



Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

www.mep.tno.nl

T 055 549 34 93

F 055 549 32 01

info@mep.tno.nl

TNO-rapport

R 2004/104

**Veiligheidsstudie spoorzone
Dordrecht/Zwijndrecht**

Datum	maart 2004
Auteurs	Ir. T. Wiersma Ir. M. Molag Ir.Drs. K.E. Jap A Joe, MTD Ir. S.I. Suddle (TU Delft)
Projectnummer	34425
Trefwoorden	Externe veiligheid Transportveiligheid Toetsingskader Zelfredzaamheid Beheersbaarheid
Bestemd voor	College van B&W gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2004 TNO

Samenvatting

1. *Aanleiding*

In de gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht worden bestemmingsplannen voor nieuwe bebouwing (en handhaving van de bestaande bebouwing) in de zone aan weerszijden van het spoor ontwikkeld. Hierbij wordt onder andere aan randvoorwaarden op het gebied van milieu en veiligheid getoetst. In eerdere uitgevoerde risicoanalyses is al vastgesteld dat ten gevolge van het grote aantal transporten van gevaarlijke stoffen over het spoor er in Zwijndrecht en Dordrecht knelpunten ontstaan ten opzichte van de richtlijnen voor de externe veiligheid. Bij een calamiteit kunnen het aantal slachtoffers en de materiele schade erg groot zijn. Reden om ook de rampenbestrijding in de afweging mee te nemen.

Deze hoge externe veiligheidsrisico's zijn voor de gemeentebesturen van Dordrecht en Zwijndrecht aanleiding geweest om de verdere uitwerking van een 15-tal bestemmingsplannen te bevriezen totdat nader inzicht is verkregen hoe deze hoge externe veiligheidsrisico's beheerst kunnen worden. Om deze reden is het project "Veiligheidsstudie Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht" gestart, met behulp waarvan de gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht op lokaal niveau een afweging willen kunnen maken tussen veiligheid in relatie tot transport versus economische ontwikkeling en ruimtelijke kwaliteit.

De veiligheidsstudie Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht is tevens een landelijk pilot project, waarin naast de betrokken gemeenten geparticipeerd werd door de provincie Zuid-Holland en de ministeries van VROM, V&W en BZK. De insteek hierbij is dat het ontwikkelde toetsingskader ook op andere plaatsen kan worden toegepast.

2. *Doelstelling en opzet Veiligheidsstudie*

De doelstelling van het project is "het vinden van concrete antwoorden op de vraag welke projecten binnen de spoorzone onder welke (veiligheids)condities wel of geen doorgang kunnen vinden in Dordrecht en Zwijndrecht."

Het resultaat van de veiligheidsstudie bestaat uit vier delen:

1. Het toetsingskader Externe Veiligheid.
2. Een analyse van de externe veiligheid in de spoorzone.
3. Een inventarisatie van risicoreducerende maatregelen.
4. De procedurele inbedding van het toetsingskader.

Met behulp van het toetsingskader wordt de externe veiligheidssituatie van een bestemmingsplan beoordeeld. Deze beoordeling geeft het benodigde inzicht in de veiligheidssituatie.

De analyse van de externe veiligheidssituatie (deel 2) geeft de inhoudelijke input voor het toetsingskader. Deze analyse gekoppeld aan de risicoreducerende maatregelen (deel 3) geeft aan wat de beperkingen en mogelijkheden voor ruimtelijke

ontwikkeling langs de spoorzone zijn. Tenslotte wordt ingegaan op de procedurele inbedding van het toetsingskader. De delen 1 en 4 zijn beschreven in het rapport “Toetsingskader Externe Veiligheid Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht”. De delen 2 en 3 zijn opgenomen in voorliggend rapport (“Veiligheidsstudie Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht”).

3. *Het toetsingskader Externe Veiligheid (deel 1)*

Het toetsingskader externe veiligheid kent drie hoofdelementen:

- De criteria waarop de externe veiligheidsrisico’s in een bestemmingsplan kunnen worden getoetst.
- Een overzicht van de maatregelen en voorwaarden die bij het ontwikkelen van een bestemmingsplan kunnen worden opgenomen en welke actor verantwoordelijk is voor desbetreffende maatregelen.
- De procedurele inbedding in het bestuurlijk proces voor het opstellen en goedkeuren van een bestemmingsplan.

In het toetsingskader Externe Veiligheid worden de volgende vijf criteria gehanteerd:

- Plaatsgebonden risico is de kans per jaar dat een persoon dodelijk wordt getroffen door een ongeval tijdens het railtransport van gevaarlijke stoffen indien deze zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt.
- Groepsrisico is de cumulatieve kans per jaar dat in één keer een groep van een bepaalde grootte dodelijk getroffen wordt door een ongeval. Voor het groepsrisico wordt een oriënterende waarde gehanteerd.
- Zelfredzaamheid geeft aan in welke mate de aanwezigen (bewoners, werknemers, bezoekers) in staat zijn om zich op eigen kracht in veiligheid te brengen.
- Beheersbaarheid richt zich op de mogelijkheden van de hulpverleningsdiensten en in hoeverre zij in staat zijn om hun taken goed uit te voeren en daarmee verdere ontwikkeling van het schadebeeld kunnen voorkomen.
- Resteffect geeft een inschatting van het aantal doden, gewonden en materiele schade die bij een aantal representatieve scenario’s op de beschouwde locatie optreedt.

Uitgangspunt is dat in de afweging en beoordeling van bestemmingsplannen alle vijf criteria worden beschouwd, ook als er geen knelpunten zijn ten aanzien van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Dit gaat verder dan in de huidige externe veiligheidstoetsing, waar zelfredzaamheid en beheersbaarheid alleen in de motivering bij overschrijding van de oriënterende waarde naar voren komen.

4. *Veiligheidsanalyse Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht (deel 2)*

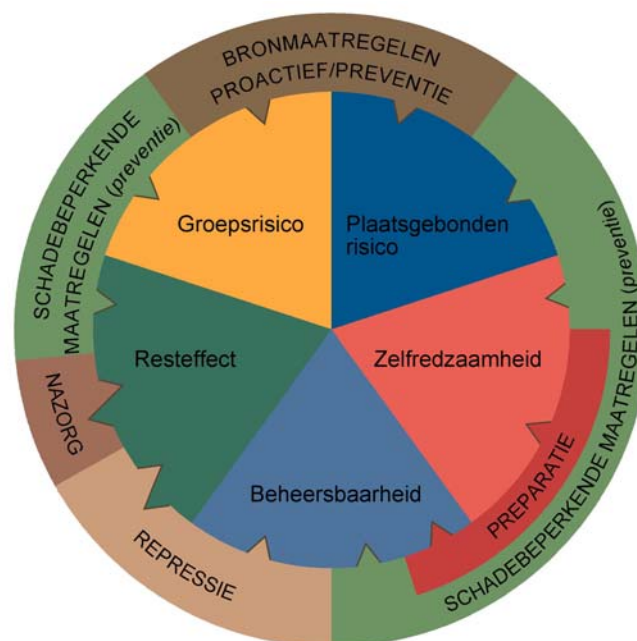
De veiligheidsanalyse bestaat uit een scenarioanalyse en een kwantitatieve risicoanalyse.

Een *scenarioanalyse* beschrijft de relevante scenario's met betrekking tot de externe veiligheid in relatie met transport van gevaarlijke stoffen over spoor. Met name de ontwikkeling van de schade bij de scenario's in de tijd wordt beschreven. In de *kwantitatieve risicoanalyse* zijn de kansen en de effecten van een groot aantal scenario's meegenomen. In de kwantitatieve risicoanalyse worden het plaatsgebonden risico en het groepsrisico berekend, twee van de criteria uit het toetsingskader. Uit de berekeningen blijkt dat het plaatsgebonden risico over het algemeen geen knelpunten oplevert voor toekomstige ontwikkelingen.

Uit de groepsrisicoberekeningen blijkt dat in verschillende kilometervakken in de huidige situatie reeds sprake is van overschrijdingen van de oriënterende waarde van het groepsrisico: in Zwijndrecht wordt op twee km-vakken de oriënterende waarde met een factor 9 resp. 3 en in Dordrecht wordt op 4 km-vakken de oriënterende waarde overschreden, variërend van een overschrijding met een factor 2 tot een overschrijding met een factor 19. Door reeds in gang gezette en goedgekeurde stedelijke uitbreidingsplannen, zal dit in de toekomst op verschillende plaatsen verder toenemen (7 km-vakken met een overschrijding in Dordrecht).

