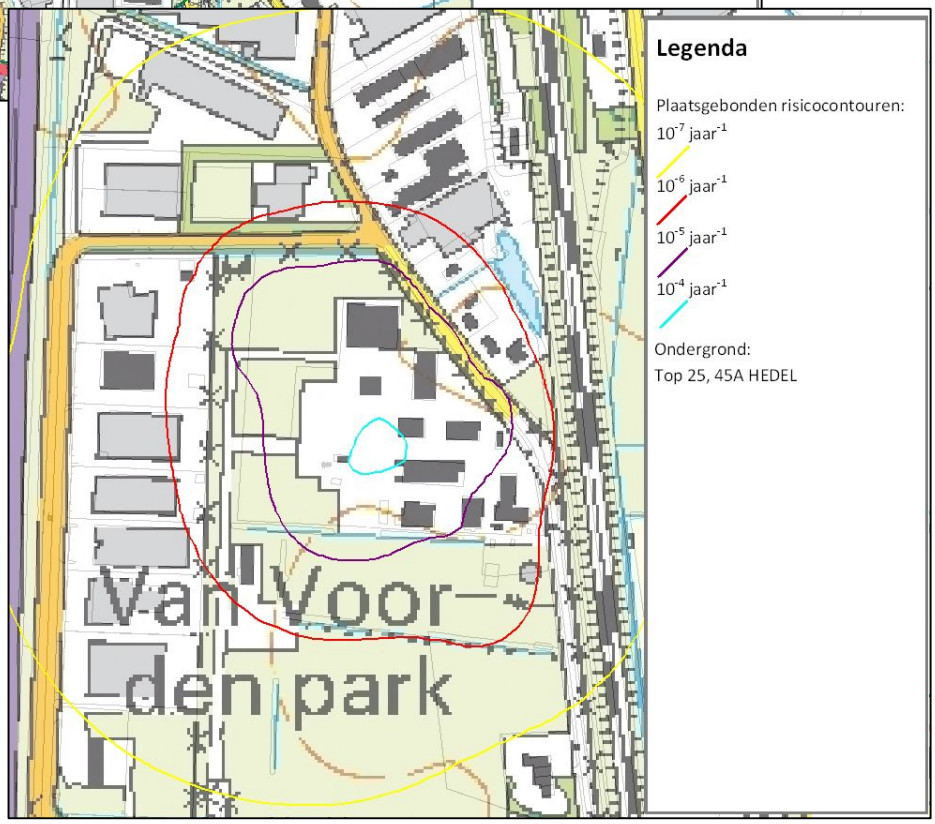
Boven: Figuur 5.3 Plaatsgebonden risico, variant A



Rechts: Figuur 5.4 Plaatsgebonden risico, variant A; ingezoomd op de directe omgeving.



Boven: Figuur 5.5
Plaatsgebonden risico, variant B



Rechts: Figuur 5.6
Plaatsgebonden risico, variant B; ingezoomd op de directe omgeving

5.3 Maximale effectafstand

In tabel 5.3 is een overzicht opgenomen van de varianten A en B. In tabel 4.1 is een overzicht opgenomen van de gehanteerde scenario's per variant.

Tabel 5.3 Overzicht maximale effectafstanden.

Scenario naam* Weersklasse	1% letaliteit [m] D5	1% letaliteit [m] F1,5
Huidige Chemicaliënmagazijn, compartiment A+B		
ADR 6.1 PG I, 160 m^2	71	605
ADR 6.1 PG II, 160 m^2	75	1023
Brand, deuren gesloten - 160 m^2	49	290
Brand, deuren open - 160 m^2	49	290
Huidige Chemicaliënmagazijn; compartiment C t/m H		
Brand, deuren gesloten - 160 m^2	0	119
Brand, deuren open - 160 m^2	82	1062
Losplaats 1 en 2		
ECH- instantaan falen tankwagen	75	524
ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	187	614
ECH- breuk losslang - werken noodstop - 50% uitgerust met ns	63	145
ECH- breuk losslang - falen noodstop - 50% uitgerust met ns	111	349
ECH- lek losslang	46	123
Allyl-instantaan falen tankwagen	52	217
Allyl-falen grootste aansluiting tankwagen	119	435
Allyl-breuk losslang	114	411
Allyl-lekkage losslang	25	54
Allyl-plasbrand	31	29
Losplaats 3		
HCl-instantaan falen tankwagen	73	222
HCl-falen grootste aansluiting tankwagen	61	170
HCl-breuk losslang	61	170
HCl-lekkage losslang	0	50
Grote buitenopslag (alle compartimenten)		
Brand, deuren open - 175 m^2	0	84
Kleine buitenopslag (los van ADR 6.1, alle compartimenten)		
K1A2, Vrijkomen ADR 6.1 pg II	0	49
K1A3, Vrijkomen ADR 6.1 pg II	0	49
Brand, deuren open - 67,9 m^2	0	95
Grondstoffen opslagtank 2		
ECH-T01-instantaan falen	142	1080
ECH-T01-10 minuten uitstroming gehele inhoud	250	961
ECH-T01-lek van 10 mm	50	158
Doseerleiding grondstoffenopslagtank 2 - reactorhallen		
ECH-L01-breuk leiding	72	311
ECH-L02-lekkage leiding van 10% diameter	0	0
Doseerleiding grondstoffenopslagtank 1 - reactorhallen		
TMA-L02-lekkage leiding van 10% diameter	0	0

save is een onderdeel van oranjewoud

Scenario naam* Weersklasse	1% letaliteit [m] D5	1% letaliteit [m] F1,5
TMA-L01- breuk leiding	21	25
Grondstoffen opslagtanks 1		
TMA-T01/T04-instantaan falen	87	74
TMA- T01/T04-10 minuten uitstroming gehele inhoud	45	53
TMA- T01/T04-lek van 10 mm	27	32
Reactoren		73
Reactor T-08: instantaan falen en uitstroming gehele inhoud in 10 min	73	668
Reactor T-08: lek 10mm	0	47
Reactor T-01/02: instantaan falen en uitstroming gehele inhoud in 10 min	66	587
Reactor T-01/02: lek 10mm	0	50
Reactor T-03/04: instantaan falen en uitstroming gehele inhoud in 10 min	66	587
Reactor T-03/04: lek 10mm	0	50
Huidige chemicaliënmagazijn, compartiment A+B; Verlaagd stikstofgehalte		
ADR 6.1 PG I, 160 m^2	71	605
ADR 6.1 PG II, 160 m^2	75	1023
Brand, deuren gesloten - 160 m^2	49	279
Brand, deuren open - 160 m^2	49	279
Huidige chemicaliënmagazijn Compartiment C t/m H; Verlaagd stikstofgehalte		
Brand, deuren gesloten - 160 m^2	0	109
Brand, deuren open - 160 m^2	75	1006
Nieuwe opslagvoorziening, Compartiment A+B		
Brand, deuren gesloten - 160 m^2	49	291
Brand, deuren open - 160 m^2	49	291
ADR 6.1 PG I, 160 m^2	71	605
ADR 6.1 PG II, 160 m^2	75	1023
Nieuwe opslagvoorziening, Compartiment C t/m H		
Brand, deuren gesloten - 160 m^2	0	109
Brand, deuren open - 160 m^2	75	1007
Nieuwe losplaats A en B		
ECH- instantaan instantaan falen tankwagennkwagen	26	140
ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	97	271
ECH- breuk losarm - 0% noodstop	97	271
ECH- lek losarm - 0% noodstop	46	123
Nieuwe grondstoffen opslagtanks 3		
TMA- intantaan falen	165	153
TMA- 10 minuten uitstroming gehele inhoud	92	125
TMA- lek van 10 mm	15	18
Nieuwe doseerleiding vanaf opslagtanks 3		25
TMA-L01- breuk leiding	25	30
TMA-L02-lekkage leiding van 10% diameter	0	0
Nieuwe grondstoffen opslagtanks 4		
ECH-T02-instantaan falen	129	993
ECH-T02-10 minuten uitstroming gehele inhoud	250	961
ECH-T02-10 mm	50	158

Scenario naam* Weersklasse	1% letaliteit [m] D5	1% letaliteit [m] F1,5
Nieuwe ECH-doseerleiding		
ECH-L01-breuk leiding	72	311
ECH-L02-lekkage leiding van 10% diameter	0	0

* Bij sommige scenario's wordt een effectafstand van 0 meter berekend. Dit houdt in dat de effecten beperkt zijn.

6 Conclusie

Het bestemmingsplan Van Voordenpark wordt geactualiseerd door de gemeente Zaltbommel. In deze QRA is conform het Besluit externe veiligheid inrichtingen getoetst voor wat betreft de effecten/risico's van het bedrijf SACHEM Europe B.V. te Zaltbommel.

Plaatsgebonden risico
Uit de berekeningen is gebleken dat de 10^{-6} risicocontour en de 10^{-5} risicocontour van SACHEM buiten de inrichting komen. De 10^{-5}-contour overlapt geen (beperkt)kwetsbare objecten. De 10^{-6}-contour blijft binnen de EV-randzone. In het bestemmingsplan is vastgelegd dat zich geen kwetsbare objecten mogen vestigen binnen de EV-randzone. Hiermee wordt voldaan aan de normstelling van het Besluit externe veiligheid inrichtingen.

Groepsrisico
Het groepsrisico blijft onder de oriëntatiewaarde en neemt af door de nieuwe planologische regeling. Het groepsrisico blijft beneden de oriëntatiewaarde. Met de nieuwe planologische regeling zijn in de EV-randzone kwetsbare objecten uitgesloten. Dit betekent dat de personendichtheid afneemt en het groepsrisico daalt. De verantwoording van het groepsrisico is opgenomen in een afzonderlijk document dat behoort bij het bestemmingsplan.

save is een onderdeel van oranjewoud

Bijlage 1: Bevolking

Tabel 1.1 Overzicht huidige bevolking

Naam	Week		Midweek		Weekend	
	Dag	Nacht	Dag	Nacht	Dag	Nacht
1	731,0	1462,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	7,0	7,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	1410,0	2819,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	96,0	192,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
-5-	0,0	40,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
5	60,0	120,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	96,4	1,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	39,5	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8	48,0	96,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
9	18,5	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10	192,0	384,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
11	471,2	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
-12-	n.v.t.	n.v.t.	1755,0	307,0	1755,0	1755,0
-13-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	2202,0	0,0	0,0
-14-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	150,0	0,0	0,0
15	284,4	569,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
16	667,7	1335,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
17 (Waluwe II fase 2)	0,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
18	1250,0	50,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
19	250,0	250,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
20	640,8	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
-22-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1101,0	0,0	0,0
23	163,3	163,3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
24	28,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
25	7,8	7,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
26	7,9	2,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
27	18,0	36,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28	264,3	53,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
29	240,3	32,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
30	2,4	4,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
31	23,5	5,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
32	1729,0	345,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
33	103,6	103,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
34	2235,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
35	41,5	41,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
36	6,0	6,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
37	167,1	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
38	222,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
39	87,8	87,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
40	255,5	255,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Naam	Week		Midweek		Weekend	
	Dag	Nacht	Dag	Nacht	Dag	Nacht
41	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	24,76	70,6	70,6
Plan Fiep Westendorplaan	77,0	154,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m1	121,0	10,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m2	58,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m3	35,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m4	102,8	21,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m5	57,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m6	120,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m7	42,0	10,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m8	34,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m9	49,0	10,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m10	40,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m11	48,0	5,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m12	78,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m15	33,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m16	36,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m17	80,3	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m18	70,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m19	48,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m20	3,6	7,2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m21	3,6	7,2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

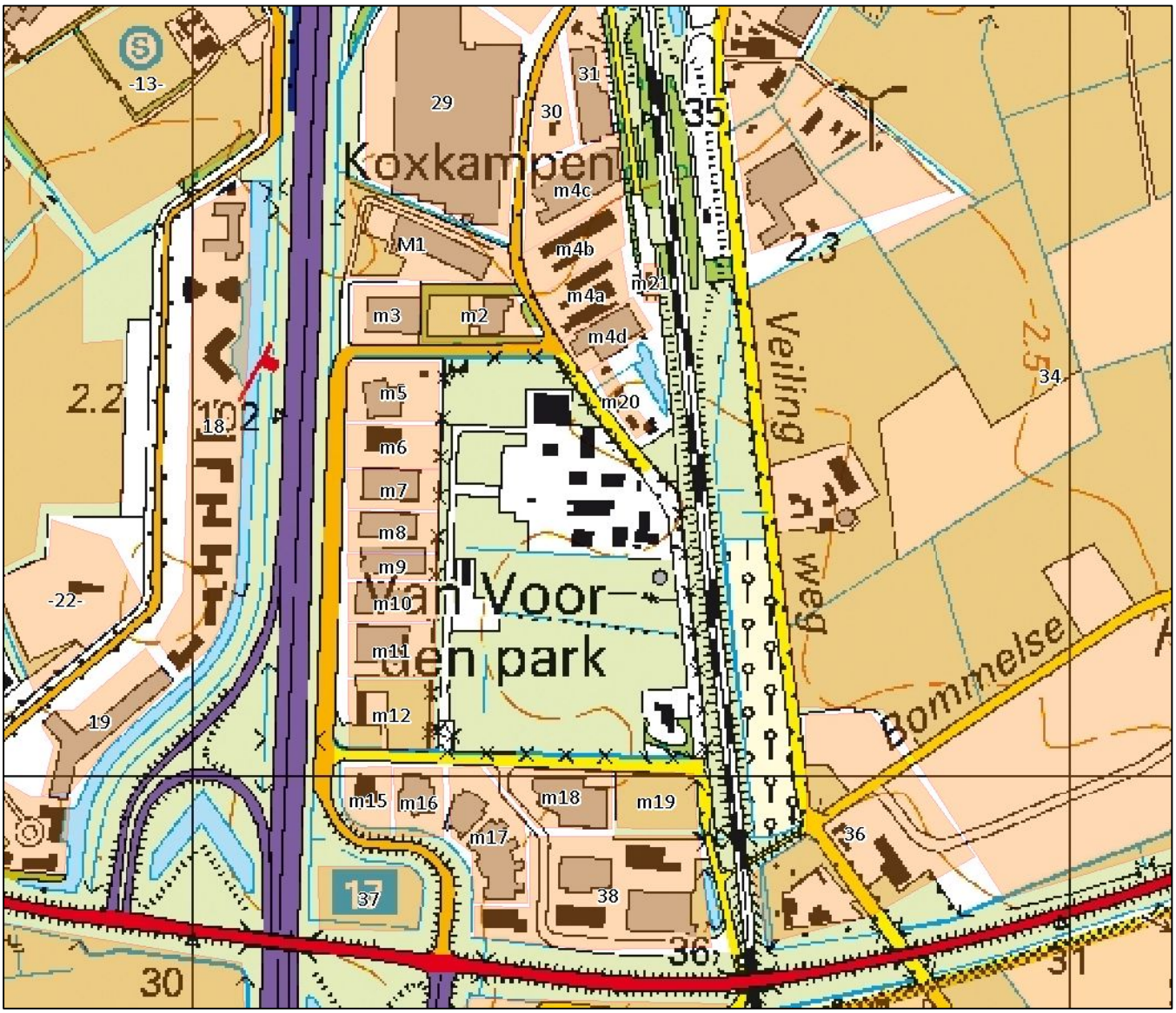
Tabel B1.2 Overzicht toekomstige bevolking

Naam	Week		Midweek		Weekend	
	Dag	Nacht	Dag	Nacht	Dag	Nacht
1	731,0	1462,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	7,0	7,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	1410,0	2819,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	96,0	192,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
-5-	0,0	40,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
5	60,0	120,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	96,4	1,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	39,5	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8	48,0	96,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
9	18,5	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10	192,0	384,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
11	471,2	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
-12-	n.v.t.	n.v.t.	1755,0	307,0	1755,0	1755,0
-13-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	2202,0	0,0	0,0
-14-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	150,0	0,0	0,0
15	284,4	569,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
16	667,7	1335,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
17 (Waluwe II fase 2)	0,0	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
18	1250,0	50,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

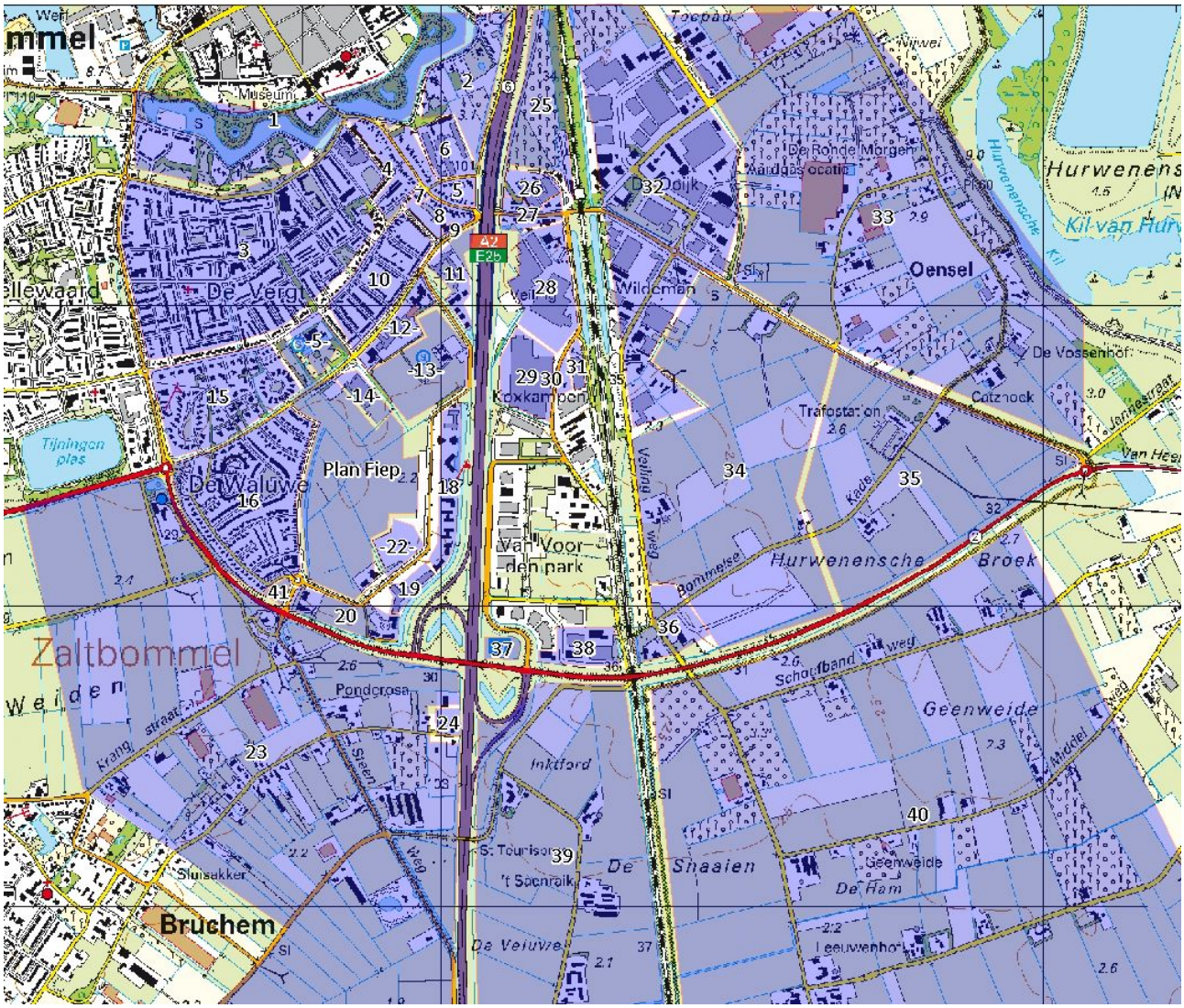
save is een onderdeel van oranjewoud

Naam	Week		Midweek		Weekend	
	Dag	Nacht	Dag	Nacht	Dag	Nacht
19	250,0	250,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
20	640,8	0,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
-22-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1101,0	0,0	0,0
23	163,3	163,3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
24	28,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
25	7,8	7,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
26	7,9	2,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
27	18,0	36,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
28	264,3	53,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
29	240,3	32,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
30	2,4	4,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
31	23,5	5,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
32	1729,0	345,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
33	103,6	103,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
34	2235,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
35	41,5	41,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
36	6,0	6,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
37	167,1	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
38	222,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
39	87,8	87,8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
40	255,5	255,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
41	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	24,76	70,6	70,6
Plan Fiep Westendorplaan	77,0	154,0	77,0	154,0	77,0	77,0
M1	121,0	24,2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m2	52,0	10,4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m3	40,0	8,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m5	23,0	4,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m6	50,0	10,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m7	40,0	8,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m8	50,0	10,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m9	66,4	13,3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m10	28,0	5,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m11	48,0	9,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m12	78,0	15,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m15	33,0	6,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m16	36,0	7,2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m17	80,3	16,1	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m18	70,0	14,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m19	48,0	9,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m20	21	4,2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m21	3,6	0,7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m4a	58,0	11,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m4b	21,0	4,2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
m4c	35,0	7,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Naam	Week		Midweek		Weekend	
	Dag	Nacht	Dag	Nacht	Dag	Nacht
m4d	17,0	3,4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.