5. Risicoreducerende maatregelen (deel 3)

De uitwerking in de scenarioanalyse geeft de aangrijpingspunten voor risicoreducerende maatregelen. De studie bevat een uitgebreid overzicht van mogelijke risicoreducerende maatregelen waarbij voor de maatregelen is aangegeven welk effect deze hebben op elk van de vijf beoordelingscriteria van het toetsingskader. In onderstaand schema is aangegeven welke maatregelen uit de verschillende schakels van de veiligheidsketen de score op de veiligheidscriteria positief kunnen beïnvloeden.



Bronmaatregelen zijn het meest effectief voor verbetering (= verlaging) van het groepsrisico en het plaatsgebonden risico. De mogelijkheden voor het treffen van bronmaatregelen liggen echter niet bij de gemeente maar de rijksoverheid, de infrastructuurbeheerder en vervoerders.

Schadebeperkende maatregelen hebben op alle vijf criteria een positief effect. De invloed op het groepsrisico en de zelfredzaamheid is echter beperkt. Schadebeperkende, bouwkundige en constructieve maatregelen kunnen over het algemeen wel binnen een bestemmingsplan worden vastgelegd. Deze maatregelen vallen daarmee binnen de beslisbevoegdheid van de gemeente en kunnen op korte termijn worden gerealiseerd.

Preventieve en repressieve maatregelen liggen eveneens binnen de bevoegdheid van de gemeente en kunnen ook op korte termijn worden gerealiseerd. Deze maatregelen zijn echter niet gekoppeld aan het bestemmingsplan en zullen op andere wijze in het gemeentelijke veiligheidsbeleid moeten worden vastgelegd.

Keuze van maatregelen

Het vaststellen van het benodigde maatregelenpakket en randvoorwaarden bij een bestemmingsplan is maatwerk. Per plan kan een selectie worden gemaakt uit de maatregelen die in het overzicht van maatregelen zijn opgenomen. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de procedurele inbedding van het toetsingskader en wanneer welke maatregelen en actoren in beeld komen bij de toepassing van het toetsingskader.

6. Procedurele inbedding van het toetsingskader (deel 4)

Het toetsingskader kan worden gebruikt om in een zeer vroeg stadium aandacht voor Externe Veiligheid in te brengen bij het ontwikkelen van een bestemmingsplan. De gemeente is daarbij afhankelijk van andere actoren om EV-maatregelen te effectueren, zoals bijvoorbeeld infrastructuurbeheerders, rijksoverheid en projectontwikkelaars. Een goede afstemming van externe veiligheid en ruimtelijk beleid is noodzaak en kan alleen worden bereikt als er sprake is van intensief overleg en waar mogelijk samenwerking tussen de verschillende overheidslagen en belanghebbenden zoals de beheerder van de railinfrastructuur en bedrijven. Het toetsingskader Externe Veiligheid stelt daarom de onderstaande stappen voor:

Stap	Omschrijving	Betrokken partijen en eindverantwoordelijke
1	Referentiekader: Bepaling en vaststellen veiligheids-situatie op de 5 criteria op locatie zonder bestem-mingsplan	Gemeente
2	Het geven van veiligheidsrichtlijnen en randvoorwaar-den aan de bestemmingsplanontwikkelaar t.a.v. te beschouwen veiligheidsmaatregelen	Gemeente
3	Opstellen ontwerpbestemmingsplan inclusief voorge-stelde veiligheidsmaatregelen + varianten	Planontwikkelaar Gemeente Beheerder spoor Rijksoverheid, PPC Provincie
4	Veiligheidsanalyse ontwerp bestemmingsplan + varian-ten op de 5 criteria, EV-toets, voorleggen aan PPC	Gemeente PPC ¹
5	Beoordeling en afweging verschillende veiligheidsvari-anten bestemmingsplan inclusief motivatie waarom veiligheidsbestemmingsplan aanvaardbaar is	Gemeente
6	Goedkeuring bestemmingsplan	Provincie
7	Definitief vaststellen bestemmingsplan, veiligheids-maatregelen (committent, verantwoordelijkheid, termijnen)	Gemeente Rijksoverheid Provincie

Voor een drietal bestemmingsplannen zijn de stappen 1, 2 en 4 (met uitzondering van het overleg met de PPC) uitgevoerd. Voor deze stappen kan worden geconclu-deerd dat het toetsingskader het benodigde inzicht in de veiligheidssituatie en ont-wikkelingsmogelijkheden biedt.

¹ PPC: Provinciale planologische commissie, adviesorgaan bestemmingsplannen: hierin zijn de partijen vanuit de Rijksoverheid vertegenwoordigd

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1. Inleiding.....	6
2. Werkwijze.....	6
2.1 Inleiding.....	6
2.2 Vereisten vanuit wetgeving en beleid.....	6
2.3 Gebruikte methoden.....	6
3. Beschrijving huidige en toekomstige situatie.....	6
3.1 Het studiegebied.....	6
3.2 Stations en spoorinfrastructuur.....	6
3.2.1 Stations.....	6
3.2.2 Overwegen.....	6
3.2.3 ATB en Hotboxdetectie.....	6
3.3 Transport gevaarlijke stoffen.....	6
3.4 Aantal aanwezigen.....	6
4. Betrokken instanties en organisaties.....	6
4.1 Spoorse betrokkenen.....	6
4.1.1 Prorail-Railned.....	6
4.1.2 Prorail-Railinfrabeheer.....	6
4.1.3 Prorail-Railverkeersleiding.....	6
4.1.4 Vervoerders.....	6
4.1.5 NS Stations.....	6
4.1.6 Nedtrain.....	6
4.1.7 De Calamiteitenorganisatie Rail.....	6
4.2 Hulpverleningsdiensten.....	6
5. Scenarioanalyse.....	6
5.1 Methodiek.....	6
5.2 Identificatie van scenario's.....	6
5.3 Selectie van scenario's.....	6
5.4 Uitwerking van de geselecteerde scenario's.....	6
5.4.1 Bronmaatregelen.....	6
5.4.2 Aanloophase voor het vrijkomen van gevaarlijke stoffen.....	6
5.4.3 Detectie en melding.....	6
5.4.4 Zelfredzaamheid.....	6
5.4.5 Incidentbestrijding en hulpverlening.....	6
5.4.6 Schadeontwikkeling bij vrijkomen brandbare vloeistoffen.....	6

5.4.7	Schadeontwikkeling bij vrijkomen toxische vloeistoffen.....	6
5.4.8	Schadeontwikkeling bij vrijkomen brandbare gassen	6
5.4.9	Schadeontwikkeling bij vrijkomen toxische gassen	6
5.5	Samenvatting scenarioanalyse	6
6.	Kwantitatieve risicoanalyse	6
6.1	Werkwijze.....	6
6.2	Plaatsgebonden risico	6
6.3	Groepsrisico	6
6.3.1	Zwijndrecht	6
6.3.2	Dordrecht.....	6
7.	Overzicht risicoreducerende maatregelen	6
7.1	Inleiding.....	6
7.2	Routing	6
7.3	Railinfrastructuur.....	6
7.4	Exploitatie, onderhoud en trein/wagon materieel	6
7.5	Bouwkundige en constructieve maatregelen	6
7.6	Stedebouwkundige maatregelen en ontwikkelingsvarianten	6
7.7	Zelfredzaamheid en hulpverlening	6
7.8	Samenvatting effectiviteit maatregelen	6
8.	Toepassing van het toetsingskader op drie bestemmingsplannen (voorbeelduitwerkingen).....	6
8.1	Inleiding.....	6
8.2	Ufkesterrein	6
8.3	Onderdijkserijweg	6
8.4	Spoorzone Dordrecht	6
9.	Aanbevelingen	6
10.	Referenties	6
11.	Verantwoording	6
Bijlagen		
Bijlage 1	Bouwkundige en constructieve maatregelen	
Bijlage 2	Effects berekeningen voor representatieve scenario's	
Bijlage 3	Overzicht van de gebruikte bevolkingsgegevens	
Bijlage 4	Gebruikte weersgegevens voor de kwantitatieve risicoanalyse	

1. Inleiding

De gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht zien, mede vanuit hun economisch en stedelijk ontwikkelingsbeleid, mogelijkheden voor nieuwe bebouwing (en handhaving van de bestaande bebouwing) in de zone aan weerszijden van het spoor [zie bestemmingsplannen, 1]. Uit eerder uitgevoerde risicoberekeningen [2], blijkt echter dat op deze locaties de oriënterende waarde van het groepsrisico op dit moment al wordt overschreden als gevolg van vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. Dit kan de mogelijkheden voor (nieuwe) bebouwing langs het spoor sterk beperken. Bij een calamiteit kunnen het aantal slachtoffers en de materiele schade zeer groot zijn.

Tegen deze achtergrond is door de gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht de veiligheid in de spoorzone ter discussie gesteld en is een projectopdracht “Veiligheidsstudie spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht” [3] opgesteld. Doelstelling van dit projectplan is:

Het vinden van concrete antwoorden op de vraag welke projecten binnen de spoorzone onder welke condities wel of geen doorgang kunnen vinden in Dordrecht en Zwijndrecht.

Uit diverse andere risicoanalyses met betrekking tot externe veiligheid, welke door TNO zijn uitgevoerd voor de Nieuwe Sleutel Projecten Amsterdam Zuidas, Breda, en Arnhem, is al eerder gebleken dat bij intensieve bebouwingen in de buurt van het spoor, zoals voorgesteld in de NSP, de oriënterende waarde van het groepsrisico wordt overschreden. Mede om deze reden is door het coördinerend ministerie op het gebied van de externe veiligheid de interdepartementale taskforce Knelpunten Investeringsprojecten bij Infrastructuur en Externe Veiligheid (KIEV) ingesteld. Naast het ministerie van VROM participeren in KIEV de ministeries van V&W en BZK. Per Nieuw Sleutel Project (NSP) en voor de spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht is een KIEV werkgroep ingesteld. Deze werkgroepen hebben de doelstelling om gemeenschappelijk tot oplossingen voor externe veiligheid te komen in samenhang met geluid, lucht en vrijwaringzones. Hierbij is de aanpak voor de spoorzone in Dordrecht/Zwijndrecht tot landelijke pilot benoemd. Het project is daarom begeleid door een stuurgroep en een projectgroep, met naast de vertegenwoordigers uit de steden Dordrecht en Zwijndrecht, vertegenwoordigers van de provincie Zuid-Holland en de ministeries van VROM, V&W en BZK.

Gezien de complexiteit van de problematiek zal het project “Veiligheidsstudie spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht” uitgevoerd worden door een consortium van TNO en de TUD. In dit consortium zijn opgenomen:

- TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie te Apeldoorn: voor de veiligheidsstudie en risicoberekeningen;

- TNO Strategie, Technologie en Beleid te Delft: procesmatige en maatschappelijk - economische aspecten;
- TNO Bouw en de TUD: zullen bijdragen aan het genereren van (stede)-bouwkundige oplossingen voor het knelpunt en gerelateerde risico-berekeningen.

De werkwijze die tijdens het project is gevolgd, is beschreven in hoofdstuk 2. Het project heeft in feite geleid tot drie deelproducten:

1. Het toetsingskader Externe Veiligheid.
2. Een analyse van de externe veiligheid in de spoorzone.
3. Een inventarisatie van risicoreducerende maatregelen.

Aangezien het toetsingskader Externe Veiligheid een product is dat ook buiten de Dordrecht en Zwijndrecht toegepast kan worden voor het beoordelen van de externe veiligheidssituatie, is de beschrijving van het toetsingskader opgenomen in een afzonderlijke rapportage. In het voorliggende rapport wordt in hoofdstuk 2 wel aangegeven hoe het toetsingskader tot stand is gekomen. Tevens is in dit rapport in hoofdstuk de toepassing van het toetsingskader voor drie bestemmingsplannen beschreven.

De analyse van de externe veiligheid in de spoorzone is beschreven in de hoofdstukken 3, 4, 5 en 6:

- In Hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van de huidige situatie op en rondom het spoor in Zwijndrecht en Dordrecht. Tevens wordt een schets gegeven van een toekomstige situatie (qua vervoersgegevens en bevolkingsgegevens).
- In hoofdstuk 4 worden de rol en taken van de verschillende betrokken partijen bij het vervoer over het spoor en het optreden van incidenten daarbij in het bijzonder, besproken.
- In de scenarioanalyse zijn de relevante scenario's met betrekking tot de externe veiligheid in relatie met transport van gevaarlijke stoffen over spoor, beschreven. In deze uitwerking is met name de ontwikkeling van de schade bij de scenario's in de tijd beschreven en is aangegeven wat de mogelijkheden voor zelfredzaamheid en hulpverlening zijn. De scenarioanalyse is opgenomen in hoofdstuk 5.
- In de kwantitatieve risicoanalyse zijn de kansen en de effecten van een groot aantal scenario's meegenomen. In de kwantitatieve risicoanalyse worden het plaatsgebonden risico en het groepsrisico berekend, twee van de criteria uit het toetsingskader. De resultaten van de kwantitatieve risicoanalyse zijn gegeven in hoofdstuk 6.

In hoofdstuk 7 wordt een overzicht gegeven van de verschillende risicoreducerende maatregelen, die aan de hand van de scenario's zijn geïdentificeerd. De bouwkundige en constructieve maatregelen worden met name uitgewerkt in bijlage 1. Ste-

denbouwkundige maatregelen en mogelijke stedelijke ontwikkelingsvarianten worden eveneens behandeld in hoofdstuk 7.

Het toetsingskader wordt in hoofdstuk 8 3-tal bestemmingsplannen het toetsingskader toegepast.

In hoofdstuk 9 worden tenslotte enkele aanbevelingen gegeven gericht op verdere verbetering van het toetsingskader en de bruikbaarheid hiervan.

2. Werkwijze

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de gevolgde werkwijze binnen de veiligheidsstudie besproken. Als eerste (paragraaf 2.2) is een beknopt overzicht opgesteld van de vereisten die aan een veiligheidsstudie kunnen worden gesteld, op basis van de wet- en regelgeving en het beleid op het gebied van externe veiligheid en transport van gevaarlijke stoffen per spoor. Hieruit kan worden afgeleid uit welke onderdelen de veiligheidsstudie dient te bestaan. In paragraaf 2.3 worden deze verschillende onderdelen benoemd en wordt dieper ingegaan op de werkwijze die ten grondslag heeft gelegen aan het tot stand komen van het toetsingskader.

2.2 Vereisten vanuit wetgeving en beleid

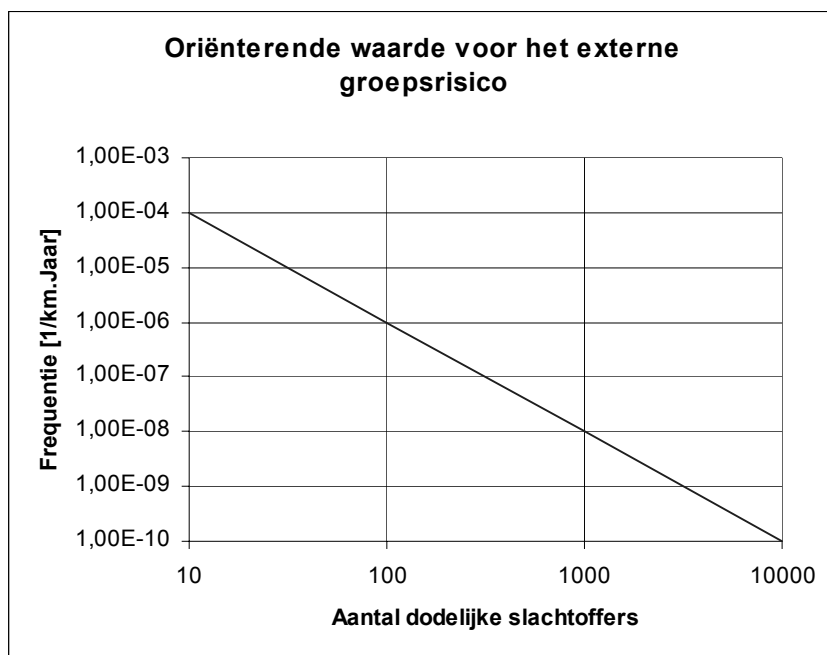
Dit hoofdstuk beschrijft kort het wettelijk kader voor externe veiligheid en vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor, om vervolgens de overstap te maken naar de informatie en/of activiteiten nodig ten behoeve van besluitvorming en om te voldoen aan de wetgeving. Daarmee wordt in een oogopslag duidelijk welke informatie deze veiligheidsstudie zal (moeten) leveren om besluitvorming mogelijk te maken.