Figuur B1.1 Bevolking nabij de inrichting



Figuur B1.2 Bevolking verder van de inrichting

Bijlage 2: Uitwerking scenario's SACHEM

Tabel B2.1 Modellering van de scenario's

Onderdeel	Naam installatie	Stofnaam en scenario	Massa [kg]	Volume [m^3]	Type Scenario	Diameter [mm]	Uitstroom-duur [s]	Interne dia-meter leiding [mm]	Vloeistof kolom [m]	Hoogte uitstroming [m]	Oppervlakte opvangbak [m^2]
Huidige situatie	Laadplaats 1 - met losslang en voor-beeldstof ECH	ECH- instantaan falen tankwagen	25440	21,3	Instantane uitstroming		1800		0		447
		ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	25440	21,3	Lekkage	76,2	600		2		447
		ECH- breuk losslang - werken noodstop - 50% uitgerust met ns	2824	2,4	Continue uitstroom		120		2		108
		ECH- breuk losslang - falen noodstop - 50% uitgerust met ns	14067	11,8	Lekkage	76,2	1800		2		590
		ECH- lek losslang	25273	21,2	Lekkage	7,6	120		2		108
	Laadplaats 2 - met losslang en voor-beeldstof ECH	ECH- instantaan falen tankwagen	25440	21,3	Instantane uitstroming		1800		0		447
		ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	25440	21,3	Lekkage	76,2	600		2		447
		ECH- breuk losslang - werken noodstop - 50% uitgerust met ns	2824	2,4	Continue uitstroom		120		2		108
		ECH- breuk losslang - falen noodstop - 50% uitgerust met ns	14067	11,8	Lekkage	76,2	1800		2		590
		ECH- lek losslang	25273	21,2	Lekkage	7,6	120		2		108
	Grondstoffen opslag-tanks 1	ECH-T01-instantaan falen	89409	75,0	Instantane uitstroming		600		0		117
		ECH-T01-10 minuten uitstroming gehele inhoud	89409	75,0	Continue uitstroom		600		3		77,8
		ECH-T01-lek van 10 mm	3233	2,7	Lekkage	10	600		3		77,8
	Doseerleiding vanaf opslagtanks 1	ECH-L01-breuk leiding, uitstroming iedere 10 m.	2992	2,5	Continue uitstroom		1800		3	5	117
		ECH-L02-lekkage leiding van 10% diameter, uitstroming iedere 10 m	19	0,0	Continue uitstroom		1800		3	5	117
	Doseerleiding vanaf opslagtanks 2	TMA-L02-lekkage leiding van 10% diameter, uitstroming iedere 10 m	13	0,0	Continue uitstroom		1800	50,9	2	5	
		TMA-L01- breuk leiding, uitstroming iedere 10 m.	1993	3,1	Continue uitstroom		1800	50,9	2	5	
	Grondstoffen opslag-tanks 2	TMA-T01-instantaan falen	3233	5,0	Instantane uitstroming		600		0		
		TMA-T01-10 minuten uitstroming gehele inhoud	3233	5,0	Continue uitstroom		600		2		
		TMA-T01-lek van 10 mm	3233	5,0	Lekkage	10	600		2		
		TMA-T02-instantaan falen	3233	5,0	Instantane uitstroming		600		0		
		TMA-T02-10 minuten uitstroming gehele inhoud	3233	5,0	Continue uitstroom		600		2		
		TMA-T02-lek van 10 mm	3233	5,0	Lekkage	10	600		2		
		TMA-T03-instantaan falen	3233	5,0	Instantane uitstroming		600		0		
		TMA-T03-10 minuten uitstroming gehele inhoud	3233	5,0	Continue uitstroom		600		2		
		TMA-T03-lek van 10 mm	3233	5,0	Lekkage	10	600		2		
		TMA-T04-instantaan falen	3233	5,0	Instantane uitstroming		600		0		
		TMA-T04-10 minuten uitstroming gehele inhoud	3233	5,0	Continue uitstroom		600		2		
		TMA-T04-lek van 10 mm	3233	5,0	Lekkage	10	600		2		
	Laadplaats 2 - met losslang en voor-beeldstof Allylalcohol	Allyl-instantaan falen tankwagen	23000	26,7	Instantane uitstroming		600		0		1004
		Allyl-falen grootste aansluiting tankwagen	23000	26,7	Lekkage	76,2	807		2		1004
		Allyl-breuk losslang	19744	22,9	Lekkage	76,2	1800		2		1004
		Allyl-lekkage losslang	132	0,2	Lekkage	7,6	1800		2		108
		Allyl-plasbrand	23000	26,7	Plasbrand diameter 35,7 m						
Huidig met maatregelen	Laadplaats 1 - met losarm en voorbeeld-stof ECH	ECH- instantaan falen tankwagen	25440	21,3	Instantane uitstroming		1800		0		447
		ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	25440	21,3	Lekkage	76,2	600		2		447
		ECH- breuk losarm - werken noodstop - 50% uitgerust met ns	2824	2,4	Continue uitstroom		120		2		108
		ECH- breuk losarm - falen noodstop - 50% uitgerust met ns	14067	11,8	Lekkage	76,2	1800		2		590
		ECH- lek losarm	25273	21,2	Lekkage	7,6	120		2		108

Onderdeel	Naam installatie	Stofnaam en scenario	Massa [kg]	Volume [m^3]	Type Scenario	Diameter [mm]	Uitstroom-duur [s]	Interne dia-meter leiding [mm]	Vloeistof kolom [m]	Hoogte uitstroming [m]	Oppervlakte opvangbak [m^2]
	Laadplaats 2 - met losarm en voorbeeld-stof ECH	ECH- instantaan falen tankwagen	25440	21,3	Instantane uitstroming		1800		0		447
		ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	25440	21,3	Lekkage	76,2	600		2		447
		ECH- breuk losarm - werken noodstop - 50% uitgerust met ns	2824	2,4	Continue uitstroom		120		2		108
		ECH- breuk losarm - falen noodstop - 50% uitgerust met ns	14067	11,8	Lekkage	76,2	1800		2		590
		ECH- lek losarm	21935	18,4	Lekkage	7,6	120		2		108
	Laadplaats 2- met losslang en voor-beeldstof Allylalcohol	Allyl -instantaan falen	23000	26,7	Instantane uitstroming		600		0		1004
		Allyl -falen grootste aansluiting tankwagen	23000	26,7	Lekkage	76,2	600		2		1004
		Allyl -breuk losarm	23000	26,7	Continue uitstroom		1461		2		108
		Allyl -lekkage losarm	132	0,2	Lekkage	7,6	1800		2		108
		Allyl-plasbrand	23000	26,7	Plasbrand diameter 35,7 m						
Uitbreidingen	Laadplaats A - met losarm	ECH- instantaan instantaan falen tankwagennkwagen	25440	21,3	Instantane uitstroming		1800		0		163
		ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	25273	21,2	Lekkage	76,2	600		2		108
		ECH- breuk losarm - 0% noodstop	25273	21,2	Lekkage	76,2	1800		2		108
		ECH- lek losarm - 0% noodstop	25273	21,2	Lekkage	7,62	120		2		108
	Laadplaats B - met losarm	ECH- instantaan falen tankwagen	25273	21,2	Instantane uitstroming		1800		0		163
		ECH- falen grootste aansluiting tankwagen	25273	21,2	Lekkage	76,2	600		2		108
		ECH- breuk losarm - 0% noodstop	25273	21,2	Lekkage	76,2	1800		2		108
		ECH- lek losarm - 0% noodstop	25273	21,2	Lekkage	7,62	120		2		108
	Nieuwe opslagtanks 3	TMA-C1.1 intantaan falen	13900	21,5	Instantane uitstroming		600		0		66
		TMA-C1.2 10 minuten uitstroming gehele inhoud	13900	21,5	Continue uitstroom		600		4		44
		TMA-C1.3 lek van 10 mm	13900	21,5	Lekkage	10	600		4		44
		TMA-C2.1 intantaan falen	3500	5,4	Instantane uitstroming		600		0		66
		TMA-C2.2 10 minuten uitstroming gehele inhoud	3500	5,4	Continue uitstroom		600		2		44
		TMA-C2.3 lek van 10 mm	3500	5,4	Lekkage	10	600		2		44
	Nieuwe doseerleiding van opslagtanks 3	TMA-L01- breuk leiding, uitstroming iedere 10 m.	2478	3,8	Continue uitstroom		1800	50,9	2	5	
		TMA-L02-lekkage leiding van 10% diameter, uitstroming iedere 10 m	13	0,0	Continue uitstroom		1800	50,9	2	5	
	Nieuwe opslagtanks 4	ECH-T02-instantaan falen	89409	75,0	Instantane uitstroming		600		3		117
		ECH-T02-10 minuten uitstroming gehele inhoud	89409	75,0	Continue uitstroom		600		3		77,8
		ECH-T02-10 mm	3233	2,7	Lekkage	10	600		3		77,8
	Nieuwe doseerleiding ECH	ECH-L01-breuk leiding, uitstroming iedere 10 m.	2992	2,5	Continue uitstroom		1800		3	5	117
		ECH-L02-lekkage leiding van 10% diameter, uitstroming iedere 10 m	19	0,0	Continue uitstroom		1800		3	5	117

Tabel B2.2 Modellering overige scenario's (user-defined sources)

Onderdeel	Naam installatie	Stofnaam en scenario	Massa [kg]	Vrijkomen stof (ventilatie 4/uur) [binnen/buiten]	Lijwervel [ja/nee]	Debiet [kg/s]	Temperatuur [C]	Tijdsduur uitstroming [s]	Straal plas [m]	Gebouw hoogte [m]	Gebouw breedte [m]	Gebouw lengte [m]
Huidig zonder maatregelen	Laadplaats 3 – verlading HCl	HCl-instantaan falen tankwagen	n.v.t.	Buiten	Nee	0,7173	9,8	1800	11,93			
		HCl-falen grootste aansluiting tankwagen	n.v.t.	Buiten	Nee	0,489	9,8	1800	9,74			
		HCl-breuk losslang	n.v.t.	Buiten	Nee	0,489	9,8	1800	9,74			
		HCl-lekkage losslang	n.v.t.	Buiten	Nee	0,0198	9,8	1800	1,78			
	Reactoren Vrijkomen van rookgas	Reactor T-08: instantaan falen en uitstroming gehele inhoud in 10 min	10000	Binnen	Ja	0,435	50	900	N.V.T.	10	21,2	21,2
		Reactor T-08: lek 10mm	10000	Binnen	Ja	0,063	50	900	N.V.T.	10	21,2	21,2

	Stikstofdioxide	Reactor T-01/02: instantaan falen en uitstroming gehele inhoud in 10 min	10000	Binnen	Ja	0,336	50	900	N.V.T.	10	14,4	14,4
		Reactor T-01/02: lek 10mm	10000	Binnen	Ja	0,063	50	900	N.V.T.	10	14,4	14,4
		Reactor T-03/04: instantaan falen en uitstroming gehele inhoud in 10 min	10000	Binnen	Ja	0,336	50	900	N.V.T.	10	14,4	14,4
		Reactor T-03/04: lek 10mm	10000	Binnen	Ja	0,063	50	900	N.V.T.	10	14,4	14,4
	Kleine buitenopslagen	K1A2, ADR 6.1 pg II	59400	Buiten	Ja	0,0153	50	1800	N.V.T.	3,6	18,4	18,4
		K1A3, ADR 6.1 pg II	59400	Buiten	Ja	0,0153	50	1800	N.V.T.	3,6	18,4	18,4
Huidig met maatregelen	Gewijzigde modellering Chemicaliënmagazijn (lager N)	ADR 6.1 PG I, 20 m2	9300	Buiten	Ja	0,0034	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG I, 50 m2	9300	Buiten	Ja	0,0086	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG I, 100 m2	9300	Buiten	Ja	0,0171	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG I, 160 m2	9300	Buiten	Ja	0,0259	50	1800	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 20 m2,	130200	Buiten	Ja	0,048	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 50 m2	130200	Buiten	Ja	0,12	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 100 m2	130200	Buiten	Ja	0,24	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 160 m2	130200	Buiten	Ja	0,3624	50	1800	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
Uitbreiding	Nieuwe opslagvoorzie-ning	ADR 6.1 PG I, 20 m2	9300	Buiten	Ja	0,0034	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG I, 50 m2	9300	Buiten	Ja	0,0086	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG I, 100 m2	9300	Buiten	Ja	0,0171	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG I, 160 m2	9300	Buiten	Ja	0,0259	50	1800	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 20 m2,	130200	Buiten	Ja	0,048	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 50 m2	130200	Buiten	Ja	0,12	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 100 m2	130200	Buiten	Ja	0,24	50	600	N.V.T.	5,15	36,6	36,6
		ADR 6.1 PG II, 160 m2	130200	Buiten	Ja	0,3624	50	1800	N.V.T.	5,15	36,6	36,6

De uiteindelijke faalfrequentie is in verband met de vertrouwelijkheid niet opgenomen in dit rapport. De modellering van de opslagvoorzieningen is niet opgenomen aangezien alle relevante informatie is opgenomen in hoofdstuk 4.

save is een onderdeel van oranjewoud

Bijlage 3: Correspondentie RIVM

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

> Retouradres Postbus 1 3720 BA Bilthoven

Provincie Gelderland
De heer F.A.J. Segers
Postbus 9090
6800 GX ARNHEM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

KvK Utrecht 30276683

T 030 274 91 11
F 030 274 29 71
info@rivm.nl

Ons kenmerk

Uw kenmerk
2011-018410

Behandeld door
R. Hansler
Centrum Externe Veiligheid
T (030) 274 3202
F (030) 274
rikkert.hansler@rivm.nl

Kopie aan
Dhr. S. Smeulders, ILT

Datum 25 september 2012
Onderwerp Modellering PGS15-opslagvoorziening Sachem BV

Geachte heer Segers,

In onze brief van 22 juni 2012[1] hebben wij u geadviseerd inzake de modellering van een PGS15-opslagvoorziening bij Sachem BV te Zaltbommel.

Naar aanleiding van ons advies heeft u ons op 13 september 2012 gevraagd aan te geven of voor de modellering van de betreffende opslagvoorziening het hanteren van een ventilatievoud van 150 per uur verantwoord is.

Wij bevestigen bij deze dat wij een ventilatievoud van 150 per uur in deze situatie inderdaad verantwoord achten. Het hanteren van deze waarde is in de situatie bij Sachem naar onze mening voldoende conservatief en zal niet leiden tot een onderschatting van het risico.

Wij sturen de Inspectie Leefomgeving en Transport een kopie van deze brief, zodat zij goed geïnformeerd is als er vragen over Sachem BV worden gesteld. Indien u daar bezwaar tegen heeft, verzoeken wij u dit binnen 10 dagen na dagtekening aan ons te laten weten.

Ik vertrouw erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Voor vragen kunt u contact opnemen met de heer R. Hansler, telefoonnummer 030 274 3202.

Met vriendelijke groet,

ir. C.M. van Luijk
Hoofd Centrum Externe Veiligheid

[1] Brief met kenmerk 099/12 CEV Han/mst-3459

SP-27-09-2012

Bijlage 4: Rapport aanpassing modellering Chemicaliënmagazijn

save is een onderdeel van oranjewoud

Motivatie afwijkende modellering magazijn Sachem

Afwijking van de Handleiding risicoberekening Bevi

projectnr. 120233 - 219575
revisie 7.0
juni 2012

Opdrachtgever

Gedeputeerde Staten van provincie Gelderland
Postbus 9090
6800 GX Arnhem

datum vrijgave	beschrijving revisie 7.0	goedkeuring	vrijgave
4-06-2012	aanpassingen obv opmerkingen Sachem	G. Hoftijzer	J. Eskens

Colofon

save is een onderdeel van oranjewoud

Projectgroep bestaande uit:
Roel Steenbergen
Jeroen Eskens

Bijdragen:
Gert Hoftijzer, Oranjewoud/Save
Bob Wiekema, Oranjewoud/Save
Victor van de Pas, Sachem

Datum van uitgave:
4 juni 2012

Contactadres:
Postbus 40
4900 AA Oosterhout

Copyright © 2012 **Ingenieursbureau Oranjewoud**
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

save is een onderdeel van oranjewoud

Managementssamenvatting

Bij het opstellen van de risicoanalyse voor het bedrijf Sachem Europe B.V. te Zaltbommel is geconstateerd dat een standaard toepassing van de Handleiding risicoberekeningen Bevi, versie 3.2 van 1 juli 2009 (hierna: Hari) leidt tot resultaten die 'logischerwijs niet kloppen'. Dit betrof de berekeningswijze van het Chemicaliënmagazijn bij Sachem. In dit magazijn is een automatische Hi-Ex Outside-air brandbestrijdingssysteem geïnstalleerd.