Zoals reeds uitgebreid beschreven in eerdere stukken [1, 3, 4] zijn wat betreft externe veiligheid en transport van gevaarlijke stoffen in de huidige regelgeving voornamelijk van belang:

- de norm voor het plaatsgebonden risico voor kwetsbare objecten (10^{-6} per jaar)¹. Binnen deze 10^{-6} PR contour mogen zich geen kwetsbare objecten (b.v. woningen, scholen, ziekenhuizen) bevinden;
- de oriënterende waarde voor het groepsrisico (zie Figuur 1).

Deze normen staan beschreven in de ‘Handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen’ [8], welke een uitwerking is van de Nota Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen [9].

¹ De provincie Zuid-Holland maakt wat betreft het plaatsgebonden risico geen onderscheid tussen nieuwe en bestaande situaties [1].



Figuur 1 De oriënterende waarde voor het groepsrisico per kilometertraject per jaar.

De ‘Handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen’ schrijft voor dat zowel het plaatsgebonden risico, als het groepsrisico bepaald moeten worden. De oriënterende waarde voor het groepsrisico mag pas na een expliciete maatschappelijke belangenafweging gemotiveerd worden overschreden. Dit houdt in dat eerst aangetoond moet worden dat:

- a) alle maatregelen zijn genomen om het risico te beperken (ALARA) en
 - b) er geen alternatieven mogelijk zijn die wel een acceptabel groepsrisico hebben.
- Pas daarna is expliciete maatschappelijke belangenafweging mogelijk, wat natuurlijk communicatie met belanghebbenden vereist.

Naast de nota RNGVS is ook ander beleid (al dan niet vastgelegd in wetgeving) wat betrekking heeft op het vervoer van gevaarlijke stoffen en externe veiligheid (zie ook Tabel 1):

- Het *NMP4* (betrekking hebbende op stationair installaties) komt in grote lijnen overeen met het RNGVS. Wel wordt meer nadruk gelegd op brongerichte- en effectgerichte maatregelen (ALARA).
- De *Wet rampen en zware ongevallen*, vereist dat alle gemeenten een rampenplan opstellen en voor bepaalde rampsituaties een rampenbestrijdingsplan. In deze plannen worden de taken en organisatorische maatregelen beschreven en is vastgelegd hoe de communicatie tussen hulpverleners en naar het publiek toe dient te verlopen. Dit vereist een scenarioanalyse, waarbij brongerichte- en effectgerichte maatregelen geïdentificeerd worden.
- De provincie Zuid-Holland heeft de *CHAMP-benadering* ontwikkeld, als uitwerking van de motivatieplicht (= expliciete maatschappelijke belangenafwe-

ging) die geldt voor het groepsrisico. CHAMP staat voor: Communicatie – of informatieplicht, Horizonplicht, Anticipatieplicht, Motivatieplicht, Preparatieplicht. Deze benadering, die uitgebreid beschreven staat in de Spoorbundel [1], vraagt expliciet om het uitwerken van scenario's.

- De *Leidraad Maatramp* en de *Leidraad Operationele Prestaties* dienen als hulpmiddel bij de voorbereiding van rampbestrijding op regionaal niveau. De *Leidraad Maatramp* brengt de hulpbehoefte per regio in kaart. Met de *Leidraad Operationele Prestaties* kan vervolgens vanuit de hulpbehoefte de inzetbehoefte bepaald worden. Doel van de beide instrumenten is om het eventuele verschil tussen hulpvraag en hulpaanbod in beeld te brengen en aan de hand daarvan maatregelen te treffen om dit verschil te verkleinen. Over een eventueel bestuurlijk geaccepteerd verschil dient met de burgers gecommuniceerd te worden. De richtlijnen uit de *Leidraad Operationele Prestaties* kunnen ook worden gebruikt voor het uitwerken van specifieke ongevalsscenario's.
- De procedure voor bestemmingsplannen is geregeld in de *Wet op de Ruimtelijke Ordening*. Onderdeel van de procedure is dat de gemeente de mening van belanghebbenden peilt (m.a.w. communicatie & belangenafweging).

Op Europees niveau zijn nog geen regels die betrekking hebben op de externe veiligheid en het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. Ook de EG-lidstaten afzonderlijk hebben over het algemeen geen regelgeving op dit gebied. Relevant in dit kader is wel het Europese vervoersbeleid waarin wordt gesteld dat de spoorweginfrastructuur open gesteld dient te zijn voor alle erkende Europese vervoersmaatschappijen. Doel hiervan is concurrentie op de nationale en internationale markt te bevorderen en daarmee de kwaliteit en concurrentiepositie van het vervoer over het spoor ten opzichte van andere modaliteiten te verbeteren. Hieraan gekoppeld is een scheiding tussen het beheer van de infrastructuur en vervoersactiviteiten. Tevens wordt op Europees niveau gewerkt aan een gemeenschappelijk regelgevend kader voor de veiligheid van de Europese spoorwegen. Hierbij wordt onder meer voor elke lidstaat de oprichting van instantie die toeziet op de veiligheid verplicht, wordt wederzijdse erkenning van de door de lidstaten afgegeven veiligheidscertificaten en wordt gewerkt aan gemeenschappelijke regels voor veiligheidsonderzoeken.

Daarnaast zijn er binnen EG-verband recentelijk een tweetal nieuwe normen opgesteld die belangrijk zijn voor de *interne* veiligheid:

- Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) (EN 50126) [9], en
- Railway applications – Safety related electronic systems for signalling (EN 50129) [10].

De tweede norm is een invulling van de eerste, die een meer generiek karakter heeft. De norm beschrijft een methode voor het specificeren van specifieke criteria voor betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en veiligheid van (sub)systemen en componenten. De nadruk ligt op het managen van RAMS, gebaseerd op de levenscyclus van het systeem, en heeft betrekking op de infrastructuur en het beheer en ontwerp van het materieel van de vervoerder.

Tabel 1 vat alle vereisten samen die betrekking hebben op de *externe* veiligheid.

Tabel 2-1 *Noodzakelijke informatie/activiteiten m.b.t. externe veiligheid en transport gevaarlijke stoffen.*

Wetgeving/beleid	Niveau	Risico bepalen		Risico reduceren / effecten beperken				Maatschappelijke aspecten	
		Probabilistische risico-analyse	Scenario-analyse	Uitwerken alternatieven	Brongerichte maatregelen (ALARA)	Effectgerichte maatregelen	Maatregelen voor rampbestrijding	Communicatie met betrokkenen/ belanghebbenden	Belangenafweging
RNVGS	Nationaal	x	o	x	x	x	x	x	x
NMP4	Nationaal	x	o	x	x	x	x	x	x
Wet rampen en zware ongevallen (Rampenplan/ Rampenbestrijdingsplan)	Nationaal		x		x	x	x	x	
CHAMP	Provinciaal	x	x	x	x	x	x	x	x
Leidraad Maatramp/ Leidraad Operationele Prestaties	Regionaal		(x)						
Wet op Ruimtelijke Ordening (bestemmingsplannen)	Gemeentelijk Provinciale toetsing							x	x

o = volgt uit andere eisen

x = vereist

(x) = geen expliciete vereiste, maar hangt er wel mee samen

Conclusie

Samenvattend kan gesteld worden dat vanuit de verschillende beleidsdocumenten kan worden afgeleid dat ten behoeve van een afweging van de veiligheid van een bestemmingsplan langs een spoorlijn met transport van gevaarlijke stoffen, de volgende elementen moeten worden beschouwd:

- Op basis van een veiligheidsanalyse wordt gekomen tot een interactieve veiligheidsdialog.
- Het PR en GR van de huidige situatie en voor de stedelijke ontwikkelingsvarianten voor de spoorzone bepaald moeten worden.
- Dat bij de verwachte overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico de afweging van de voor en nadelen van de voorgenomen ontwikkeling door het bevoegd gezag moeten worden ingevuld. Dit sluit aan bij de CHAMP plicht van de provincie Zuid Holland: communicatie-, horizon-, anticipatie-, motivatie- en preparatieplicht.
- Naast de probabilistische veiligheidsanalyse ook een deterministische veiligheidsanalyse wordt uitgevoerd.
- Conform de veiligheidsketen kans en effect reducerende maatregelen te ontwikkelen.
- De effectiviteit (zowel probabilistisch als deterministisch) van de ontwikkelde veiligheidsmaatregelen en voorzieningen wordt onderzocht

Naast de veiligheidsaspecten zijn ook andere aspecten van belang voor de maatschappelijke afweging en bestuurlijke besluitvorming zoals onder andere de stedenbouwkundige voor- en nadelen en de maatschappelijke aspecten (o.a. economie, werkgelegenheid) van de ontwikkeling van de spoorzone. Deze aspecten zullen niet in deze studie meegenomen worden. Bepaald zal worden wat er ten aanzien van de veiligheid in de spoorzone mogelijk is. Het voordeel hiervan dat in een later stadium geen tijd en energie hoeft te worden gestopt in de stedenbouwkundige en economische afweging van ontwikkelingsvarianten en bron-, effect- en repressieve veiligheidsmaatregelen die op basis van een veiligheidsafweging niet aantrekkelijk lijken.

2.3 Gebruikte methoden

In het vorige paragraaf is beschreven welke elementen een veiligheidsafweging van een bestemmingsplan dient te omvatten.

De scenarioanalyse om inzicht te geven in ongevalsontwikkeling, de mogelijkheden aan zelfredzaamheid en de beheersing van het ongeval door de hulpverleningsdiensten is uitgewerkt in hoofdstuk 5. De hiervoor gebruikte aanpak is eveneens beschreven in hoofdstuk 5. Voorafgaand aan dit hoofdstuk is de belangrijkste input voor de scenarioanalyse beschreven, namelijk:

- een beschrijving van de huidige situatie op en rondom het spoor in Zwijndrecht en Dordrecht. Tevens wordt een schets gegeven van een toekomstige situatie (qua vervoersgegevens en bevolkingsgegevens) (hoofdstuk 3);
- de rol en taken van de verschillende betrokken partijen bij het vervoer over het spoor en het optreden van incidenten daarbij in het bijzonder (hoofdstuk 4).

De resultaten en methode van de kwantitatieve risicoanalyse waarmee het plaatsgebonden risico en het groepsrisico worden bepaald, zijn uitgewerkt in hoofdstuk 6.

De informatie die voortkomt uit de scenarioanalyse en kwantitatieve risicoanalyse van een bestemmingsplan wordt geplaatst in een toetsingskader. Met behulp van dit toetsingskader kunnen de antwoorden worden verkregen op de vraag welke projecten binnen de spoorzone onder welke condities wel of geen doorgang kunnen vinden in Dordrecht en Zwijndrecht. In de uiteindelijke afweging met betrekking tot het al dan niet door laten gaan van een bepaald plan, spelen ook andere criteria zoals ruimtelijke en economische ontwikkelingen een rol. Tegen de achtergrond van de opdracht van deze veiligheidsstudie is de maatschappelijke belangenafweging beperkt tot een uitwerking van een toetsingskader voor de veiligheid.

Hoe een veiligheidskader er dient uit te zien is nog niet uitgekristalliseerd. De beleidsdocumenten en richtlijnen (nota RINGVS, CHAMP-benadering, Wet op de Ruimtelijke Ordening, Wet rampen en zware ongevallen, Leidraad Maatrap en

de Leidraad Operationele Prestaties, , zoals beschreven in de paragraaf 2.2), geven hier ook geen concrete invulling. Daarom is besloten om ten behoeve van de ontwikkeling van het toetsingskader een workshop met alle belanghebbenden bij de ruimtelijke ontwikkelingen in Dordrecht/Zwijndrecht te houden. Doel van deze workshop was om de deelnemers aan te laten geven welke elementen zij van belang achten in een toetsingskader en hoe ze het toetsingskader in de praktijk zullen gaan toepassen.

In de workshop van 13 mei jl. [34] zijn drie aspecten van het toetsingskader aan de orde geweest:

1. Hoe wordt met het toetsingskader omgegaan?
2. Welke elementen maken onderdeel uit van het toetsingskader, of te wel op welke veiligheidsaspecten wordt getoetst?
3. Hoe kunnen deze veiligheidsaspecten worden gemeten en wat worden de referentiewaarden waaraan getoetst wordt?

Naast de consultatie in de workshop en de projectgroepvergaderingen zijn ook de stuurgroepleden benaderd om hun wensen en verwachtingen ten aanzien van het toetsingskader te identificeren. Op basis van de input uit deze bijeenkomsten is het toetsingskader uitgewerkt. Het uiteindelijke resultaat is beschreven in het rapport “Toetsingskader Externe Veiligheid” [37].

Het concept-toetsingskader is getoetst in een workshop met hierin vertegenwoordigers van de gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht (zowel op ambtelijk als bestuurlijk niveau), de provincie Zuid-Holland en de ministeries VROM, V&W en BZK aan de hand van een fictief bestemmingsplan. De bevindingen van deze workshop zijn verwerkt in het eindresultaat van het toetsingskader.

Daarnaast is de bruikbaarheid van het toetsingskader in de studie getoetst met behulp van drie (door de stuurgroep gekozen) bestemmingsplannen, te weten:

- het Dordtse deel van het project Spoorzone (voor Dordrecht: kantoren en woningen);
- project Onderdijkse rijweg (Zwijndrecht: 170 –210 woningen);
- en het project Zuidhoven/Ufkesterrein.

De inhoudelijke invulling van het toetsingskader voor deze bestemmingsplannen is gegeven in hoofdstuk 8, voorafgegaan door een korte beschrijving van deze bestemmingsplannen. Hierbij wordt met name ingegaan op de aspecten van deze bestemmingsplannen die relevant zijn voor de veiligheid. Dit houdt in dat niet alle stappen die moeten worden gevolgd bij toepassing van het toetsingskader (zie voor een overzicht van de stappen [37]) daadwerkelijk zijn toegepast. Dit betreft met name de stappen die te maken hebben met de bestuurlijke afweging en de daadwerkelijke goedkeuring van het plan door de provincie.

3. Beschrijving huidige en toekomstige situatie

Voor de risicoanalyse zijn gegevens nodig met betrekking tot de spoorinfrastructuur in het studiegebied, het treinmaterieel, de gevaarlijke stoffen die er vervoerd worden, en het aantal aanwezigen rond het spoor binnen het studiegebied. Dit wordt in dit hoofdstuk toegelicht.

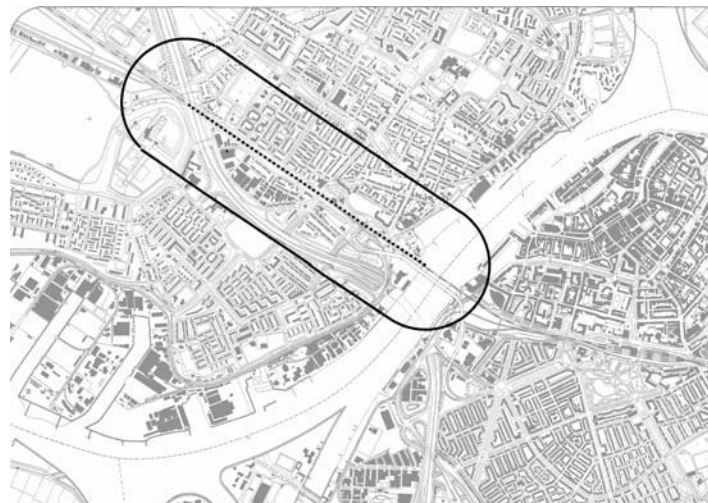
3.1 Het studiegebied

De veiligheidsstudie omvat de volgende sporen in Zwijndrecht en Dordrecht (zie Figuur 3-1 en Figuur 3-2):