De Hari is opgesteld om rekening te houden met alle type opslagvoorzieningen. Conform artikel 8b van het Revi is het mogelijk om af te wijken van de voorgeschreven berekeningsmethodiek. Reden hiervoor kan een situatie zijn waarbij de berekeningsresultaten niet corresponderen met de specifieke situatie.

Nadere beschouwing van de specifieke situatie bij Sachem heeft aangetoond dat het Chemicaliënmagazijn op een aantal punten verschilt van 'standaard' magazijnen. In de onderstaande tabel is het verschil tussen het Chemicaliënmagazijn en een standaard magazijn opgesomd.

Standaard magazijn met outside-air	**Chemicaliënmagazijn bij Sachem**
Grote compartimenten met meerdere rookluiken	Klein compartimenten met één rookluik
Hoogte compartiment oplopend tot meer dan 10 meter	Hoogte compartimenten is 5 meter
Meerdere rookluiken met openingen van 2 – 4 m^2	Een rookluik met een 'bruto' opening van 2 m^2
De mogelijkheid om rookgas af te voeren terwijl zuurstof wordt toegevoerd (zie hoofdstuk 2)	Zuurstoftoevoer gehinderd door uittredende rookgassen
Zuurstof die toegevoerd wordt via de overige rookluiken zal de brand voeden	De brand dooft, zuurstof wordt weer toegevoerd en zal weer even branden, etc
Brandsnelheid zal toenemen naar het maximum, vanwege voldoende zuurstof	Brandsnelheid wordt beperkt door zuurstoftekort
Luchtcirculatie via rookluiken mogelijk	Luchtcirculatie via rookluiken onmogelijk
Minstens één roldeur van 10 - 15 m^2.	Een roldeur van 10 m^2 per compartiment
Meestal een roldeur met directe verbinding naar buiten	Compartimenten alleen bereikbaar vanuit magazijnhal
Onbeperkte zuurstoftoetreding	Zéér beperkte zuurstoftoetreding
Oppervlakte compartimenten tot 1.500 m^2	Opslagcompartimenten zijn maar 151 m^2

Op basis van de bovenstaande verschillen en overleg met Sachem, Provincie Gelderland en het RIVM is een berekeningswijze opgesteld voor deze specifieke situatie in Safeti-NL.
In de voorgestelde berekeningswijze wordt zowel de brandduur als maximale beschikbare hoeveelheid zuurstof aangepast om in overeenstemming te zijn met de specifieke bouwkundige kenmerken van het Chemicaliënmagazijn bij Sachem. Voorstel is om een ventilatiesnelheid van 100 maal de inhoud/uur en een brandduur van maximaal 3 minuten te hanteren in de berekeningen.

Naar mening van Oranjewoud is in de concrete situatie bij Sachem sprake van een situatie zoals bedoeld in artikel 8b van de Revi. De aangepaste modellering nog steeds gebaseerd is op een worst-case benadering.

Geadviseerd wordt om op basis van deze rapportage aan het RIVM voor te stellen op basis van artikel 8b van de Revi een positief advies te geven waarin staat aangegeven dat:

- dat het Chemicaliënmagazijn bij Sachem niet te vergelijken is met een standaard outside-air magazijn zoals bedoeld in de Hari;
- dat vanwege de specifieke karakteristieken van het magazijn bij Sachem de voorgestelde rekenwijze gerechtvaardigd is, in afwijking van de rekenmethodiek in de Hari;
- dat de in deze rapportage voorgestelde berekeningswijze, zoals gegeven in hoofdstuk 5 van het rapport, de basis vormt voor een realistische berekening van dit specifieke magazijn.

Vanuit juridische overwegingen wordt tevens verzocht om de onderhavige rapportage expliciet als onderdeel van het advies van het RIVM te beschouwen.

Motivatie afwijkende modellering magazijn Sachem
Afwijking van de Handleiding risicoberekening Bevi

Projectnummer. 120233 - 219575
Juni 2012 , revisie 7.0

save is een onderdeel van oranjewoud

save is een onderdeel van oranjewoud

Inhoud

blz.

1 Inleiding 2

2 Beschrijving Chemicaliënmagazijn Sachem 4
2.1 Ontwerp van het Chemicaliënmagazijn van Sachem 4
2.2 Luchtstroming bij rookluiken 5
2.3 Functie rookluik bij Sachem 5
2.4 Ontwerp bezien vanuit de branddriehoek 7

3 Werkwijze PGS-15 modellering in Safeti-NL 8

4 Nadere beschouwing PGS-15 methodiek 11
4.1 Specifieke modellering op basis van de installatie bij Sachem 12

5 Voorgestelde berekeningswijze 14
5.1 Berekening op basis van beperkte ventilatievoud 14
5.2 Berekening op basis van een beperkte brandsnelheid 15
5.3 Veiligheidsmarges 15

6 Relatie met de Hari. 16

7 Conclusie en advies 18

Bijlage 1: Principe van Hi-ex brandbestrijdingsystemen 19

Bijlage 2: Gebeurtenissenboom brand PGS-15 21

Bijlage 3: Invloed oppervlakte compartiment 22

Bijlage 4: Uitwerking beperkte ventilatievoud 24

Bijlage 5: Maximale zuurstofbehoefte 26

Bijlage 6: Motivatie beperkte brandduur 28

Bijlage 7: Risicocontour voorgestelde werkwijze 29

1 Inleiding

De Handleiding risicoberekeningen Bevi[1], ook kortweg Hari genoemd, geeft de wettelijk voorgeschreven rekenmethode voor risicoanalyse bij Bevi-bedrijven[2]. Afwijkingen zijn mogelijk. In de Hari wordt gesteld: *"De rekenmethodiek Bevi bevat modellen en vereenvoudigingen. Dit kan er in een enkel, bijzonder geval toe leiden dat het strikte opvolgen van de Handleiding leidt tot resultaten die logischerwijs niet kloppen. Artikel 8b van de Revi voorziet in de mogelijkheid om van de invoergegevens uit de Handleiding Risicoberekeningen af te wijken. In dat geval kan het bevoegd gezag bepalen dat van de verplichte invoergegevens uit de Handleiding mag worden afgeweken, zodat de invoergegevens kunnen worden toegespitst op de specifieke omstandigheden van het geval. De beslissing van het bevoegd gezag met betrekking tot het gebruik van afwijkende invoergegevens is geen besluit in de zin van de Algemene wet bestuursrecht. Wel wordt aanbevolen advies van het RIVM te vragen in voorkomende gevallen".*

Bij het opstellen van de risicoanalyse voor het bedrijf Sachem Europe B.V. te Zaltbommel is geconstateerd dat een standaard toepassing van de Hari leidt tot resultaten die 'logischerwijs niet kloppen'.

Het magazijn bij Sachem kenmerkt zich door een combinatie van een Outside-air brandbestrijdingssysteem, kleine opslagcompartimenten (maximaal 151 m²) en een zeer beperkte zuurstoftoevoer in geval van brand. Hiermee wijkt het magazijn af van de 'conventionele' Outside-air magazijnen, waarbij sprake is van grote oppervlakken, meerdere rookluiken en een bijbehorende grotere zuurstoftoevoer in het geval van een brand. Deze bouwwijze bij Sachem is te herleiden tot een keuze die in het verleden bewust is gemaakt vanwege de aard van de stoffen die opgeslagen moest worden.

Om het verschil tussen een standaard magazijn met outside-air en het specifieke magazijn bij Sachem te accentueren, zijn in deze rapportage 'verschiltabellen opgenomen'.

Verschiltabel 1: de basisverschillen.

Standaard magazijn met outside-air	Chemicalienmagazijn bij Sachem
Oppervlakte compartimenten tot 1.500 m^2	Opslagcompartimenten zijn maar 151 m^2
Hoogte compartiment oplopend tot meer dan 10 meter	Hoogte compartimenten is 5 meter
Meerdere rookluiken per compartiment	Één rookluik per compartiment
Meestal een roldeur met directe verbinding naar buiten	Compartimenten alleen bereikbaar vanuit magazijnhal. Er is sprake van dubbele deuren.

De modellering van het chemicaliënmagazijn bij Sachem volledig afstemmen op een standaard Outside-air uitvoering betekent een overschatting van het risico. Deze rapportage is opgesteld om te onderbouwen op welke wijze tot een verantwoorde modellering van het Chemicaliënmagazijn bij Sachem valt te komen. De rapportage gaat uit van de standaard kaders voor het uitvoeren van risicoberekeningen maar is volledig toegespitst op het magazijn zoals bij Sachem aanwezig is.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de gedeputeerde staten van de provincie Gelderland. De rapportage is gericht aan het RIVM, ten behoeve van een advies zoals bedoeld in artikel 8b van de Revi. Een advies dat aangeeft:

- dat het magazijn bij Sachem niet te vergelijken is met een standaard outside-air magazijn zoals bedoeld in de Hari.
- dat vanwege de specifieke karakteristieken van het magazijn bij Sachem een afwijking van de voorgeschreven rekenmethodiek van de Hari gerechtvaardigd is.
- dat de in deze rapportage voorgestelde berekeningswijze, zoals gegeven in hoofdstuk 5 de basis vormt voor een realistische berekening van dit specifieke magazijn.

Vanuit juridische overwegingen wordt tevens verzocht om de onderhavige rapportage expliciet als onderdeel van het advies van het RIVM te beschouwen.

1 Besluit externe veiligheid inrichtingen
2 Conform artikel 7 van de Regeling externe veiligheid inrichtingen

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt eerst kort de specifieke situatie van het magazijn beschreven. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op de basisprincipes van het risico modelleren. Hoofdstukken 4 en 5 wordt ingegaan op de specifieke modelleringsmogelijkheden voor Sachem. In hoofdstuk 6 is de relatie met de Hari en de gekozen afwijkende modelleringen uitgewerkt. Hoofdstuk 7 bevat de conclusie en het advies.

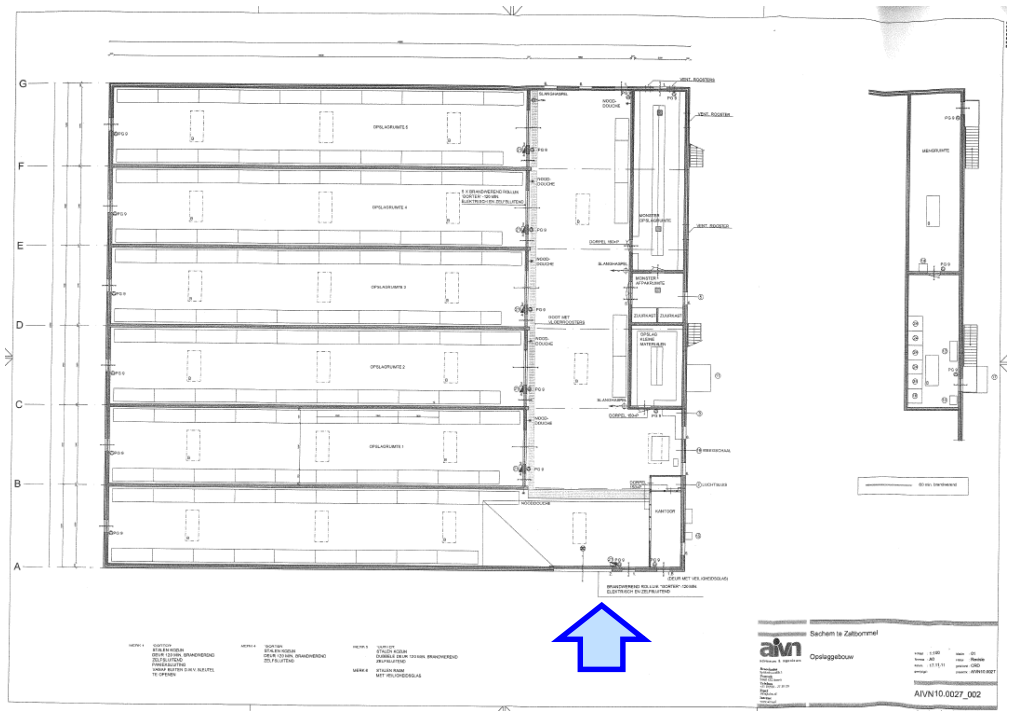
2 Beschrijving Chemicaliënmagazijn Sachem

In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens ingegaan op het gebruik van het Chemicaliënmagazijn bij Sachem, de ontwerpspecificaties en de reden waarom gesteld wordt dat de modellering van het magazijn niet overeen komt met de standaard modellering uit de Hari.

2.1 Ontwerp van het Chemicaliënmagazijn van Sachem

Het Chemicaliënmagazijn, zoals weergegeven in figuur 1, bestaat uit:

- 6 compartimenten, waarvan 5 compartimenten gebruikt worden voor brandbare stoffen;
- Per compartiment worden dubbelzijdig 4 hoog pallets met emballage (IBC's en 200 liter vaten) gestapeld;
- Alle verpakkingen zijn UN-gekeurd;
- Per compartiment is conform de vergunning 151 ton opslag; in het uitgangspuntendocument (UPD) is uitgegaan van een maximale opslag van 160 ton per compartiment;
- De dimensies per compartiment zijn 28,5 x 5,3 x 5 (in meters voor LxBxH);
- Volume van een leeg per compartiment is 755 m^3;
- De compartimenten zijn 60 minuten brandwerend;
- Alle roldeuren zijn zelfsluitend en zijn 120 min. brandwerend;
- De roldeuren zijn zo ontworpen dat deze het schuim binnen het compartiment houden.
- De opslagvoorziening heeft een roldeur, welke functioneert als ingang van het magazijn. (met blauwe pijl aangegeven in figuur 1)
- Er is een Hi-ex Outside-air blussysteem aanwezig;
- Per compartiment zijn twee schuimmonitoren aanwezig;
- Er is voldoende schuim om één compartiment te vullen en gevuld te houden;
- De compartimenten zijn voorzien van afzuiging, deze schakelen uit bij detectie van brand.
- Per compartiment is 1 rookluik aanwezig, deze gaat open bij detectie van brand.
- De twee overige koepels vallen dicht bij brand en zijn brandwerend.
- Iedere schuimmonitor heeft een capaciteit van 215 m^3/min.
- Maximale opening rookluik is 2 m^2.
- Maximale uitstroomopening rookluik is 1,5 m^2 (Vastgesteld volgens de DIN 18232, deel 3).
- Maximale opening per schuimmonitor is 0,61 m^2.

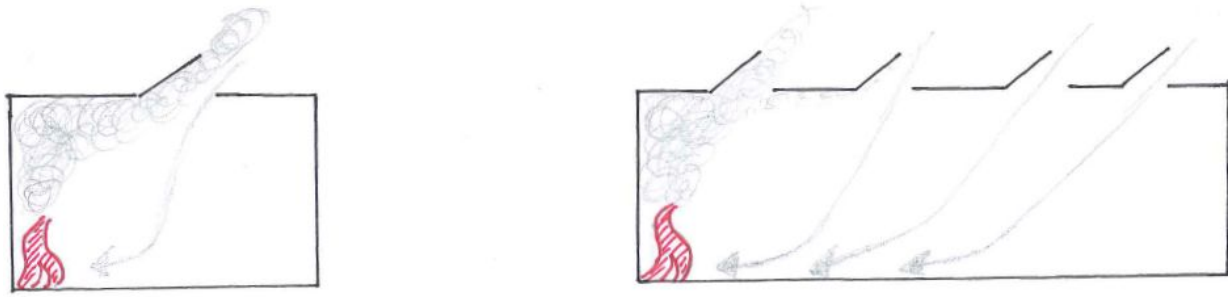


Figuur 1. Indeling magazijn. *Bron: UPD magazijn, opgesteld door AIVN.*

2.2 Luchtstroming bij rookluiken

De luchtstroming is een belangrijke ontwerpfactor, welke nader in de rapport wordt verduidelijkt. In deze paragraaf wordt eerst het verschil beschouwd tussen een 'standaard' out-side air magazijn, en het magazijn bij Sachem.

In figuur 2 is de luchtstroming bij een brand in het compartiment weergegeven voor twee situaties. Hierbij is het verschil tussen een compartiment met meerdere rookluiken en een met maar één rookluik (situatie Sachem) geschetst. In het geval van een brand in een compartiment met één rookluik zullen de hete rookgassen (door expansie) het compartiment eerst verlaten voordat lucht (lees: zuurstof) naar binnen kan stromen (aan-uit effect). De toevoer van lucht door een rookluik zal dus tegen de stroming in moeten gaan, oftewel alleen wanneer de uitstroming van rookgas dit toelaat. Bij meerdere rookluiken kan gelijktijdig de hete rookgassen worden afgevoerd en de zuurstof worden toegevoerd. De functie van het rookluik wordt in de volgende paragraaf nader beschreven.



Figuur 2. Luchtstroming bij 1 of meerdere rookluiken.

Verschiltabel 2: Effect van rookluiken.

Standaard magazijn met outside-air	Chemicalienmagazijn bij Sachem
Grote compartimenten met meerdere rookluiken	Kleine compartimenten met één rookluik
Luchtcirculatie via rookluiken mogelijk	Luchtcirculatie via rookluiken onmogelijk
Zuurstof die toegevoerd wordt via de overige rookluiken zal de brand voeden	De brand dooft, zuurstof wordt weer toegevoerd en zal weer even branden, etc
Brandsnelheid zal toenemen naar het maximum, vanwege voldoende zuurstof	Brandsnelheid wordt beperkt door zuurstoftekort
Conform de Handleiding risicoberekening Bevi (Hari) wordt een onbeperkte ventilatie gehanteerd voor de openstaande rookluiken bij een Outside-air installatie, immers dit is ook een opening in het compartiment en is daarom niet gelijk aan een beperkte ventilatievoud. Deze conclusie kan niet voor alle Hi-Ex Outside-air brandbestrijdingssystemen worden getrokken, in bijlage 3 is inzicht gegeven in de afhankelijkheid van het compartiment oppervlakte. Voor Sachem geldt dat het magazijn is voorzien van een rookluik met een netto uitstroomopening van 1,5 m^2.	