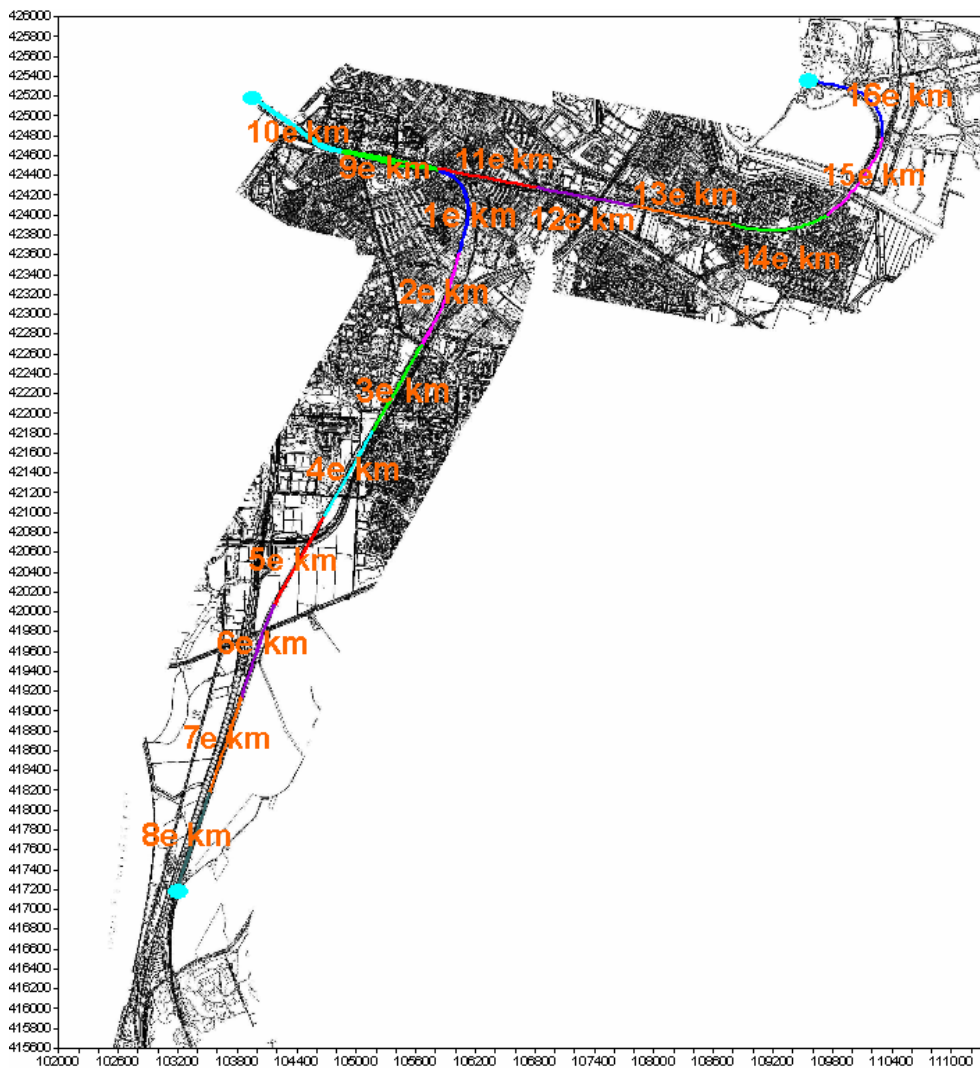
- het traject in de gemeente Zwijndrecht met uitzondering van het Kijfhoek emplacement (vanaf km 32.170) via station Zwijndrecht naar station Dordrecht;
- het spoor vanaf station Dordrecht richting Lage Zwaluwe tot de Wieldrechtse Zeedijk - km 23.693;
- het spoor vanaf station Dordrecht richting Sliedrecht tot aan de Baanhoekbrug, inclusief het spoor richting het bedrijventerrein in Dordrecht (Baanhoekweg).

Het Kijfhoek emplacement zelf zal niet worden meegenomen in deze studie.

Prorail heeft geen gegevens over het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor richting de Wilhelminahaven in Dordrecht, noch over het spoor richting de havens in Zwijndrecht. Daarom worden deze trajecten niet meegenomen in de risicoanalyse.



Figuur 3-1 Studiegebied in Zwijndrecht [26].



Figuur 3-2 Het studiegebied in Dordrecht [26].

3.2 Stations en spoorinfrastructuur

Er worden geen grote veranderingen in spoorinfrastructuur verwacht [20] voor 2010. Daarom is bij de veiligheidsstudie ervan uitgegaan dat de spoorinfrastructuur in 2010 hetzelfde is als in de huidige situatie.

Wel is er een mogelijke ontwikkeling ten aanzien van uitbreiding van het spoor tussen Dordrecht centraal en Dordrecht Amstelwijk. Dit laatste station bestaat nog niet, maar maakt onderdeel uit van de ontwikkelingsplannen rondom het kantoren-park Amstelwijk. Bij de ontwikkeling is sprake van een uitbreiding van het spoor van 2 naar 4 sporen, waarbij 3 gelijkvloerse overwegen komen te vervallen (zie ook paragraaf 3.2.2).

3.2.1 Stations

In het studiegebied bevinden zich vier stations: station Zwijndrecht, station Dordrecht, station Dordrecht-Zuid en station Dordrecht-Stadspolders. Dit laatste station ligt aan de lijn richting Sliedrecht-Gorichem. De eerste 3 stations liggen langs de lijn Rotterdam-Breda.

Station Zwijndrecht

Station Zwijndrecht bestaat uit een stationsgebouw, drie perrons, en een reizigers-tunnel. Vanaf Kijfhoek komen vijf sporen aan die over gaan in vier sporen (bij km 32.170). Deze vier sporen gaan door richting station Dordrecht.

Station Dordrecht

Station Dordrecht bestaat uit een stationsgebouw, drie perrons, en een reizigerstunnel. Uit de richting van Zwijndrecht komen vier sporen (km 30.520) aan bij station Dordrecht. Richting Lage Zwaluwe en Sliedrecht gaan in totaal vijf sporen. Deze splitsen zich bij km 28.973 in twee sporen richting station Dordrecht-Zuid en drie sporen richting Sliedrecht. Rond het station zelf zijn in totaal 16 sporen:

- spoor 1 t/m 5 en spoor 15 & 20 lopen langs de perrons;
- spoor 6 t/m 12 aan de achterzijde van het station;
- spoor 16 en 21 aan de voorzijde van het station.

Alle sporen zijn doorgaand, behalve spoor 10 t/m 12 en spoor, 15, 16, 20, en 21.

Er zijn verschillende wissels aanwezig rond station Dordrecht. Daarnaast bevinden zich twee wissels in het spoor van station Dordrecht richting Sliedrecht.

Station Stadspolders

In het spoor richting Sliedrecht ligt ook het station Stadspolders. Dit is een eenvoudig, iets verhoogd gelegen station. De perrons aan beide kanten van het spoor kunnen met trappen worden bereikt.

Station Dordrecht-Zuid

Station Dordrecht-Zuid bestaat uit twee perrons, en een reizigerstunnel. De drie sporen vanuit station Dordrecht CS richting Lage Zwaluwe gaan rond km 28.400 over in twee sporen. Rond dat punt bevindt zich ook een wissel. Door station Dordrecht-Zuid gaan twee sporen. In het studiegebied na station Dordrecht-Zuid zijn geen wissels meer aanwezig.

3.2.2 Overwegen

In Zwijndrecht zijn geen gelijkvloerse overwegen, in Dordrecht zijn er zeven, t.w. een overweg bij:

1. Kromme Dijk.
2. Halmaheiraplein/Crayensteynstraat.

3. Laan der Verenigde Naties.
4. Zuidendijk.
5. Kilweg.
6. Wioldrechtse Zeedijk.
7. Baanhoekweg (industrieterrein de Staart).

Al deze overwegen, met uitzondering van Baanhoekweg zijn beveiligd met automatische halve overweg bommen (AHOB). Baanhoekweg is voorzien van ter plaatse te bedienen verkeerslichten.

Indien de uitbreiding naar 4 sporen tot het toekomstige station Amstelwijk doorgang vindt dan worden de overwegen Laan der Verenigde Naties, Zuidendijk en Kilweg ondertunneld.

Overwegen (en wissels) zijn punten in de infrastructuur met een verhoogde kans op een ongeval (aanrijding, botsing, ontsporing). De invloed van overwegen en wissels wordt meegenomen in de kwantitatieve risicoanalyses.

3.2.3 ATB en Hotboxdetectie

Het spoor in het hele studiegebied is uitgerust met ATB (automatische treinbeïnvloeding), volgens de huidige generatie. Dit systeem werkt niet bij snelheden onder de 40 km/h. De nieuwe generatie ATB zal wel kunnen ingrijpen bij snelheden lager dan 40 km/h. De werking van ATB is verder beschreven in paragraaf 5.4.2.2, als een van de kansreducerende maatregelen (verlaagt de kans op een botsing). In kwantitatieve risicoanalyse wordt de invloed van ATB op de ongevalsfrequenties meegenomen.