2.3 Functie rookluik bij Sachem

In het chemicaliënmagazijn van Sachem is per compartiment één rookluik aanwezig. Het functie van dit rookluik is het afvoeren van het aanwezige luchtvolume van het compartiment bij het vullen van de ruimte met schuim. Omdat het rookluik onderdeel uitmaakt van het chemicaliënmagazijn, is het ontworpen om te voldoen aan dezelfde brandwerendheid (open en gesloten) als de rest van het compartiment. Om de werking van het rookluik te verduidelijken wordt onderscheid gemaakt in drie scenario's, waarbij scenario 2 en 3 situaties aangeven waarbij het veiligheidssysteem in toenemende mate faalt..

1. brand, brandbestrijdingssysteem grijpt succesvol in;
2. brand, ingreep brandbestrijdingssysteem faalt;
3. brand wordt niet gedetecteerd

De kans op een dergelijk falen van het gehele systeem is bijzonder klein, en neemt verder af bij iedere veiligheidslaag die faalt.. Van deze scenario's is de gebeurtenissenboom van bijlage 2 gegeven. In Tabel 3 is de vertaling van deze scenario's naar de berekening met SAFETI-NL weergegeven en de hierbij gebruikte kansen.

1. Brand, brandbestrijdingssysteem grijpt succesvol in

Er ontstaat een brand in een compartiment van het chemicaliënmagazijn. De brand wordt gedetecteerd door de twee onafhankelijke rook/brand melders. Als gevolg hiervan gebeurt het volgende:

- alarmering in de ruimtes
- ruimteventilatie schakelt uit
- de roldeuren gaan automatisch dicht
- de twee lichtkoepels worden brandwerend gesloten
- het rookluik wordt opengestuurd
- de waterleiding en de SVM-aanvoerleiding (schuimvormendmiddel) worden opengestuurd door het brandbestrijdingssysteem
- met ventilator (mechanisch aangedreven door de toevoer van water-SVM) wordt buitenlucht aangezogen om het schuim te produceren, dit wordt het compartiment in geblazen;
- bij het stoppen van de schuimtoevoer wordt de ventilator gestopt;
- het rookluik kan eventueel dichtgestuurd worden nadat de schuimtoevoer gestopt is.

Bij dit scenario is het rookluik alleen open op het moment van volschuimen van de ruimte. Als gevolg van het volschuimen wordt de brand succesvol geblust. In dit scenario zal de aanwezige lucht, door het inpompen van schuim, door het rookluik naar buiten gaan.

2. Brand, ingreep brandbestrijdingssysteem faalt

Er ontstaat een brand in een compartiment van het chemicaliënmagazijn. De brand wordt gedetecteerd door de twee onafhankelijke rook/brand melders. Als gevolg hiervan gebeurt het volgende:

- alarmering in de ruimtes
- ruimteventilatie schakelt uit
- de roldeuren gaan automatisch dicht
- de twee lichtkoepels worden brandwerend gesloten
- de waterleiding en de SVM-aanvoerleiding (schuimvormendmiddel) wordt *niet* opengestuurd door het brandbestrijdingssysteem (bijvoorbeeld kabelbreuk).
- er wordt *geen* schuim en lucht het compartiment ingeblazen;
- het rookluik blijft dichtgestuurd door het systeem omdat geen schuimtoevoer is gedetecteerd (gewenste situatie).

Bij dit scenario is het rookluik niet open op het moment van brand in de ruimte. Door het gebrek aan zuurstof zal de brand doven.

3. Brand wordt niet gedetecteerd

Er ontstaat een brand in een compartiment van het chemicaliënmagazijn. De brand wordt niet gedetecteerd door de twee *onafhankelijke* rook/brand melders én niet door personeel. De volgende drie situaties kunnen ontstaan:

- de roldeur staat dicht, de mechanische ruimte ventilatie blijft aan staan. Wegens gebrek aan zuurstof kan slechts een kleine brand ontstaan.
- de roldeur van het compartiment blijft open, maar de roldeur van het magazijn is gesloten, de brand wordt gevoed door zuurstof uit de hal. De brand smoort nadat deze verbruikt is.
- de roldeur staat open, er is een onbeperkte zuurstoftoevoer. Het rookluik blijft dicht. Er zal een grote brand ontstaan.

Deze laatste situatie ontstaat alleen als alle veiligheden falen. De kans hierop is bijzonder klein.

Verschiltabel 3: Verschil in brandscenario's

Standaard magazijn met outside-air	Chemicalienmagazijn bij Sachem
Grote compartimenten met meerdere rookluiken	Klein compartimenten met één rookluik
Luchtcirculatie via rookluiken mogelijk	Luchtcirculatie via rookluiken onmogelijk
Onbeperkte zuurstoftoetreding	Zéér beperkte zuurstoftoetreding
Bij situatie 1 wordt brand geblust	Bij situatie 1 wordt brand geblust
Bij situatie 2 ontstaat brand	Bij situatie 2 smoort de brand
Bij situatie 3 ontstaat brand	Bij situatie 3 ontstaat brand

2.4 Ontwerp bezien vanuit de branddriehoek

Bij een brand is het van belang dat de branddriehoek wordt doorbroken. Dit is uitgangspunt geweest bij het ontwerp van het magazijn. Het magazijn is zo ontworpen dat de toevoer van zuurstof wordt gehinderd en de ontwikkeling van brand worden gestopt (of geremd).

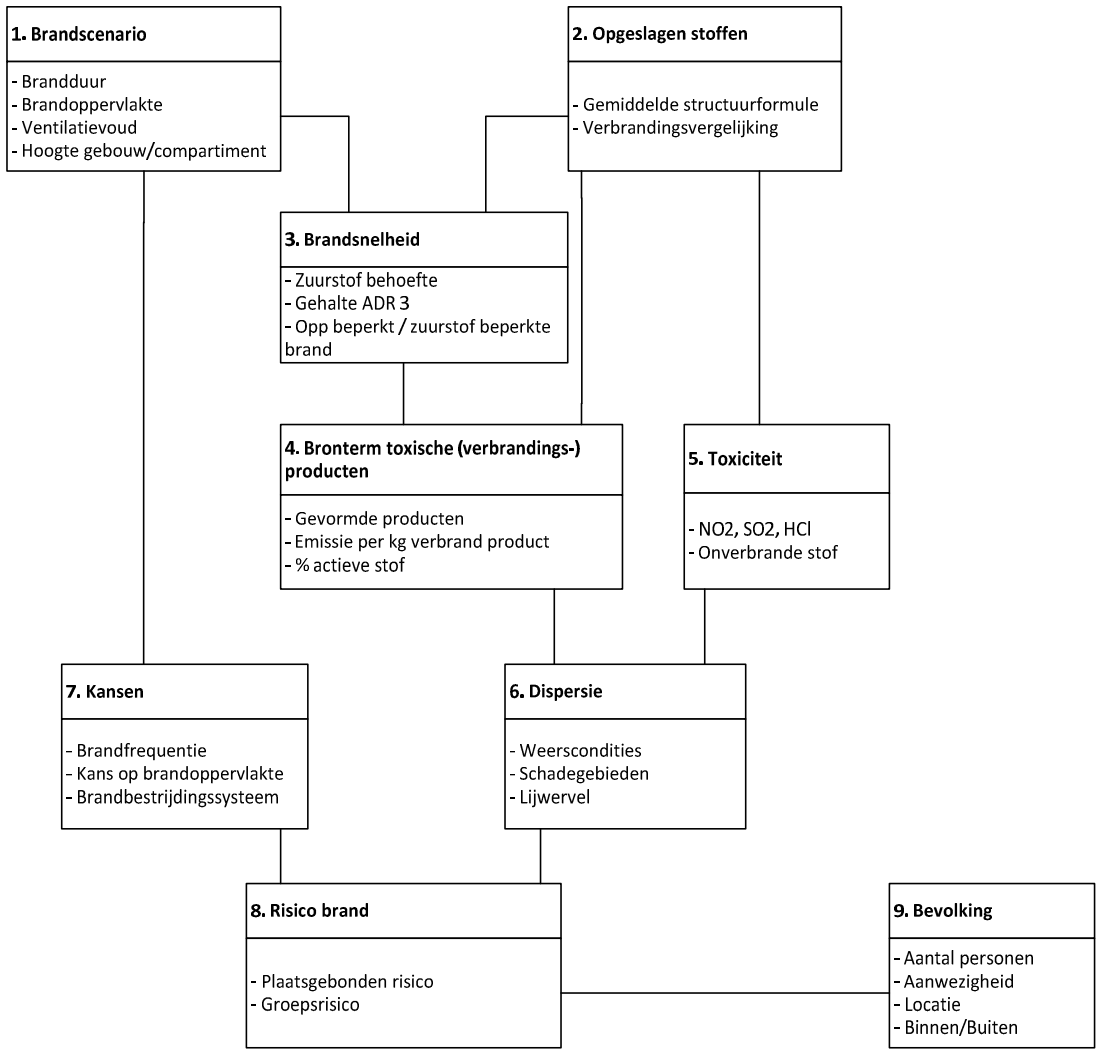
Vanuit het oogpunt van bestrijden van brand zijn de volgende kenmerken van het magazijn is relevant:

- De opslagvoorziening heeft een klein volume, waardoor een beperkte hoeveelheid zuurstof in het compartiment aanwezig is;
- Er is maar één rookluik aanwezig per compartiment;
- Bij brand is alleen het rookluik geopend;
  - Mechanische ruimteventilatie is gestopt;
  - Lucht en rook wordt afgevoerd door dit luik;
- Na het stoppen van de schuimtoevoer bestaat de mogelijkheid om het rookluik weer te sluiten;
  - mogelijke zuurstoftoevoer wordt voorkomen, indien de blussing faalt. Emissie van rookgassen is niet mogelijk.

Vanwege deze kenmerken moet geconstateerd worden dat iedere brand wordt geremd wordt door de beperkingen in de zuurstoftoevoer. Het ontwerp van het magazijn verschilt daarmee fundamenteel van de uitgangspunten zoals omschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi (Hari), dat het niet logisch is om op deze punten de methodiek van de Hari te volgen.

3 Werkwijze PGS-15 modellering in Safeti-NL

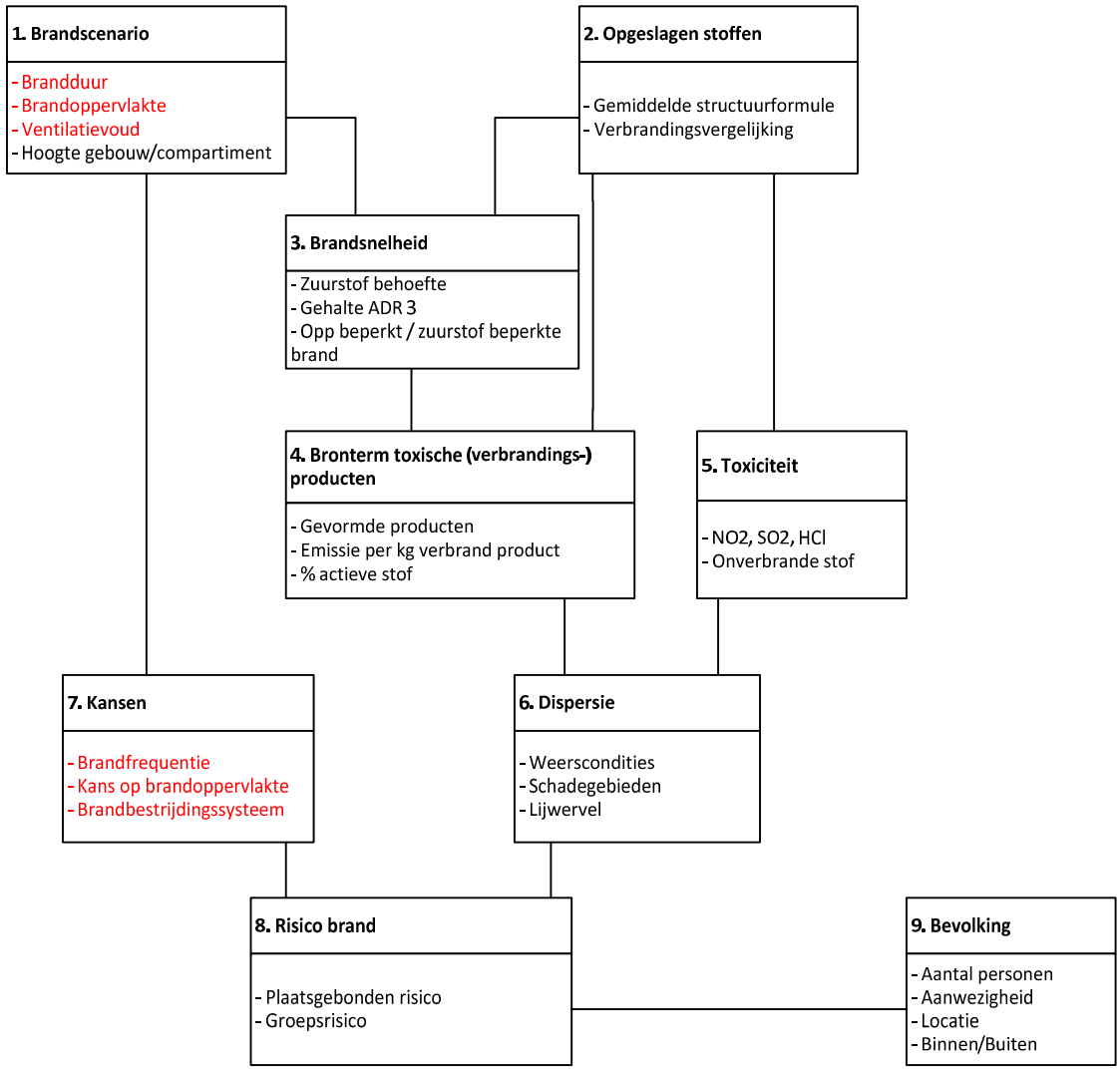
In onderstaand figuur is schematisch de opbouw van de brandbepalende aspecten en hun onderlinge afhankelijkheid weergegeven.



Figuur 3. Risicomethodiek voor PGS-15 opslagvoorzieningen bij brand

Alle weergegeven aspecten spelen een rol bij het bepalen van de risico's rondom een PGS-15 opslagvoorziening. Sommige aspecten zijn zeer afhankelijk van de situatie, zoals de opgeslagen stoffen, de afmetingen van het gebouw etc. Deze aspecten worden per bedrijf opnieuw doorgelopen en aan de hand van de specifieke bedrijfssituatie vastgesteld. Het geïnstalleerde brandbestrijdingssysteem is ook een van deze aspecten. Echter het geïnstalleerde systeem betekent een directe keuze voor de aspecten gegeven in figuur 3. Deze aspecten zijn vastgesteld voor de verschillende opslagvoorzieningen.

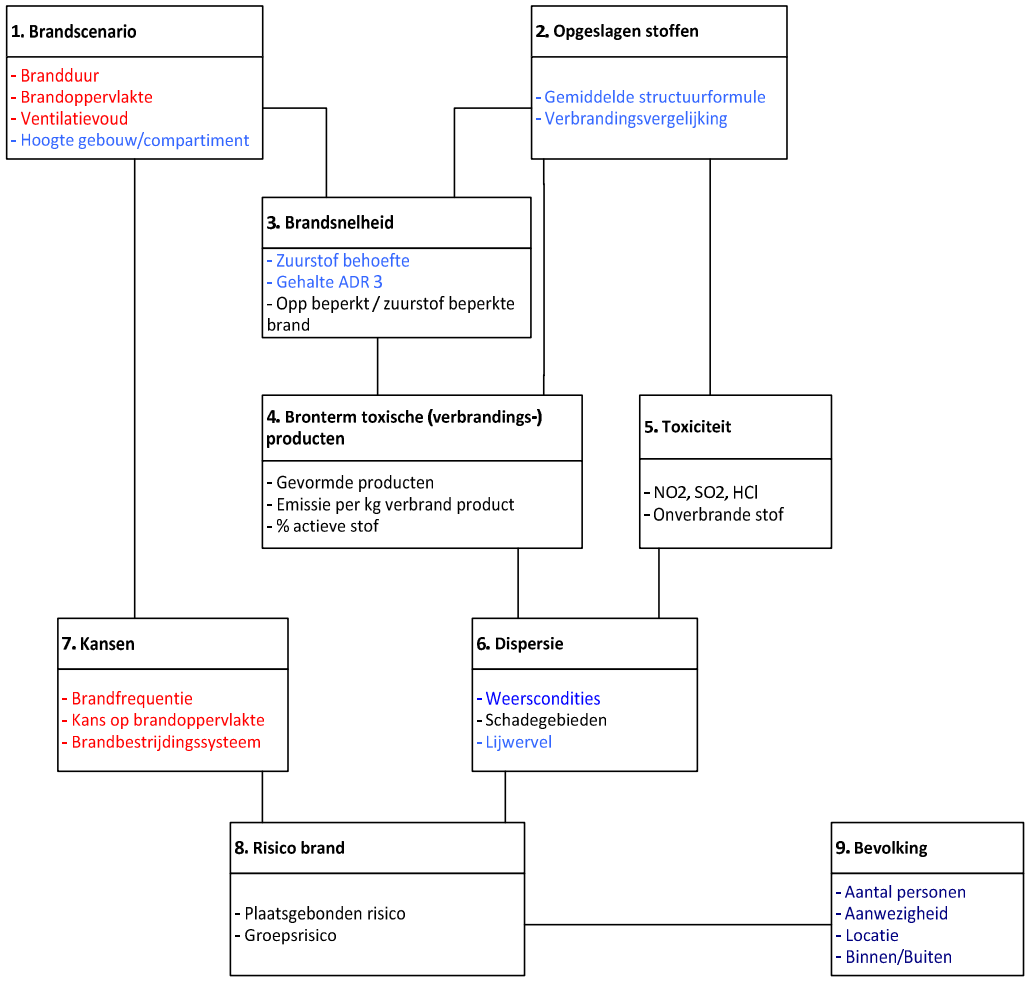
Uitgangspunt in de Safeti-NL/Hari berekening voor standaard magazijnen (alle bestrijdingssystemen) is dat in het eerste half uur van een uitbrekende brand in een PGS-15 opslagvoorziening de vrijkomende rook wordt gekoeld door het gebouw en daarom niet zal opstijgen tot grote hoogte. Het gevolg hiervan is dat de vrijkomende rook op grondniveau blijft in de directe omgeving en dan nog onvoldoende is verdund om geen risico te vormen. Een hoge ventilatievoud in een magazijn heeft als effect dat meer rook wordt afgevoerd. Het model gaat er echter vanuit dat door de hogere ventilatie meer zuurstof wordt toegevoerd met als gevolg een hogere productie van toxische verbrandingsproducten. De combinatie van hogere ventilatievoud en de snel neerdalende rookpluim zorgt voor een risico voor de omgeving.



Figuur 4. PGS-15 methodiek met daarin de aspecten die variëren afhankelijk van het type brandbestrijdingssysteem

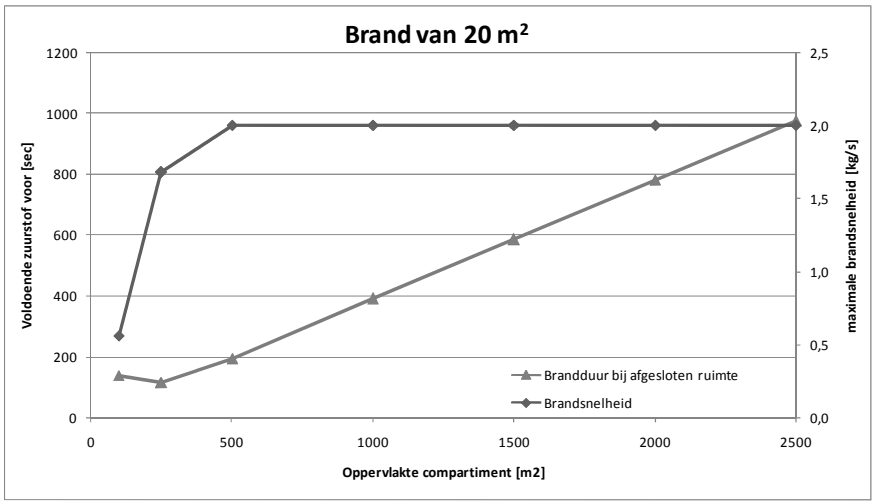
In figuur 4 zijn met rood de aspecten weergegeven die beïnvloed worden door het geïnstalleerde brandbestrijdingssysteem. Voor de brandsnelheid (beschikbare zuurstof) en de bronterm (emissie van rookgassen) geldt dat deze onder andere worden beïnvloed door de constructie en het functioneren van het brandbestrijdingssysteem. Deze aspecten veranderen dus als gevolg van het geïnstalleerde brandbestrijdingssysteem. Voor de specifieke situatie bij Sachem geldt dat het rookluik gesloten kan worden na ingrijpen door het brandbestrijdingssysteem. Als gevolg hiervan zal de emissie van rookgassen nog verder gereduceerd worden.

In figuur 5 zijn (met de blauwe kleur) de variabelen gegeven waarmee de specifieke situatie van een bedrijf gemodelleerd kan worden. Dit betreft de samenstelling van de opgeslagen stoffen, het aandeel ADR 3 stoffen en de dimensies van de opslagvoorziening en/of het gebouw.



Figuur 5. PGS-15 methodiek met daarin de aspecten die variëren afhankelijk van de specifieke situatie

De opgeslagen stoffen, geïnstalleerde rookluik, aanwezige roldeuren en dimensies van het gebouw beinvloeden de zuurstoftoevoer, brandsnelheid, vrijkomende hoeveelheid toxisch gas en brandduur in de werkelijkheid. Het huidige ontwerp van het magazijn bij Sachem zorgt voor een beperkte zuurstoftoevoer/voorraad. Dit is ook te zien in figuur 6. Hierin is de brandduur en stroomsnelheid door de geïnstalleerde rookluik(en) weergegeven voor verschillende omvangen van opslagvoorzieningen. In bijlage 3 is dit verder uitgewerkt. Een compartiment bij Sachem heeft een oppervlakte van 151 m².



Figuur 6. Brandduur en brandsnelheid als functie van het compartiment oppervlakte

4 Nadere beschouwing PGS-15 methodiek

Voor het reduceren van risico's als gevolg van een PGS-15 opslagvoorziening kan gekeken worden welke variabelen uit hoofdstuk 3 te beïnvloeden zijn. In tabel 1 is een algemene beschouwing opgenomen van de variabelen waarmee de modellering van een PGS-15 opslagvoorziening beïnvloed kan worden. Dit betreft een beschouwing van de generieke factoren.

Tabel 1. Beschouwing van de generieke factoren

Variabelen	Beschouwing van de aanpassingsmogelijkheden (generiek)
Samenstelling opgeslagen stoffen	Onderdeel van de bedrijfsvoering.
Gehalte ADR 3 stoffen	Onderdeel van de bedrijfsvoering.
Gehalte ADR 6.1 stoffen	Onderdeel van de bedrijfsvoering.
Dimensies opslagvoorziening	Bij bestaande gebouwen niet realistisch te beïnvloeden.
Brandbestrijdingssysteem	Bij bestaande systemen niet realistisch te beïnvloeden.
Brandfrequentie	Vastgelegd in de risicoberekeningmethodiek voor alle systemen in Nederland (afhankelijk van beschermingsniveau 1, 2 of 3).
Brandduur	In de huidige methodiek is de brandduur vastgesteld op 10 en 30 minuten afhankelijk van de omvang van de brand en het bestrijdingssysteem. De benadering in de huidige methodiek is conservatief[3].
Brandoppervlakte	De omvang en verspreiding van brand binnen een compartiment is een functie van opgeslagen stoffen, dimensies van de opslagvoorziening en het geïnstalleerde brandbestrijdingssysteem.
Kans op brandoppervlakte x	
Ventilatievoud	De ventilatievoud is een functie van brandbestrijdingssysteem. De benadering is in de huidige methodiek is conservatief.
Brandsnelheid	De brandsnelheid wordt in het model bepaald, als functie van de aanwezige zuurstof, de toegevoerde zuurstof en de opgeslagen stoffen (stofeigenschappen). De generieke brandsnelheden die in het model zitten kunnen aangepast worden. De gehanteerde brandsnelheden zijn redelijk conservatief om onderschatting van de snelheid te voorkomen.
Emissie toxische gassen	Het model veronderstelt dat toxische gassen vrijkomen. Dit verschilt per magazijn, maar kan niet in het model gespecificeerd worden.

Bij variabele ventilatievoud bestaan twee mogelijkheden. Of de ventilatievoud is beperkt tot 4 maal de inhoud per uur of deze is onbeperkt. Deze laatste wordt gehanteerd voor compartimenten die open zijn (geen wanden of dak) of voor compartimenten waarvan de roldeuren open blijven staan.
Conform de Handleiding risicoberekening Bevi (Hari) wordt een onbeperkte ventilatie gehanteerd voor de openstaande rookluiken bij een Outside-air installatie, immers dit is ook een opening in het compartiment en is daarom niet gelijk aan een beperkte ventilatievoud. Deze conclusie kan niet voor alle Hi-Ex Outside-air brandbestrijdingssystemen worden getrokken, in bijlage 3 is inzicht gegeven in de afhankelijkheid van het compartiment oppervlakte. In het geval van Sachem geldt dat het magazijn is voorzien van een rookluik met een netto uitstroomopening van 1,5 m^2.

Verschiltabel 4: Verschil in openingen in magazijn.

Standaard magazijn met outside-air	Chemicalienmagazijn bij Sachem
Minstens één roldeur van 10 - 15 m^2	Eén roldeur van 10 m^2 per compartiment plus een tweede toegangsroldeur van het magazijn.
Meerdere rookluiken met openingen van 2 – 4 m^2	Eén rookluik met een opening van 2 m^2
Tevens de mogelijkheid om rookgas af te voeren terwijl zuurstof wordt toegevoerd (zie hoofdstuk 2)	Zuurstoftoevoer wordt gehinderd door uittredende rookgassen

3 Voor de gehanteerde brandduur geld dat bij een succesvolle ingreep van het brandbestrijdingssysteem, de brand nooit langer dan 10 minuten duurt. In werkelijkheid is ieder brandbestrijdingssysteem zo ontworpen om binnen enkele minuten (meestal minder dan 5 minuten) in te grijpen en de brand te blussen. Door een waarde van 10 minuten te hanteren word voorkomen dat in het model een onderschatting ontstaat.

4.1 Specifieke modellering op basis van de installatie bij Sachem

De opslagvoorziening bij Sachem is ontworpen conform het uitgangspuntendocument (UPD). Hierin zijn op basis van de normen en richtlijnen (o.a. de NFPA, PGS-15) de uitgangspunten vastgelegd waaraan de opslagvoorziening moet voldoen.
Voor het brandbestrijdingssysteem zijn de normen gehanteerd zoals vastgelegd in de NFPA 11A. Deze schrijft voor volgens welke specificaties een goed functionerend Hi-Ex Outside-air blussysteem moet zijn ontworpen. Dit systeem moet in staat zijn om de ruimte binnen 3 minuten te kunnen vullen (zelfs overvullen). Ten behoeve hiervan worden rookluiken geïnstalleerd om de lucht in de ruimte af te voeren tijdens het vullen van de ruimte[4].
Op basis van de in hoofdstuk 2 opgesomde specifieke kenmerken van het Chemicaliënmagazijn bij Sachem zijn alle variabelen beschouwd en is gekeken in hoeverre deze aangepast kunnen worden om de specifieke situatie bij Sachem te onderkennen.

Tabel 2. Variabelen in relatie tot de situatie bij Sachem

Variabelen	Beschouwing situatie Sachem
Samenstelling opgeslagen stoffen	Inherent aan de bedrijfsvoering, komt reeds overeen met de werkelijkheid.
Gehalte ADR 3 stoffen	
Gehalte ADR 6.1 stoffen	
Dimensies opslagvoorziening	Bestaand opslagvoorziening, niet aan te passen.
Brandbestrijdingssysteem	Bestaand opslagvoorziening, niet aan te passen.
Brandfrequentie	Vastgelegd in de risicoberekeningmethodiek voor alle systemen in Nederland (beschermingsniveau 1, 2 of 3), niet aan te passen.
Brandduur	In de Hari is een standaard brandduur van 10 respectievelijk 30 min vastgesteld. De 10 minuten is een worst-case aanname voor het succesvol ingrijpen van een brandbestrijdingssysteem. De 30 minuten is een worst-case aanname voor het bezwijken van het totale systeem. **10 minuten of werkelijke brandduur (< 3 minuten)** De NFPA 11A kent twee normtijden voor blussystemen. Maximaal 3 minuten voor opslagen met brandbare vloeistoffen (ADR 3) en 8 minuten voor opslagen zonder ADR 3. De Hari gaat voor beide situaties uit van 10 minuten. Het RIVM ziet dit als een veiligheidsmarge. Het brandbestrijdingssysteem bij Sachem is ontworpen om te blussen binnen 3 minuten. In bijlage 6 is aangetoond dat vanwege het bouwkundig ontwerp van het magazijn, de beschikbare zuurstof bij een kleine brand (20 m^2) binnen 3 minuten is verbruikt en de toevoer van nieuwe zuurstof zeer beperkt is. Voor grotere branden zal deze brandduur nog beperkter zijn. Dit betekent dat ook het 3 minutencriterium ten opzichte van de situatie bij Sachem een extra veiligheidsmarge kent. **30 minuten-criterium** Indien blussing faalt en de brandomvang is gelijk aan het gehele compartiment, dan zal de brandduur toch niet boven de 3 minuten komen. Dit vanwege het specifieke karakter van het magazijn. Indien *beide* roldeuren falen, komt de brandduur boven 3 minuten.
Brandoppervlakte	Niet aan te passen zonder een uitgebreid onderzoek naar casuïstiek[5].
Kans op brandoppervlakte x	Zie bovenstaand.
Ventilatievoud	De huidige methodiek hanteert een onbeperkte ventilatievoud voor outside-air. Voor het Chemicaliënmagazijn bij Sachem is dat een worst-case benadering die niet overeen komt met de werkelijkheid.

4 Bijkomend voordeel is de afvoer van warmte al is de ruimte bestand tegen de opwarming van een hevige brand
5 Dit is geen specifiek aspect voor het magazijn van Sachem, dit speelt bij meer modelleringsituaties

	De ventilatievoud kan aangepast worden in de berekening. In bijlage 4 is dit uitgewerkt. Voor het magazijn bij Sachem is een ventilatievoud van 40 /uur een realistische benadering. Dit resulteert in de in tabel 3 beschreven berekeningswijze.
Brandsnelheid	**De brandsnelheid wordt in het model bepaald als functie van de aanwezige zuurstof, de toegevoerde zuurstof en de opgeslagen stoffen (stofeigenschappen).** **Omdat de zuurstoftoevoer in het chemicaliënmagazijn beperkt is, is ook de brandsnelheid beperkt.**
Emissie toxische gassen	Het model veronderstelt dat toxische gassen vrijkomen. De wijze waarop dit plaats vindt is niet gespecificeerd omdat dit per opslagvoorziening kan variëren. **Bij Sachem zal de emissie van toxische gassen gereduceerd worden zodra het rookluik gesloten is. Uit testen is tevens gebleken dat het magazijn redelijk luchtdicht is; natuurlijke ventilatie vind nagenoeg niet plaats. Deze extra veiligheid van het magazijn is niet in het rekenmodel in te passen.**

Op basis van de tabel worden de volgende twee modelleringsvarianten voor het rekenprogramma Safeti-NL voorgesteld.

1. **aangepaste modellering voor de combinatie van een beperkte brandduur en een verlaagde ventilatie;**
2. **aangepaste modellering waarbij de brandsnelheid gecorrigeerd wordt vanwege de beperkte zuurstoftoevoer.**

5 Voorgestelde berekeningswijze

Dit hoofdstuk geeft de specifieke berekeningswijze voor de QRA van het chemicaliënmagazijn bij Sachem ten behoeve van het rekenprogramma Safeti-NL. Er zijn 2 verschillende benaderingswijzen uitgewerkt:

- aangepaste modellering voor de combinatie van een beperkte brandduur en een verlaagde ventilatie;
- aangepaste modellering waarbij de brandsnelheid gecorrigeerd is vanwege de beperkte zuurstoftoevoer.

Bij het uitwerken van de 2e benadering is gebleken dat deze vrijwel vergelijkbare uitkomsten geeft als de 1e benadering. De 2e benadering is daarom beknopt uitgewerkt.

5.1 Berekening op basis van beperkte ventilatievoud

In de hoofdstuk 4.1 zijn enkele specifieke zaken van het Chemicaliënmagazijn uitgelicht. De brandduur, de ventilatievoud en de benodigde hoeveelheid zuurstof in relatie tot de beschikbare openingen per compartiment.

De Hari gaat voor alle outside-air brandbestrijdingssystemen uit van een maximale brandduur van 10 minuten bij een werkzaam brandbestrijdingssysteem. In de NFPA 11A is aangegeven dat een magazijn binnen 8 minuten gevuld moet zijn (of 3 min. bij ADR3-vloeistoffen). Op basis van het systeemontwerp is de opslagvoorziening bij Sachem in minder dan 3 minuten gevuld (overvuld) met schuim. Tevens blijkt uit bijlage 5 dat het rookluik de brandsnelheid reduceert tot 16% van het maximum, los van de werking van het brandbestrijdingssysteem.
Echter, naast de ingrijptijd van het brandbestrijdingssysteem, is de beperkte beschikbaarheid van zuurstof in een compartiment zodanig, dat een brand niet langer dan 3 minuten kan duren. (Zie ook bijlagen 5 en 6). Daarnaast wordt de intreding van zuurstof gehinderd door de uitstroming van rookgassen.

Uitgaande van het gerealiseerde technisch ontwerp, bedraagt de ventilatievoud maximaal 40 (van de inhoud per ruimte per uur).

Vanuit de benaderingswijze van het RIVM om een veiligheidsmarge te hanteren, is een conservatieve variant voor de ventilatievoud gemaakt. Hiervoor is de ventilatievoud berekend met het bruto uitstroomoppervlak van het rookluik. Dit oppervlak is groter dan de feitelijke situatie (o.b.v. het gedetailleerde technisch ontwerp). Daarnaast is de stroomsnelheid van lucht door het luik verdubbeld. Dit resulteert in een conservatieve variant met een maximale ventilatievoud van 100. De brandduur is vanwege het bouwkundig ontwerp (beperkte zuurstoftoevoer) beperkt tot 3 minuten. Onveranderd is dat het brandbestrijdingssysteem binnen 3 minuten blust.

	Fysiek mogelijke situatie	**Situatie met veiligheidsmarge**
Stroomsnelheid	5 m/s	10 m/s
Uitstroomopening	1,5 m^2	2 m^2
Resultaat ventilatievoud:	**40**	**100**

Wanneer de factoren brandduur en ventilatievoud, worden gecombineerd ten behoeve van de berekening wordt gekomen tot de in tabel 3 beschreven berekeningswijze, waarin de veiligheidsmarge van het RIVM is overgenomen.

Tabel 3. Voorgestelde berekeningswijze Chemicaliënmagazijn Sachem.

Brandbestrijdingssysteem		**Kans op brand van een bepaalde omvang**			
	Ventilatievoud	20 m^2	50 m^2	100 m^2	151 m^2
Standaard methodiek					
Automatische hi-ex Outside-air installatie	∞	89%	9%	1%	1%

Brandbestrijdingssysteem		Kans op brand van een bepaalde omvang			
	Ventilatievoud	20 m^2	50 m^2	100 m^2	151 m^2
Bijbehorende brandduur [min]		*10*	*10*	*10*	*30*
Voorgestelde werkwijze					
Automatische hi-ex Inside-air installatie, niet falen automatische roldeuren	100	87,22%	8,82%	0,98%	0,98%
Automatische hi-ex Inside-air installatie, falen van automatische roldeuren	∞	1,78%	0,18%	0,02%	0,02%
Automatische hi-ex Inside-air installatie, totaal	100 / ∞	89%	9%	1%	1%
Bijbehorende brandduur [min]		*3/3*	*3/3*	*3/3*	*3/30*

5.2 Berekening op basis van een beperkte brandsnelheid

Wanneer de zuurstofbehoefte van een brand in een compartiment wordt beschouwd, dan is er bij een maximale brandsnelheid van 0.1 kg/m^2.s zoals vermeld in de Hari, slechts voldoende zuurstof om een brand van 3,05 m^2 in stand te houden (bijlage 5). Logischerwijs haalt de brand nooit deze brandsnelheid vanwege zuurstofgebrek. Daarom is de specifieke brandsnelheid berekend voor een zuurstofbeperkte brand.
Bepalend hierbij is dat de afvoer van hete rookgassen door het rookluik voor gaat op de invoer van zuurstof. Op basis hiervan is een maximale brandsnelheid berekend als functie van de zuurstoftoevoer. Uit de uitgevoerde berekeningen (Safeti-NL)op basis van de aangepaste brandsnelheid is gebleken dat de resultaten hiervan nagenoeg niet variëren van de resultaten van de 1^e benadering.