Hotboxdetectie is een systeem om vroegtijdig warmdraaiende assen te detecteren en op die manier ontsporingen te voorkomen (zie ook paragraaf 5.4.2.3). Op dit moment is hotbox detectie aanwezig op het spoor tussen Dordrecht-Zuid en Lage Zwaluwe. De installatie is echter verouderd en het is niet zeker of de installatie daadwerkelijk functioneert. Daarom heeft Prorail besloten de hotboxdetectie uit te schakelen. Er zal waarschijnlijk worden overgegaan op een ander type hotbox installatie, maar op welke termijn dit gaat gebeuren is echter onbekend [18]. Daarom is bij de kwantitatieve risicoanalyse er van uit gegaan dat er, zowel in de huidige situatie als in 2010, *geen* hotbox detectie aanwezig is.

3.3 Transport gevaarlijke stoffen

Over het spoor in Dordrecht en Zwijndrecht worden gevaarlijke stoffen vervoerd in de categorieën: brandbare gassen, toxische gassen, brandbare vloeistoffen, en toxische vloeistoffen. Tabel 3-1 bevat de vervoersstroomgegevens uit 1998, die ge-

bruikt zullen worden voor de huidige situatie. Tabel 3-2 bevat de vervoersstroomgegevens die op dit moment bekend zijn voor de toekomstige situatie.

Tabel 3-1 Vervoersstroomgegevens voor de huidige situatie (1998) [6].

Stofcategorie	Aantal wagens in 1998			Vervoer dag/nacht (%)	Type trein	Snelheid (km/uur)
	Kijfhoek - Dordrecht	Dordrecht – Lage Zwaluwe	D'drecht - D'drecht industrie-terrein*			
Brandbare gassen (A)	7150	7150	0	50/50	bont	> 40
Toxische Gassen (B)	1000	1000	0	50/50	bont	> 40
- chloor	50	50	0	0/100	blok	> 40
- ammoniak	950	950	0	50/50	bont	> 40
Zeer brandbare vloeistoffen (C3)	10600	10200	400	50/50	bont	> 40
Zeer toxische vloeistoffen (D4)	3050	2550	500	50/50	bont	> 40

* Inclusief het vervoer richting Dupont

De vervoersgegevens voor de toekomstige situatie in Tabel 3-2 zijn indicatief. Deze cijfers komen overeen met prognoses die ook in het kader van de Robel-studie zijn gebruikt. Op langere termijn zijn er grotere wijzigingen in de vervoersstromen mogelijk, voortkomend uit eventuele wijzigingen in het beleid ten aanzien van de routing van gevaarlijke stoffen over het spoor en het gereed komen van de Betuweroute. Ook zijn er mogelijk andere ontwikkelingen die tot wijziging van de gegevens kunnen leiden, zoals:

- wijzigingen in de productie gevaarlijke stoffen, vanwege marktontwikkelingen,
- wijzigingen in de door de vervoerder gekozen vervoersmodaliteit, en,
- wijzigingen van de transportroute door de spoorwegondernemingen [25].

Omdat op dit moment echter nog niet te voorzien is of en hoe de gegevens zullen veranderen, zal voor de probabilistische risicoanalyse worden uitgegaan van deze reserveringen. De invloed van grotere wijzigingen in de vervoersstromen zal in de studie worden meegenomen, door dit als een van de maatregelen te beschouwen. Met behulp van enkele indicatieve berekeningen kan de invloed van een dergelijke maatregel op het risico worden aangetoond.

Tabel 3-2 Vervoersstroomgegevens voor de toekomstige situatie (2010) [6].

Stofcategorie	Aantal wagens in 2010			Vervoer dag/nacht (%)	Type trein	Snelheid (km/uur)
	Kijfhoek - Dordrecht	Dordrecht – Lage Zwaluwe	D'drecht - D'drecht industrie-terrein**			
Brandbare gassen (A)	9200	9200	350*	50/50	bont	> 40
Toxische Gassen (B)	1700	1700	1250*	50/50	bont	> 40
- chloor	50	50	0*	0/100	blok	> 40
- ammoniak	1650	1650	1250*	50/50	bont	> 40
Zeer brandbare vloeistoffen (C3)	6500	6500	1250*	50/50	bont	> 40
Toxische vloeistoffen (D3)	2500	2500	1200*	50/50	bont	> 40
Zeer toxische vloeistoffen (D4)	4850	2850	2000	50/50	bont	> 40

* Strategische reserve in geval de Betuweroute gereed is en de zuidtak en de Noord-Oostelijke verbinding (NOV) niet wordt aangelegd.

** Inclusief het vervoer richting Dupont.

Voor de hoeveelheden voor het traject Dordrecht-Dordrecht Industriegebied geldt dat de met een * gemarkeerde hoeveelheden, niet een werkelijke prognose zijn, maar een strategische reserve. Voor de berekeningen zijn deze hoeveelheden niet meegenomen.

Gegevens over de verdeling over transportstromen over de verschillende sporen is verkregen van Prorail. Hierbij is aangegeven dan het vervoer van Kijfhoek richting Dordrecht-Lage Zwaluwe ter hoogte van station Dordrecht gebruik maakt van spoor 6¹, in de richting Lage Zwaluwe- Kijfhoek van spoor 1/2 en richting DuPont (op de heenweg) leeg zijn en terug tot aan Dordrecht centraal met volle treinen over spoor 31 en vervolgens verder over spoor 1/2.

Behalve voor het vervoer vanaf Dupont, zijn voor de berekening de vervoersaantallen 50-50 verdeeld over de heen- en terugroute. Waar de terug route zich splitst in twee sporen zijn de aantallen weer 50-50 verdeeld.

3.4 Aantal aanwezigen

Voor de veiligheidsanalyse zijn gegevens nodig over het huidige aantal aanwezigen tot op ca. 400 m aan weerszijden van het spoor, uitgesplitst in vakjes van 50 x 50 m. Deze gegevens zijn geleverd door de gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht. In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de gebruikte aanwezigheidsgegevens in de omgeving van de sporen. Voor de bevolking in 2010 zijn de ruimtelijke plannen die reeds goedgekeurd zijn en waarvoor concrete plannen zijn, meegenomen in de

¹ 'Heen': Kijfhoek richting Dordrecht / Zwaluwe: 67 > HR > 40a > 40b > 6 (Dordrecht) > 36 > PA

'Terug': Zwaluwe richting Dordrecht / Kijfhoek RA > 34 > 1 / 2 (D'recht) > LU / KU > LR / KR / 57

gegevens. Voor Zwijndrecht betekent dit dat de volgende plannen mee zijn genomen in de bevolkingsgegevens voor 2010:

- Corridor: stadstuin, brandweerkazerne, westelijke parallelweg
- Westkeetshaven
- Sterrenbuurt
- Bakestein, deels: gemeentewerf + een aantal kavels wel meegenomen

De plannen met betrekking tot:

- Lorentzstraat
- Koninginneweg
- Spoorzone
- Zusterflat Swinhove
- Bakestein: een aantal kavels

zijn nog niet concreet ingevuld en zijn derhalve niet meegenomen. Het bestemmingsplan Onderdijkse rijweg wordt afzonderlijk beschouwd als een van de te toetsen bestemmingsplannen.

Voor Dordrecht is voor de situatie 2010 rekening gehouden met de realisering van de volgende bestemmingsplannen:

- Bedrijvenpark Amstelwijk
- Quickterrein
- Bouwplan Salvia
- Gezondheidspark
- Leerpark
- Thureborgh
- Burgemeester de Raadsingel
- Spoorzone (deels)
- Oostpoort

De volgende drie bestemmingsplannen worden nader onderzocht met het toetsingskader in hoofdstuk 8.

- het Dordtse deel van het project Spoorzone (voor Dordrecht: kantoren en woningen),
- project Onderdijkse rijweg (Zwijndrecht: 170 –210 woningen),
- het project Zuidhoven/Ufkesterrein.

Deze bestemmingsplannen zijn niet meegenomen in de situatie 2010.

Ten behoeve van de voorbeeldberekeningen van het aantal slachtoffers zijn de aanwezigen (in, uit en overstappers) bij station Dordrecht eveneens relevant.

Tabel 3-3 Aantal aanwezigen in station Dordrecht.