5.3 Veiligheidsmarges

De bepaling van het risico ten gevolge van het chemicaliënmagazijn bij Sachem kent meerdere veiligheidsmarges. In deze paragraaf worden deze nader benoemd.

1. De opgeslagen stoffen waarmee gerekend wordt, betreffen een worst-case situatie. In de praktijk worden ook stoffen opgeslagen met een geringere impact.
2. Voor de berekeningen is aangenomen dat de volledige hoeveelheid zuurstof in een compartiment aanwezig is én dit compartiment volstaat met emballage. Waar emballage aanwezig is, kan geen zuurstof zijn.
3. De brandduur (zie hoofdstuk 3/bijlage 6) bedraagt minder dan 3 minuten, voor de berekening is uitgegaan van 3 minuten.
4. Indien de roldeur faalt, is een tweede roldeur aanwezig die een onbeperkte toevoer van zuurstof voorkomt. In de berekeningen is deze extra deur buiten beschouwing gelaten.

Daarnaast zijn bij de bepaling van de uitgangspunten nog de volgende conservatieve aannames gemaakt.

- Er is uitgegaan van een bruto uitstroomopening rookluik;
- Verhoogde uitstroomsnelheid;
- Het blokkerend effect van uitstromend rookgas is genegeerd;

6 Relatie met de Hari.

In de voorgaande hoofdstukken is steeds de vergelijking gemaakt met de systematiek van de Handleiding risicoberekeningen Bevi (Hari). In dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt met concrete teksten:

De Hari geeft de wettelijk voorgeschreven rekenmethode voor Bevi-bedrijven[6]. Afwijkingen zijn mogelijk. In de Hari wordt gesteld:
"De rekenmethodiek Bevi bevat modellen en vereenvoudigingen. Dit kan er in een enkel, bijzonder geval toe leiden dat het strikte opvolgen van de Handleiding leidt tot resultaten die logischerwijs niet kloppen. Artikel 8b van de Revi voorziet in de mogelijkheid om van de invoergegevens uit de Handleiding Risicoberekeningen af te wijken. In dat geval kan het bevoegd gezag bepalen dat van de verplichte invoergegevens uit de Handleiding mag worden afgeweken, zodat de invoergegevens kunnen worden toegespitst op de specifieke omstandigheden van het geval. De beslissing van het bevoegd gezag met betrekking tot het gebruik van afwijkende invoergegevens is geen besluit in de zin van de Algemene wet bestuursrecht. Wel wordt aanbevolen advies van het RIVM te vragen in voorkomende gevallen".

Modellering Outside-air Hi-Ex brandbestrijdingssysteem
Op pagina 74 van de Hari staat omtrent de omgang met het ventilatievoud bij Outside-air brandbestrijdingssystemen:
"Bij de meeste brandbestrijdingssystemen onder beschermingsniveau 1 moet gerekend worden met een ventilatievoud van 4 en een onbeperkte ventilatievoud (∞). Wanneer de deuren gedurende de brandduur (zie Tabel 62) gesloten zijn, bedraagt het ventilatievoud 4. Indien tijdens een brand de deuren niet sluiten, is het ventilatievoud onbeperkt. De kans dat deuren niet sluiten, is afhankelijk van het type deuren [17]:

- *Automatische, bij brand zelfsluitende deuren: 0,02*
- *Handbediende deuren 0,10.*

Bij brandbestrijdingssystemen met een rook- en warmteafvoerinstallatie (rookluiken) zoals bij een automatische hi-ex Outside air installatie en bedrijfsbrandweer met binnenaanval kan in geval van brand lucht (zuurstof) vrij toestromen, waardoor altijd sprake is van een onbeperkte ventilatievoud".

Op pagina 75 van de Hari staat het volgende met betrekking tot afwijkende situaties:
"Indien aannemelijk kan worden gemaakt dat de ventilatieomstandigheden door bijvoorbeeld speciale voorzieningen afwijken van de volgens Tabel 60 te hanteren ventilatievouden, mogen afwijkende (lagere) ventilatievouden worden gehanteerd."

In de Hari worden hier alle mogelijkheden waarbij lucht (zuurstof) onbeperkt kan toestromen gelijk gesteld aan een onbeperkte ventilatievoud. In deze rapportage is beschreven dat dit niet het geval is. Onbeperkte toestroming betekent in het geval van Sachem dat als de roldeuren bij brand automatisch sluiten toch een onbeperkte ventilatie wordt verondersteld. (zie bijlage 3) Dit betekent dat de opening in de opslagvoorziening van 1,5 m^2 gelijk wordt gesteld aan de opening van een openstaande roldeur. Een roldeur van een standaard magazijn heeft een oppervlakte van tenminste 10 $m^{2,}$.

Terwijl de huidig voorgestelde methodiek in tabel 3 recht doet aan de aanwezige openingen in het compartiment voor de beide situaties waarin het rookluik open is en de roldeuren open of dicht zijn. Hierbij is de extra afsluitende werking van de tweede roldeur naar buiten nog buiten beschouwing gelaten. Ook deze zal open moet blijven staan om tot een onbeperkte zuurstoftoevoer te komen.

Brandduur
Op pagina 76 van de Hari staat omtrent het begrip brandduur.

6 Conform artikel 7 van de Regeling externe veiligheid inrichtingen

"De brandduur is gelijk aan de tijd die nodig is om de brand te blussen. Aan de brandduur wordt een maximum gesteld dat gelijk is aan de veronderstelde maximale blootstellingsduur van mensen in de omgeving, te weten 30 minuten".

Het magazijn is met een dubbele veiligheid ontworpen op een maximale brandduur van 3 minuten:

- 3 minuten op basis van beperkte beschikbaarheid van zuurstof. (bepaald voor een brand van 20 m^2, bij grote branden zal de duur nog lager zijn) Dit is een aanvullende veiligheidsfactor als gevolg van het bouwkundig ontwerp. (één rookluik, twee roldeuren, klein volume compartiment etc.)
- 3 minuten op grond van de het brandbestrijdingssysteem (standaard conform NFPA norm).

Brandsnelheid

Op pagina 78 van de Hari staat omtrent het begrip brandsnelheid.
Wanneer de beschikbare hoeveelheid zuurstof kleiner is dan de voor een oppervlaktebeperkte brand (met maximale brandsnelheid) benodigde hoeveelheid, is de brand zuurstofbeperkt. De brandsnelheid B_{O2} wordt dan bepaald aan de hand van de beschikbare hoeveelheid zuurstof.

Omdat de zuurstoftoevoer beperkt is, kan op basis van de benadering in de Hari de brandsnelheid berekend worden. Zoals eerder aangegeven blijkt uit berekeningen (Safeti-NL) dat de resultaten hiervan nagenoeg niet variëren van de resultaten bij de berekening van de brandduur. Dit onderdeel is derhalve niet nader uitgewerkt.

7 Conclusie en advies

Het volgen van de standaardbenadering conform de Hari voor het chemicaliënmagazijn bij Sachem leidt tot resultaten 'die logischerwijs niet kloppen'.

De vergelijking tussen een ‘standaard’ magazijn en de specifieke situatie bij Sachem levert het volgende overzicht op. Hieruit blijkt dat voor de specifiek situatie bij Sachem een afwijking van de standaardbenadering in de Hari geoorloofd is.

Verschiltabel 5, totaaloverzicht

Standaard magazijn met outside-air	Chemicalienmagazijn bij Sachem
Grote compartimenten met meerdere rookluiken	Klein compartimenten met één rookluik
Hoogte compartiment oplopend tot meer dan 10 meter	Hoogte compartimenten is 5 meter
Meerdere rookluiken met openingen van 2 – 4 m^2	Een rookluik met een 'bruto' opening van 2 m^2
De mogelijkheid om rookgas af te voeren terwijl zuurstof wordt toegevoerd (zie hoofdstuk 2)	Zuurstoftoevoer gehinderd door uittredende rookgassen
Zuurstof die toegevoerd wordt via de overige rookluiken zal de brand voeden	De brand dooft, zuurstof wordt weer toegevoerd en zal weer even branden, etc
Brandsnelheid zal toenemen naar het maximum, vanwege voldoende zuurstof	Brandsnelheid wordt beperkt door zuurstoftekort
Luchtcirculatie via rookluiken mogelijk	Luchtcirculatie via rookluiken onmogelijk
Minstens één roldeur van 10 - 15 m^2.	Een roldeur van 10 m^2 per compartiment
Meestal een roldeur met directe verbinding naar buiten	Compartimenten alleen bereikbaar vanuit magazijnhal
Onbeperkte zuurstoftoetreding	Zéér beperkte zuurstoftoetreding
Oppervlakte compartimenten tot 1.500 m^2	Opslagcompartimenten zijn maar 151 m^2

In deze rapportage is gespecificeerd dat, vanwege specifieke bouwkundige kenmerken, zowel de brandduur als maximale beschikbare hoeveelheid zuurstof verschillen van de standaard benadering zoals gegeven in de Hari.

Naar mening van Oranjewoud is in de concrete situatie bij Sachem sprake van een situatie zoals bedoeld in artikel 8b van de Revi. De specifieke situatie bij Sachem rechtvaardigd het om een aangepaste modellering toe te passen. De feitelijke/ specifieke situatie dient te prevaleren boven algemene uitgangspunten. Hierbij wordt opgemerkt dat deze aangepaste modellering nog steeds gebaseerd is op een worst-case benadering.

Geadviseerd wordt om op basis van deze rapportage aan het RIVM voor te stellen op basis van artikel 8b van de Revi een positief advies te geven waarin staat aangegeven dat:

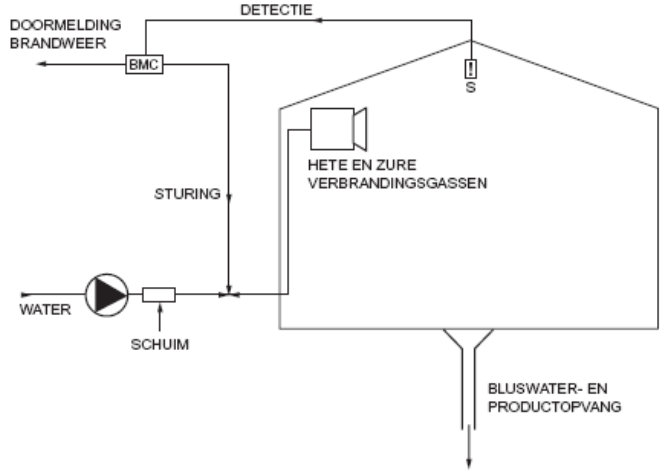
- dat het magazijn bij Sachem niet te vergelijken is met een standaard outside-air magazijn zoals bedoeld in de Hari.
- dat vanwege de specifieke karakteristieken van het magazijn bij Sachem een afwijking, zoals in tabel 3 omschreven, van de voorgeschreven rekenmethodiek van de Hari gerechtvaardigd is.
- dat de in deze rapportage voorgestelde berekeningswijze, zoals gegeven in hoofdstuk 5 de basis vormt voor een realistische berekening van dit specifieke magazijn.

Vanuit juridische overwegingen wordt tevens verzocht om de onderhavige rapportage expliciet als onderdeel van het advies van het RIVM te beschouwen.

Bijlage 1: Principe van Hi-ex brandbestrijdingsystemen

Technische beschrijving van een Hi-ex Inside-air

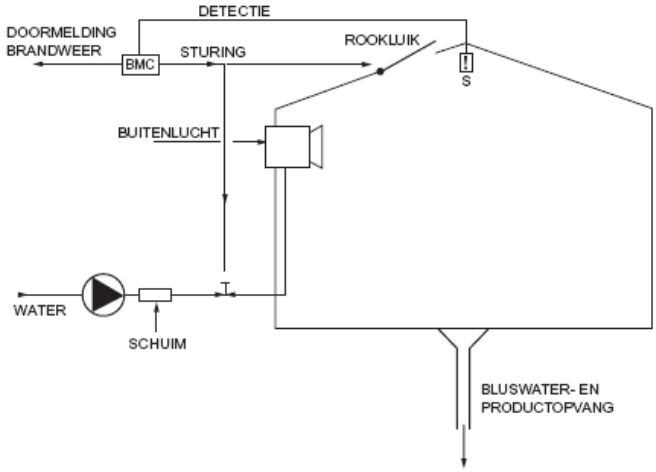
Een atmosferisch leidingnet in een gesloten ruimte met schuimgeneratoren welke bij activering van een brandmeldinstallatie in werking wordt gesteld. Bij een brandmelding komt een watervoorziening in bedrijf . Na het in bedrijf komen van de watervoorziening wordt er schuimvormend middel bijgemengd. Bij het uitstromen bij de schuimgenerator zelf vindt bijmenging plaats met lucht uit de betreffende ruimte. Door expansie van het mengsel van water, lucht en schuimvormend middel (SVM) wordt een schuimlaag gevormd. Het in werking treden van de brandmeldinstallatie genereert een brandalarm. Het systeem kenmerkt zich door het gebruiken van de in de ruimte aanwezige zuurstof en verbrandingsgassen. [bron: Brandweer BRZO -Module 2: Stationaire blusinstallaties]



Figuur B1.1 Schematische weergave werkwijze van een Inside-air brandbestrijdingssysteem

Technische beschrijving van een Hi-ex Outside-air

Een atmosferisch leidingnet in een gesloten ruimte met schuimgeneratoren welke aan het dak of de gevel zijn gemonteerd en bij activering van een brandmeldinstallatie in werking worden gesteld. Bij een brandmelding komt een watervoorziening in bedrijf . Na het in bedrijf komen van de watervoorziening wordt er schuimvormend middel bijgemengd. Bij het uitstromen bij de schuimgenerator zelf vindt bijmenging plaats met buitenlucht. Door expansie van het mengsel van water,lucht en schuimvormend middel (SVM) wordt een schuimlaag gevormd. Het in werking treden van de brandmeldinstallatie genereert een brandalarm. Het systeem kenmerkt zich door het toepassen van dakluiken waardoor de lucht in de ruimte wordt afgevoerd naar buiten en het gebruik maken van buitenlucht voor het produceren van een schuimlaag. [bron: Brandweer BRZO -Module 2: Stationaire blusinstallaties]



Figuur B1.2 Schematische weergave van de werkwijze van een Outside air brandbestrijdingssysteem

Modellering Hi-ex brandbestrijdingsystemen volgens de Hari

Het rekenprogramma Safeti-NL kent aan Outside-air en Inside-air brandbestrijdingssystemen dezelfde faalkans toe. Het verschil in de modellering zit in het ventilatievoud dat gehanteerd wordt/moet worden bij de brandscenario's. Bij een Outside-air systeem wordt uitgegaan van onbeperkte luchttoestroming omdat de rookluiken open staan bij het in werking zijn van het brandbestrijdingssysteem. Bij een Inside-air brandbestrijdingssysteem worden twee scenario's beschouwd;

- een ventilatievoud van een factor 4 (bij een gesloten roldeur)
- een onbeperkte ventilatievoud bij het open blijven staan van de roldeuren.

Bij de modellering van brand in het magazijn wordt verondersteld dat in iedere loods (met beschermingsniveau 1) de kans op brand gelijk is. Vervolgens wordt de effectiviteit van het brandbestrijdingssysteem beschouwd door bij een effectief systeem aan te nemen dat de omvang van de brand niet toeneemt. In het algemeen geldt dat de grootste kans bestaat op een brand van 20 m^2 en kleinste kans op een brand van maximaal 900 m^2, in het geval van Sachem maximaal 151 m^2 vanwege het oppervlak van de compartimenten.
Voor zowel Inside-air als Outside-air systemen is deze toedeling gelijk. Oftewel de kans op brand van grootte x m^2 blijft gelijk. Echter wat verschilt, is de bijbehorende brandsnelheid van de brand. Bij een Outside-air systeem wordt verondersteld dat de zuurstof[7] onbeperkt kan toestromen. Bij een Inside-air is hier een extra falen van het systeem voor nodig, namelijk het niet sluiten van de deur. De in de Handleiding risicoberekeningen Bevi gespecificeerde faalkans hiervan is in 0,02 (automatisch sluitende roldeuren).

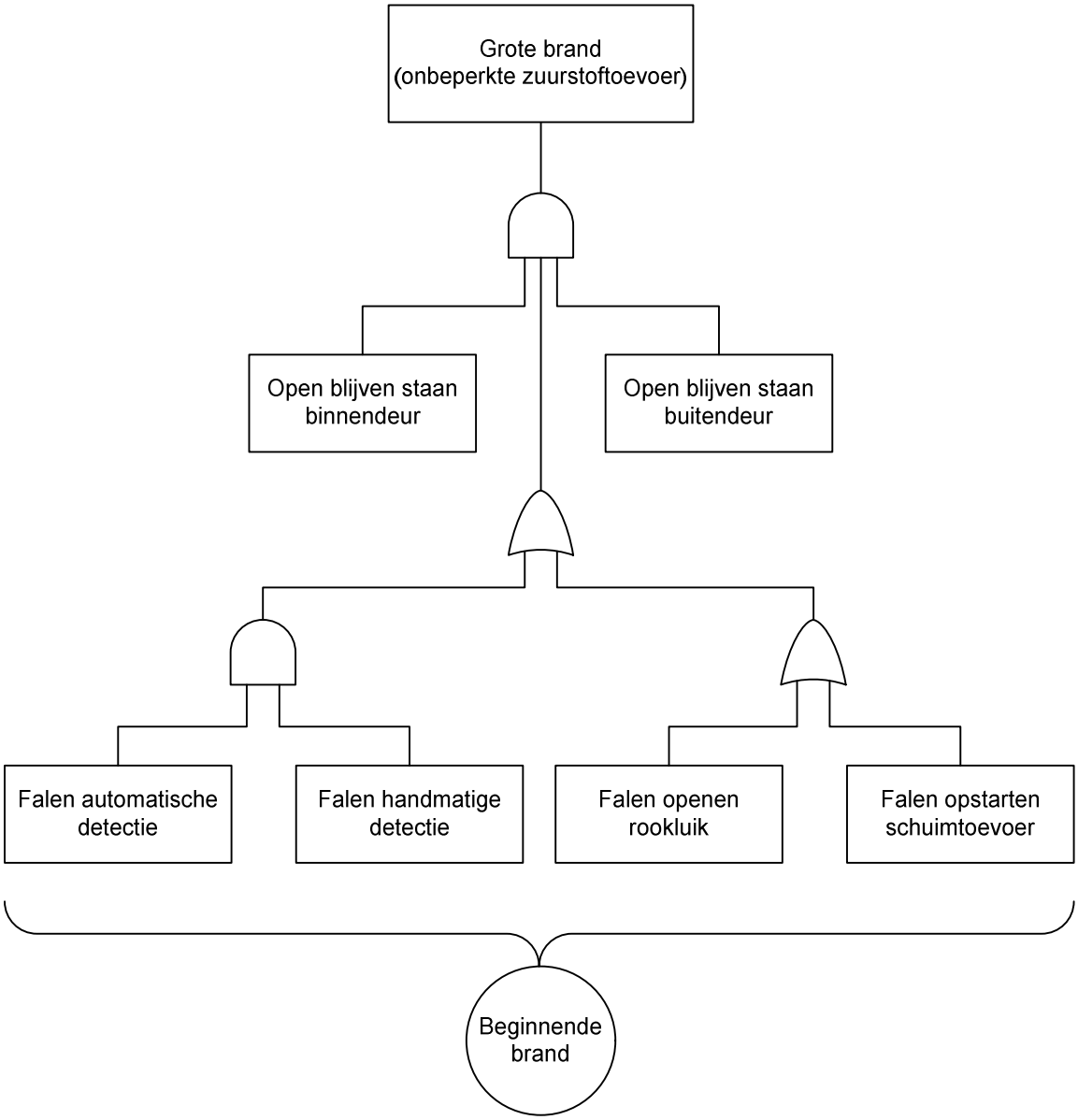
In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de modellering van de twee beschouwde brandbestrijdingssystemen in deze rapportage. Hierin zijn samengevat welke kansen toegekend worden aan een brand van een bepaalde omvang, ventilatievoud en de brandduur.

Tabel B1.1. Brandbestrijdingssystemen.

Brandbestrijdingssysteem		**Kans op brand van een bepaalde omvang**			
	Ventilatie-voud	20 m^2	50 m^2	100 m^2	151 m^2
1.5 Automatische hi-ex Outside-air installatie	∞	89%	9%	1%	1%
Bijbehorende brandduur [min]		*10*	*10*	*10*	*30*
1.6 Automatische hi-ex Inside-air installatie, ventilatievoud is 4, niet falen automatische roldeur	4	87,22%	8,82%	0,98%	0,98%
1.6 Automatische hi-ex Inside-air installatie, onbeperkte ventilatie, a.g.v falen automatische roldeur	∞	1,78%	0,18%	0,02%	0,02%
1.6 Automatische hi-ex Inside-air installatie, totaal	4 & ∞	89%	9%	1%	1%
Bijbehorende brandduur [min]		*10*	*10*	*10*	*30*

[7] Essentieel voor een brand, tenzij de zuurstof al aanwezig is in de bij de brand betrokken stoffen zelf en daaraan onttrokken kan worden

Bijlage 2: Gebeurtenissenboom brand PGS-15



Beschrijving bij gebeurtenissenboom
Of een beginnende brand ontaard in een grote brand is afhankelijk van meerdere factoren. Dit betreft:

- het falen van de automatische of handmatige detectie
- het rookluik opent niet en de schuimtoevoer faalt.

Dit kan verder escaleren indien:

- De binnen of buitendeur blijft openstaan.

Vervolgens ontstaat een grote brand.

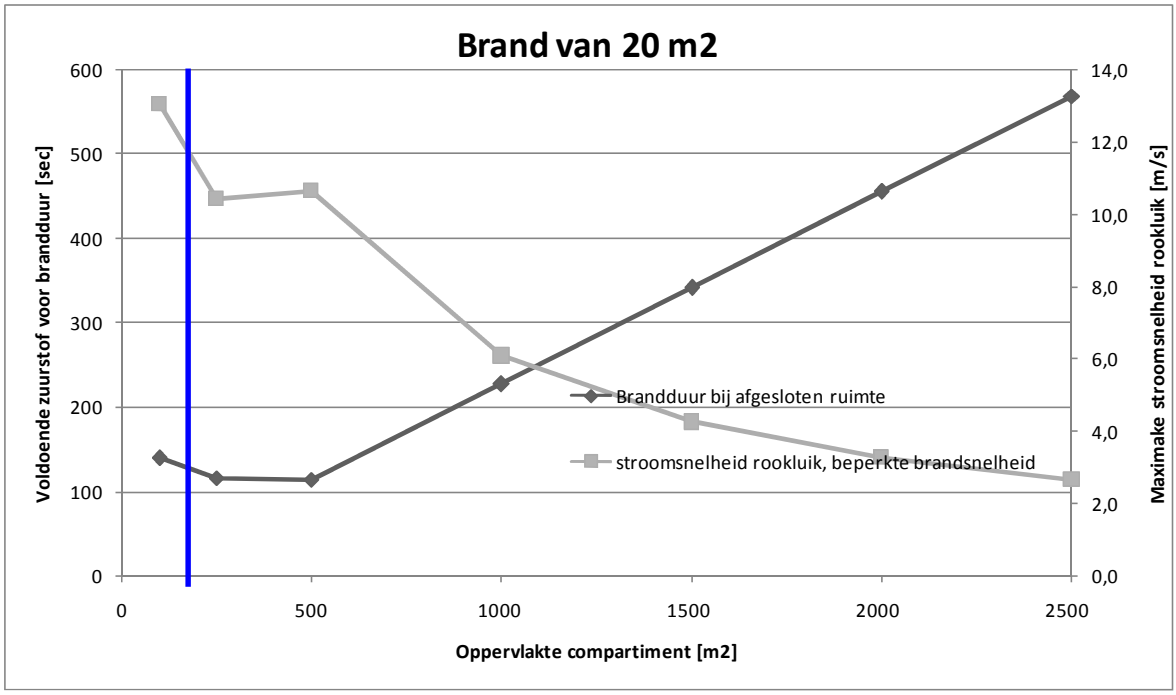
De kans op dit soort falen zit verwerkt in de voorgeschreven rekenmethodiek.

Bijlage 3: Invloed oppervlakte compartiment

De voorgeschreven modellering in de Handleiding risicoberekeningen Bevi (Hari) is opgesteld om passend te zijn voor alle PGS-15 opslagvoorzieningen. Dit betekent dat de gekozen benadering voor specifieke situaties niet overeen komt met de werkelijkheid. In deze paragraaf wordt aangetoond dat de modellering van Outside-air brandbestrijdingssystemen in de Hari voor grote opvangvoorzieningen overeen komt met de werkelijkheid en voor kleine compartimenten een overschatting geeft. De getoonde figuren in deze bijlage zijn gebaseerd op de omschreven rekenwijze in bijlage 5.

In figuur B3.1 is voor compartimenten met verschillende oppervlaktes weergegeven:
- De brandduur wanneer geen zuurstof toevoer plaatsvindt, (o.b.v. de brandsnelheid die zuurstofbeperkt is).
- De stroomsnelheid door het rookluik (rook, zuurstof en stikstof) (o.b.v. de brandsnelheid die zuurstofbeperkt is). (afvoer lucht a.g.v. inblazen schuim is niet beschouwd).

Figuur B3.1 toont aan dat de stroomsnelheid door het rookluik afneemt zodra de compartimenten groter worden. Bij *grote* compartimenten bieden de aanwezige rookluiken de capaciteit om een brand te voorzien in de zuurstofbehoefte **én** de afvoer van rookgassen te faciliteren. Dit is ook geïllustreerd in fiuur 2. Voor compartimenten met 1 rookluik betekend dit dat de toevoer van zuurstof wordt gehinderd door de uitstroming van rookgassen (en de uitstroming van de inhoud van het compartiment). Voor *kleine* compartimenten betekent dit dat te weinig zuurstof kan toetreden om een brand te onderhouden, en de aanwezige zuurstof is onvoldoende om dit te compenseren.
In de berekening is uitgegaan van de gemiddeld opgeslagen stof in het magazijn van Sachem. (structuurformule en de opzet van de berekening staat in bijlage 5)



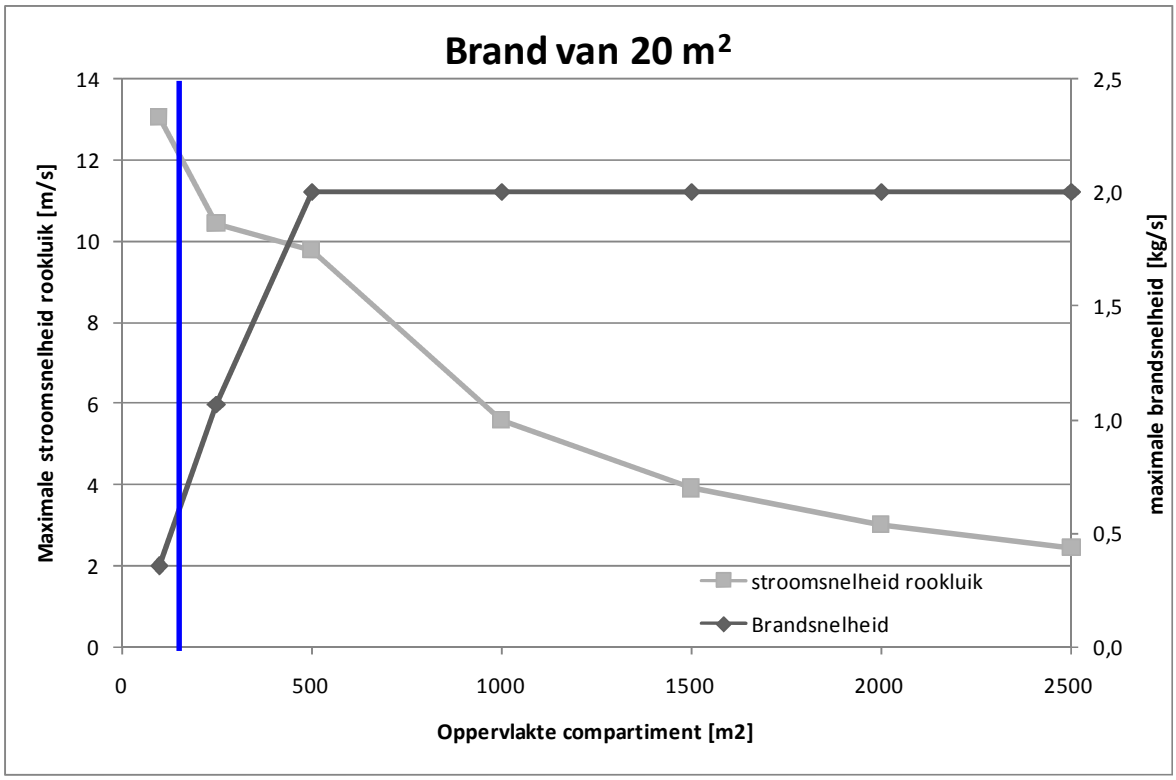
Figuur B3.1. BerekendebBrandduur en stroomsnelheid als functie van de compartiment omvang

De compartimenten van het magazijn bij Sachem hebben een vloeroppervlakte van maximaal 151m² (zie blauwe verticale streep). Uit grafiek B3.1 valt af te leiden dat door de beperkte omvang van het magazijn:
- Er onvoldoende zuurstof is om de brand langer dan 2 minuten in stand te houden (Zie zwarte lijn, figuur B2.1).
- Na deze 2 minuten is de brand afhankelijk van de zuurstof die via ventilatieopeningen kan toetreden.

- De grijze lijn van figuur B3.1 geeft aan wat de stroomsnelheid van de lucht door de ventilatieopeningen moet zijn om de brand te voeden (in beide richtingen). Bij deze compartimentomvang moet de intredende lucht met 4,3 m/s naar binnen. Terwijl de inhoud van de ruimte met 5 meter per seconde in tegengestelde richting door het rookluik heen gaat. Dit betekent dat de brand niet alleen wordt geblust door het schuim, maar ook door te weinig zuurstof.
    - Opgemerkt moet worden dat de ruimte reeds vol behoort te zitten met schuim voordat de brand afhankelijk wordt van de zuurstoftoevoer van buiten. Oftewel het inpompen van schuim wordt niet gehinderde door intredende lucht.
- *Bij grotere compartimenten is er meer zuurstof beschikbaar om de brand in stand te houden én zijn de rookluiken in staat om voldoende zuurstof aan te voeren om de brand in stand te houden.*

Figuur B3.1 toont hiermee aan dat de omvang van het magazijn een zeer bepalende factor is bij de vraag of onbeperkte ontwikkeling plaats kan vinden brand. Figuur B3.1 toont hiermee tevens aan dat aangepaste modellering te rechtvaardigen is.

Als een brand groter wordt stijgt de zuurstofbehoefte. Grotere magazijnen zijn veel langer in staat om een brand van zuurstof te voorzien, vanwege het grotere volume lucht aanwezig. Bij de kleinere magazijnen betekent een grotere zuurstofbehoefte een beperking van de brandsnelheid en de brandduur. De brandduur is afhankelijk van de brandsnelheid en het volume van het compartiment. Voor de kleinere compartimenten (100 to 500 m^2) is een brand van 20 m^2 zuurstofbeperkt. In figuur B3.2 is de stroomsnelheid en brandsnelheid weergegeven. Dit om aan te geven vanaf welke omvang een kleine brand overgaat van een zuurstofbeperkte naar oppervlaktebeperkte brand. (a.g.v. de omvang van het compartiment)



Figuur B3.2. Stroomsnelheid rookluik en brandsnelheid

Figuur B3.2 toont aan dat de ontwikkeling van brand wezenlijk afhankelijk is van de omvang van het compartiment. Aanvullend moet opgemerkt worden dat bij grotere compartimenten meerdere rookluiken aanwezig zijn. Dit zorgt ervoor dat aan- en afvoer van lucht en rookgassen elkaar niet hindert bij de rookluiken.

Bijlage 4: Uitwerking beperkte ventilatievoud

Bepaling ventilatiesnelheid
Het huidige blussysteem is ontworpen conform de UPD en de richtlijnen in de NFPA 11A. Dit betekent dat het rookluik is gedimensioneerd om bij het vullen van de ruimte een maximale luchtstroomsnelheid te hebben van 5 m/s. Op basis van het schuimdebiet (2 x 215 m^3/min) is de ruimte in 1,75 min oftewel 106 seconden gevuld met schuim (er vanuit gaande dat deze nagenoeg leeg is). Dit betekent ook dat binnen dit tijdsbestek dezelfde hoeveelheid lucht uit de ruimte wordt gedrukt door het schuim.

Oppervlakte compartiment	151,05	m^2	(28,5 m x 5,3 m)
Hoogte compartiment	5	m^2	
Volume compartiment	755,25	m^3	(151,05 m^2 x 5 m)
Schuimdebiet	430	m^3/min	
Vultijd compartiment	1,76	min	(755,25 m^3 / 430 m^3/min)
Vultijd compartiment	**105,4**	**sec**	**(1,76 min * 60)**

Op basis van deze gegevens valt te constateren dat het systeem is ontworpen om een *minimale ventilatievoud van 34* maal de inhoud van het compartiment per uur te kunnen verwerken/creëren. (3.600 sec./ 106 sec. = 34 maal de inhoud per uur).

Uitgangspunten rookluik:

- Maximale stroomsnelheid: 5 m/s
- Maximale opening rookluik: 2 m^2
- Maximale uitstroom opening rookluik: 1,5 m^2

De maximale uitstroomopening is bepaald door de leverancier van het rookluik. Op basis van de maximale uitstroom opening wordt een stroomsnelheid van 4,7 m/s berekend door het rookluik, oftewel het rookluik kan de capaciteit aan (max. 5 m/s).

Uitgaande van de ontwerpspecificatie van het systeem (oftewel luchtinlaat door het rookluik), wordt bepaald wat de maximale ventilatie zal zijn. Immers voor het rookluik wordt aangenomen dat deze minstens in staat zal zijn om een windsnelheid van 5 m/s te kunnen doorstaan. Op basis hiervan blijkt dat dit overeen komt met een ventilatie debiet van 7,5 m^3/s (1,5 m^2 x 5 m/s = 7,5 m^3/s). Op basis hiervan blijkt dat een minimale ventilatievoud van 35,7 mogelijk is.

Maximale uitstroom opening rookluik[8]	1,5	m^2	
Maximale stroomsnelheid	5	m/s	
Maximale uitstroomdebiet	7,5	m^3/s	
Maximale uitstroomdebiet per uur	27.000	m^3/uur	(7,5 m^3/s x 3.600 s)
Volume compartiment	755,25	m^3	
Maximale ventilatievoud	**35,7**	**/uur**	(27.000 m^3/uur / 755,25 m^3)

Voor de natuurlijke ventilatie van een ruimte wordt een ventilatievoud van 4 maal per uur aangehouden, vanwege het niet lekdicht zijn van de ruimte. Als dit opgeteld wordt bij het *maximale ventilatievoud dan wordt deze 39,7 oftewel 40* maal de inhoud per uur. De range waarbinnen het daadwerkelijke ventilatievoud zal liggen is tussen de 34 en 40 maal de inhoud per uur.
Ons voorstel is om uit te gaan van de worst-case variant waarbij een ventilatievoud van 40 maal de inhoud per uur wordt gehanteerd.

In hoofdstuk 5 is opgenomen welke worst-case aannames zijn gehanteerd bij de bepaling van het ventilatievoud. Aanvullend is in de hierop volgende paragraaf de berekening gegeven waarbij nog aanvullende veiligheidsmarges zijn gehanteerd.

8 De opening van de schuimmonitoren zijn niet beschouwd als openingen waardoor lucht de ruimte in kan. Deze openingen worden alleen gebruikt voor de toevoer van schuim en zijn normaliter luchtdicht.

Veiligheidsmarge ventilatievoud
Om te voorzien in een veiligheidsmarge, zijn de volgende worst-case aannames gemaakt:

- Een bruto opening van het rookluik[9] (2 m^2) (in plaats van 1,5 m²);
- De uitstroomsnelheid is verdubbeld van de standaard 5 m/s naar 10 m/s.

Deze aannames leiden tot het volgende overzicht:

Maximale uitstroomopening rookluik	2	m^2	Bruto opening rookluik
Maximale stroomsnelheid	10	m/s	2 x 5 m/s
Maximale uitstroomdebiet	20	m^3/s	
Maximale uitstroomdebiet per uur	72.000	m^3/uur	(20 m^3/s x 3.600 s)
Volume compartiment	755,25	m^3	
Maximale ventilatievoud	**95,3**	**/uur**	(72.000 m^3/uur / 755,25 m^3)

Omdat de toevoer van zuurstof door kieren en naden niet uitgesloten is, wordt uitgegaan van een extra zuurstoftoevoer. Hierbij is aangesloten bij de standaard ventilatievoud van 4 maal de inhoud per uur. Samen maakt dit *een ventilatievoud van 99,3 oftewel 100 maal de inhoud per uur.*

Zuurstofbehoefte
Het Chemicaliënmagazijn bevat verschillende stoffen. In bijlage 5 is de gemiddelde samenstelling van de compartimenten C t/m J weergegeven. Het gehalte ADR 3 stoffen is 99%. In de berekening t.b.v. bijlage 3 is derhalve uitgegaan van een maximale brandsnelheid van 0,1 kg/m^2.s. Hierbij is op basis van de stofsamenstelling de zuurstofbehoefte bij een brand vastgesteld, bij een onbeperkte ventilatievoud. (conform de methodiek in de handleiding risicoberekening Bevi, versie 3.2)

Uit bijlage 5 blijkt, per compartiment, dat,de aanwezige zuurstof bij een brandoppervlak van 20 tot 151m^2 voldoende is om respectievelijk 34 tot 5 seconden een brand te voeden. Extra zuurstof zal door de beschikbare openingen (rookluik en kieren bij roldeur) aangevoerd moeten worden. Deze aanvoer moet tegelijk met de afvoer van rookgassen en overtollige lucht plaatsvinden.

Wanneer een brand van 151 m^2 wordt beschouwd levert dit de volgende inzichten op:

- er moet 145 m^3 lucht per seconde worden aangevoerd;
- er moet 278 m^3 rookgas en stikstof worden afgevoerd;

Oftewel deze opening zijn niet voldoende om een brandsnelheid van 0,1 kg/m^2.s met een oppervlakte van 151 m^2 in stand te houden.

Deze berekening is ook uit te voeren voor kleinere brandoppervlakken. Bij een brand met de omvang van 20 m^2 is een stroomsnelheid van 30,8 m/s (windkracht 10) door het rookluik nodig. Dit komt overeen met een ventilatievoud van 261 maal per uur. In de ruimte is derhalve voldoende zuurstof om de brand maximaal 34 seconden in stand te houden.

De brandsnelheid van 0,1 kg/m^2.s en een beperkte ventilatievoud van 40 maal per uur komen overeen met een brandoppervlakte van maximaal 3,05 m^2 (zie bijlage 5 voor berekeningswijze). Branden groter dan dit oppervlak worden beperkt door de beperkte zuurstoftoevoer door het rookluik.

9 Opgemerkt word dat de openingen van de schuimmonitoren zijn gesloten, zodra de schuimtoevoer is gestopt. Deze kunnen dus niet als ventilatieopeningen worden beschouwd.

Bijlage 5: Maximale zuurstofbehoefte

De berekening in deze bijlage is opgesteld voor een brand van 20 m^2. Hierbij is uitgegaan van de gemiddelde structuurformule en een maximale brandsnelheid van 0,1 kg/m^2.s. Wanneer grotere branden worden beschouwd dan zal de brandduur alleen maar korter worden, in dat opzicht is de huidige beschouwing reeds worst-case. Tevens is de gehanteerde brandsnelheid reeds een worst-case aanname aangezien de opgeslagen geen van allen een dergelijke hoge brandsnelheid hebben.

Stof	**C**	**H**	**O**	**Cl**	**N**	**S**
Samenstelling opslag C-J	9,44	18,88	0,031	0,25	0,90	0,02
Molmassa	12,01	1,008	16	35,45	14,01	32,1

Berekende molmassa opgeslagen stof	154,99	g/mol	
Daadwerkelijke molmassa opgeslagen stof*	168,9	g/mol	**aangepast voor overig moleculen*
Omzetting N naar NO_2	0,1		
Zuurstofbehoefte	**14,19**	mol O2 / mol product	

Oppervlakte compartiment	151	m^2	
Maximale uitstroomopening rookluik	1,5	m^2	
Volume compartiment	755	m^3	
Maximale brandsnelheid	0,1	kg/m^2.s	*Onbeperkte ventilatievoud*
Verbrandingssnelheid	2	kg/s	(20 m^2 * 0,1 kg/m^2.s)
Molmassa opgeslagen stoffen*	168,9	g/mol	*Uitgaande van de samenstelling in opslag C-J*
Verbrandingssnelheid"	13	mol/s	(2 kg/s * 1.000 / 168,9 g/mol)
Gevormd rookgas /mol opgeslagen product	19,54	mol rookgas / mol opgeslagen stof (obv vorming CO_2, H_2O etc)	
Gevormd rookgas bij verbanding	252	mol/s	(13 mol/s * 19,54 mol/mol)
Molair volume ideaal gas	22,4	l/mol	*Uitgaande van ideale gassen bij standaard condities*
Debiet rookgas het compartiment uit	5,6	m^3/s	(13 mol/s * 22,4 l/mol /1000 l/m^3)
Aangenomen wordt dat het rookgas 50C is (323 K) en de druk gelijk blijft.			
Het volume wordt gecorrigeerd voor de hogere temperatuur,			
Debiet rookgassen het compartiment uit	**6,7**	**m^3/s**	(323 K/273 K * 5,6 m^3/s)
Stroomsnelheid rookgassen door rookluik	4,45	m/s	(6,7 m^3/s / 1,5 m^2)
Benodigde hoeveelheid zuurstof	183,1	mol O_2/s	(13 mol/s * 14,2 mol O_2/mol product)
Bij 20% zuurstof in lucht	**22**	**m^3 lucht/s**	(183,1 mol/s / 0,2 * 24 l/mol / 1.000 l/m^3)
Stroomsnelheid lucht compartiment in:	14,6	m/s	(22 m^3/s / 1,5 m^2)
Maximale hoeveelheid O_2 in compartiment	151	m^3 O_2	(755 m^3 * 0,2)
Aantal mol O_2	6.292	mol O_2	(151 m^3 * 1.000 l/m^3 / 24 l/mol)
Voldoende O_2 voor	34	s	(6.292 mol O_2 / 183,1 mol O_2/s)
Debiet N_2 het compartiment uit:	**17,6**	**m^3/s**	(0,8 * 22 m^3 lucht/s)
Totaal te verplaatsen volume:	46,2	m^3/s	(6,7 m^3/s + 22 m^3/s + 17,6 m^3/s)
Totale stroomsnelheid door rookluik	**30,8**	**m/s**	(46,4 m^3/s / 1,5 m^2)
Benodigde ventilatievoud:	**220**	**/uur**	

Opgemerkt wordt dat de daadwerkelijke inhoud van de ruimte kleiner is ,omdat deze normaliter emballage bevat. Dit is niet beschouwd omdat het rekenprogramma Safeti-nl dit niet verdisconteerd in de berekening, De ventilatievoud wordt omgezet naar een zuurstoftoevoer van een x aantal kg O_2/ seconde. De daadwerkelijk voorradige lucht is dus lager dan de 755 m^3 welke in het model wordt gehanteerd.

Op basis van de eerste berekening is al gebleken dat een brand van 20 m^2 met een onbeperkte brandsnelheid slechts 34 sec brand in het magazijn van Sachem. Hierbij ontstaat een hoeveelheid rookgas (minstens 6,7 m^3/sec), als gevolg hiervan zal de toevoer van lucht door het rookluik nagenoeg wordt afgesneden (deze is ook tegengesteld aan het uitstromend rookgas). Op basis van een toevoer van lucht van < 1 m^3/sec resteert een brandsnelheid van 0,1 kg/s nadat de zuurstof in de ruimte is verbruikt.
In de tussentijd zal ook de ruimte gevuld worden met schuim, oftewel de gasinhoud van de ruimte stroomt met 7,5 m^3/sec uit de ruimte, het is daarom aannemelijk dat de toevoer van zuurstof beperkt is.

Tevens is uitgerekend wat de brandsnelheid wordt indien de toevoer van zuurstof beperkt is als gevolg van de afvoer van rookgas bepalend is voor de brandsnelheid. Uitgaande van een uitgaande luchtsnelheid van maximaal 5 m/s wordt een brandsnelheid van 0,3 kg/s berekend in plaats van 2 kg/s bij een onbeperkte brand.

Brandsnelheid, als gevolg van zuurstof beperking

Maximale stroomsnelheid door rookluik	5	m/s
Totaal te verplaatsen volume:	7,5	m^3/s
Maximale ventilatievoud	14,7	/uur < = functie van de maximale stroomsnelheid van 5 m/s
Toegevoerde zuurstof	0,62	m^3 O_2/s
	27,55	mol O_2/s
brandsnelheid [alleen ventilatie]	**0,32**	**kg/s**
Verbrandingssnelheid"	1,94	mol/s
Gevormd product /mol opgeslagen product	19,24	mol rookgas / mol opgeslagen stof
Uitgaande van ideale gassen		
Gevormd rookgas bij verbanding	37	mol/s
Molair volume lucht	24	m^3/kmol
standaard condities		
Debiet rookgassen het compartiment uit	0,90	m^3/s
Aanname 50 ^oC = 323 K		
Debiet rookgassen het compartiment uit	1,06	m^3/s
aantal rookluiken	1	
Maximale uitstroomopening rookluik	1,5	m^2
Stroomsnelheid rookgassen door rookluik	0,8	m/s
benodigde hoeveelheid zuurstof	27,6	mol O_2/s
Bij 20% zuurstof in lucht	3,3	m^3 lucht/s
standaard condities		
stroomsnelheid lucht compartiment in:	2,2	m/s
Debiet N_2 uit:	2,6	m^3/s
Debiet N_2 *(temp = 50 ^oC)*	3,1	m^3/s
zuurstof in de ruimte aanwezig	130,2	m^3 O_2 Volume ruimte minus opgeslagen product (ong. 21 m^3)
	5425	mol O_2
Voldoende zuurstof voor	197	s

Te zien is dat de brandduur toeneemt en dat de stroomsnelheid door het rookluik daalt zodra gerekend wordt met een beperkte brandsnelheid. Bij de berekening in bijlage 3 is uitgegaan van de specifieke brandsnelheid (o.b.v. zuurstoftoevoer) op het moment dat deze lager is dan de maximale brandsnelheid. Hierbij is gevarieerd in het oppervlakte/volume van het compartiment met als uitgangspunt dat het aantal rookluiken recht evenredig toeneemt met het volume van het compartiment.

save is een onderdeel van oranjewoud

Bijlage 6: Motivatie beperkte brandduur

Bij de meting van de luchtdichtheid is tevens geconstateerd dat, als aanvullende veiligheid, de ventilatie binnen het totale magazijn (en buiten de compartimenten) verminderd kan worden indien de toegang naar buiten (op figuur 1 aangegeven met een blauwe pijl) bij een calamiteit 'gasdicht' wordt afgesloten. Dit is een extra veiligheid, deze is niet verder beschouwd, wanneer we spreken over de kans op falen van het systeem. Omdat deze aanpassing in het aantal scenario's niet conform de methodiek is. Het is echter wel van belang om deze extra veiligheid in ogenschouw te nemen, wanneer de afweging wordt gemaakt over de kans van falen van het gehele systeem.

In bijlage 5 is gemotiveerd dat de brandduur bij kleine branden van 20 m^2 tussen de 34 en 200 sec ligt. Voor branden van een grotere omvang zal dit nog verder dalen omdat de zuurstofbehoefte toeneemt en de afvoer van rookgas de toevoer van zuurstof zal hinderen. Op basis van het gegeven dat de brand bij een gesloten rookluik slechts een halve minuut zal woeden en bij een openstaand rookluik in het geval van een kleine brand ongeveer 3,3 minuut. Hierbij is het vullen van de ruimte met schuim buiten beschouwing gelaten, dit gebeurt in 1,76 minuten. Omdat de ruimte gevuld wordt met schuim, wordt de zuurstoftoevoer door het rookluik gehinderd. Op basis hiervan valt te concluderen dat de brandduur niet veel langer dan 34 seconden zal bedragen. De specifieke brandduur is afhankelijk van verschillende factoren de beschikbare zuurstof (toevoer, volume compartiment en ingrijpen blussysteem) en de opgeslagen stoffen. Op basis hiervan wordt voorgesteld om dit te koppelen aan een vaste waarde namelijk de grenswaarde gesteld in de NFPA (zie onderstaand).

Omgang met standaard brandduur van 10 minuten / 30 minuten
In de standaard methodiek is een brandduur van 10 minuten voorgeschreven voor alle brandoppervlakte, behalve de grootste van 151 m^2. De 10 minuten is gebaseerd op het feit dat in de NFPA 11A is opgenomen dat een opslagvoorziening zonder ADR 3 stoffen binnen 8 minuten gevuld moet worden met schuim. Voor opslagvoorzieningen met ADR 3 wordt een vultijd van 3 minuten gegeven. In deze rapportage wordt gemotiveerd dat 3 minuten een logischer tijdsduur is om te hanteren.

Richtlijn NFPA
In het uitgangspuntendocument (UPD) van het Chemicaliënmagazijn zijn de eisen voor het Hi-Ex-Outside-air blussysteem vastgelegd. Dit is gebeurd conform de NFPA 11A. Omdat in 4 van de 5 compartimenten ADR 3 stoffen worden opgeslagen is het systeem ontworpen om binnen 3 minuten de gehele ruimte te kunnen vullen met schuim. Het benodigde schuimdebiet voor het Chemicaliënmagazijn is 347 m^3/min. Hierbij is gecorrigeerd voor lekverliezen en krimpverliezen van het schuim. **Op basis hiervan is een brandduur langer dan 3 minuten als een worst-case aanname te beschouwen.**

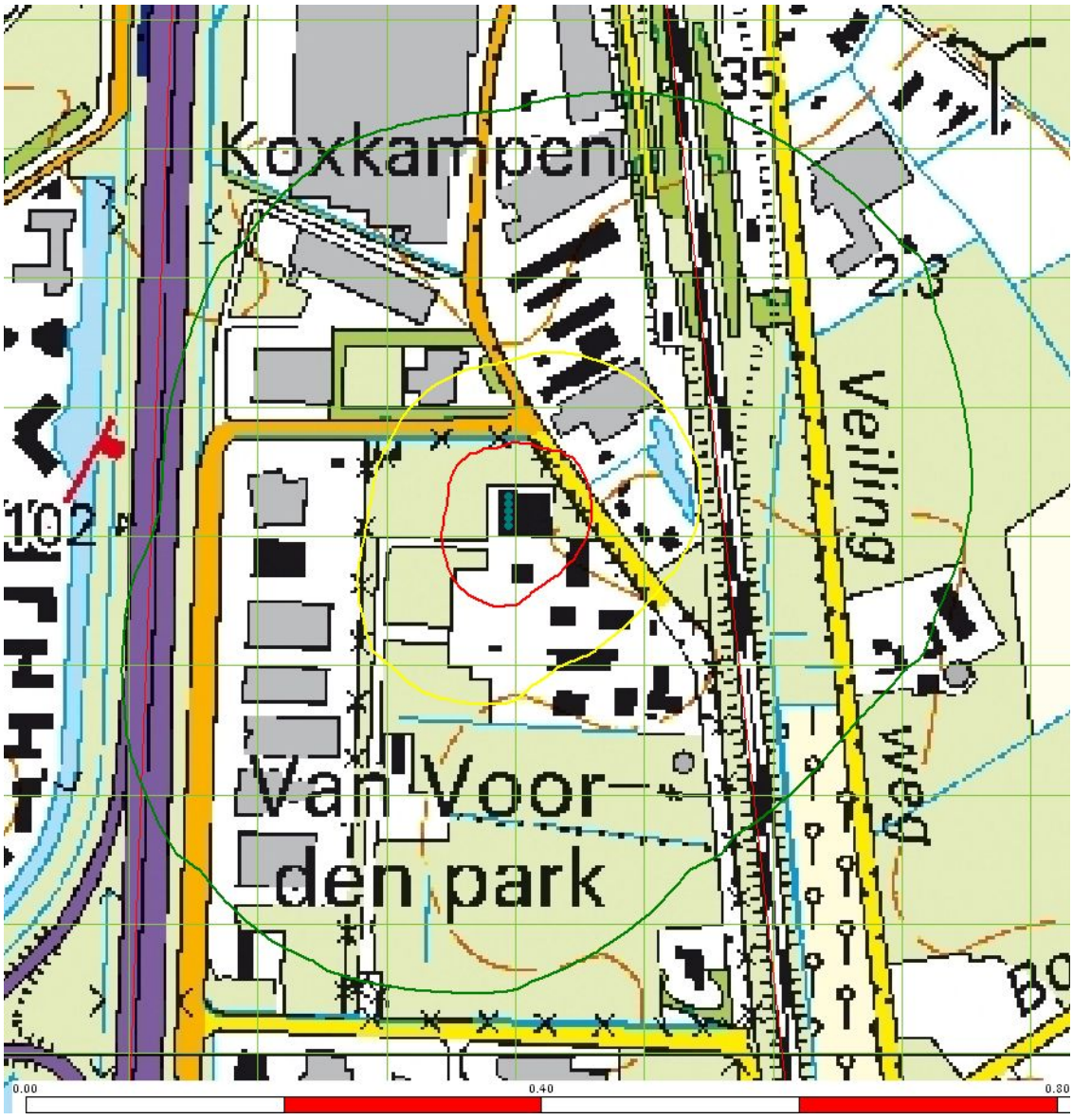
Bij de brand met een omvang van 151 m^2 wordt voorgesteld een maximale brandduur van 30 minuten te hanteren. Hiervoor wordt gekozen omdat dit scenario het algeheel falen van het brandbestrijdingssysteem beschrijft. In hoeverre een brandduur van 30 minuten in stand kan worden gehouden door de beperkte zuurstofaanvoer door het rookluik is buiten beschouwing gelaten.

Tabel B6.1. Voorgestelde werkwijze voor het modelleren van de beperkte brandduur.

Brandbestrijdingssysteem		**Kans op brand van een bepaalde omvang**			
	Ventilatie-voud	20 m^2	50 m^2	100 m^2	151 m^2
Standaard methodiek					
Automatische hi-ex Outside-air installatie	∞	89%	9%	1%	1%
Bijbehorende brandduur [min]		*10*	*10*	*10*	*30*
Voorgestelde werkwijze					
Automatische hi-ex Outside-air installatie	∞	89%	9%	1%	1%
Bijbehorende brandduur [min]		*3*	*3*	*3*	*3*

Bijlage 7: Risicocontour voorgestelde werkwijze

In deze bijlage is het resultaten van de risicoberekening weergegeven voor de voorgestelde bereke-ningwijze.



Figuur B7.1 PR contour Chemicaliënmagazijn met een ventilatievoud van 100 maal per uur en een brandduur van 3 minuten. De rode-contour betreft de grenswaarde 10^{-6}.