Dordrecht	Huidig			2010		
	's Nachts	Overdag		's Nachts	Overdag	
		Spits	Buiten spits		Spits	Buiten spits
Stationsgebouw		40	20		60	25
Tunnel		20	10		25	10
Perron 1 (bij spoor 1/15)		300/0 ^{**}	50		600/0 ^{**}	75
Perron 2 (tussen spoor 2 en 3)			10			25
Perron 3 (tussen spoor 4 en 5)		0/300 ^{**}	40		0/600 ^{**}	60
Wachtende trein op spoor 1/15		300	15		300	25
Wachtende trein op spoor 2/3		90	5		215	30
Totaal	0	750	150	0	1200	250

* 's Nachts: 1:30 – 5:15 u

** Spits: 7:00 – 9:00 u en 16:00 – 18:00 u

^{**} In de ochtendspits aanwezig op perron 1, in de avondspits aanwezig op perron 3.

4. Betrokken instanties en organisaties

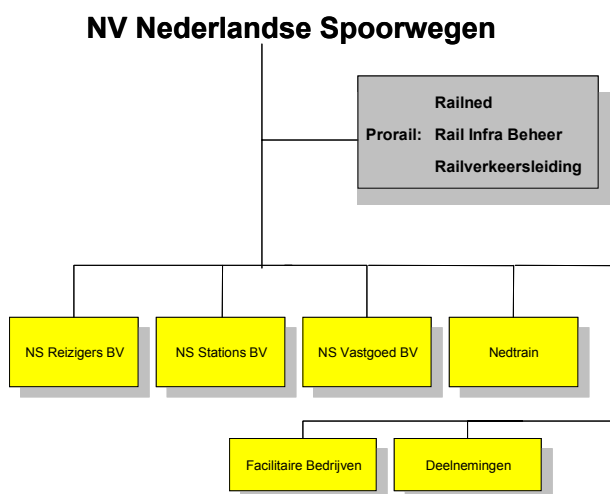
In dit hoofdstuk worden de taken en verantwoordelijkheden van de verschillende instanties en/of organisaties die bij de aanloop en/of afhandeling van incidenten betrokken zijn, in algemene zin, beschreven. De informatie uit dit hoofdstuk geldt als uitgangspunt bij de uitwerking van scenario's in de scenarioanalyse in hoofdstuk 5 en geeft een beeld van de complexiteit ten aanzien van de bestrijding van calamiteiten bij spoorse ongevallen en de noodzakelijke afstemming, coördinatie en communicatie tussen de diverse betrokken diensten. Specifieke acties die direct gekoppeld zijn aan een bepaald scenario zullen in de scenarioanalyse in hoofdstuk 5 worden behandeld. Uitgaande van de in dit hoofdstuk beschreven taken en verantwoordelijkheden, zullen in de scenarioanalyse en in hoofdstuk 7 maatregelen worden geïdentificeerd. Van deze maatregelen wordt aangegeven onder wiens verantwoordelijkheden deze vallen.

In de uitwerking hieronder wordt de betrokken organisaties onderverdeeld in spoorse organisaties enerzijds en hulpverleningsdiensten anderzijds. De informatie in dit hoofdstuk komt deels voort uit interviews met betrokkenen en deels uit informatie uit eerdere studies en beschikbare documentatie.

4.1 Spoorse betrokkenen

De spoorse betrokkenen bestaan uit NV Nederlandse Spoorwegen (NS) en vervoerders. De NS is opgebouwd uit verschillende onderdelen (zie Figuur 4-1). Deze figuur is enigszins verouderd aangezien Railned, Railinfrabeheer, en Railverkeersleiding inmiddels (sinds 1 januari 2003) samen opereren onder de naam Prorail. De Prorail onderdelen zijn direct betrokken, mocht er een incident optreden. Volledigheidshalve wordt hierbij opgemerkt dat de taken van Railned Spoorwegveiligheid niet over zijn gegaan naar Prorail, maar zijn opgegaan in de per 1 januari 2003 opgerichte divisie Rail van de Inspectie Verkeer en Waterstaat. Daarnaast is de Raad van Transportveiligheid belast met het onderzoek naar de oorzaken van transportongevallen.

Andere onderdelen van NS die direct betrokken kunnen zijn bij een incident zijn NS Stations BV, Nedtrain, en NS Reizigers BV (vervoerder). Naast NS Reizigers maken ook andere vervoerders gebruik van het spoor, zoals bijvoorbeeld Railion als goederenvervoerder. In sommige regio's wordt ook het personenvervoer deels door andere ondernemingen dan NS Reizigers uitgevoerd. In Zwijndrecht en Dordrecht is dit nog niet het geval.



Figuur 4-1 Organogram van de NS.

4.1.1 Prorail-Railned

Railned is verantwoordelijk voor de toedeling van de capaciteit van het spoorweg-net aan de verschillende vervoerders. Vanuit deze functie doet Railned ook voorstellen aan het ministerie van Verkeer en Waterstaat voor aanpassingen aan de infrastructuur. Railned is tot en met 24 uur voor vertrek van een trein verantwoordelijk voor de capaciteitsmanagement. Daarna neemt de Railverkeersleiding deze taak over.

4.1.2 Prorail-Railinfra-beheer

Railinfra-beheer is de eigenaar en beheerder van de railinfrastructuur en speelt vanuit die hoedanigheid een belangrijke rol bij het ontwerp van de infrastructuur door dit zodanig aan te leggen dat de kans op ongevallen zo klein mogelijk is. In de gebruiksfase is Railinfra-beheer verantwoordelijk voor het beheer, onderhoud en vernieuwing van de railinfrastructuur. Een goed beheer en onderhoud kan de kans op storingen in seinen en wissels en andere potentiële aanleidingen voor een incident zo klein mogelijk. Bij calamiteiten komt Railinfra-beheer in actie voor het zo spoedig mogelijk herstel van de eventueel beschadigde onderdelen van de infrastructuur, zoals de bovenleiding, seinen en wissels.

4.1.3 Prorail-Railverkeersleiding

De Railverkeersleiding (Rvl) is binnen de spoorwegen belast met de volgende taken:

- 1) het instellen van veilige rijwegen (het operationeel proces).

- 2) het leveren van verkeersinformatie.
- 3) de coördinatie bij de afhandeling van calamiteiten.

ad. 1) Het instellen van veilige rijwegen

Dit betreft het bedienen van wissels en seinen om zodoende veilige treinbewegingen te kunnen garanderen. Daarnaast zorgt de Rvl voor het bijsturen van het dienstrooster ingeval van een ontregeling die korter duurt dan 30 minuten. Voor een ontregeling die naar verwachting langer duurt dan 30 minuten treedt de 3e (soms slechts coördinerende) taakstelling in werking. Het spoor in Nederland is ingedeeld in gebieden, die elk onder een eigen treindienstleider vallen. Voor het instellen van rijwegen maakt de Rvl gebruik van een geautomatiseerd systeem. Middels dit systeem kan de treindienstleider de bewegingen van de treinen in zijn gebied volgen. Op een scherm is te zien waar de treinen rijden en of het een goederen- of persontrein betreft.

ad. 2) Het leveren van verkeersinformatie

Het gaat hierbij om informatie aan reizigers betreffende ontregelingen (stremmingen, vertragingen, etc.) via aankondigingen, teletekst en informatieborden op de stations. Bij calamiteiten is met name de communicatie tussen de Rvl en de machinist van belang. Railverkeersleiding bedient ook de omroepinstallaties op stations waarmee vertragingen ed. worden gemeld. Deze omroepinstallatie kan ook worden gebruikt voor het geven van instructies aan aanwezigen op de perrons. Het initiatief voor het gebruik van de omroepinstallaties voor ontruiming van het station zal niet bij Railverkeersleiding liggen. Een verzoek hiertoe kan bijvoorbeeld door de openbare hulpverleningsdiensten of NS Stations aan Railverkeersleiding worden gedaan.

ad 3) De coördinatie bij de afhandeling van calamiteiten

Bij calamiteiten is Railverkeersleiding belast met de zorg voor de bestrijding van de gevolgen. Feitelijk en in opvolging bestaat dit werk uit: alarmeren, informeren, coördineren, en faciliteren. Voor de afhandeling van de benodigde activiteiten zijn verschillende spoorse diensten en bedrijven verantwoordelijk. Omdat de verschillende belangen en prioriteiten strijdig kunnen zijn, is coördinatie noodzakelijk en gewenst. Daarom zijn al deze bedrijven en diensten vertegenwoordigd in één organisatie, de Calamiteitenorganisatie Rail, waarvan de coördinatie berust bij de Railverkeersleiding. In paragraaf 4.1.7 wordt verder ingegaan op de Calamiteitenorganisatie Rail.

4.1.4 Vervoerders

Goederenvervoer

Het daadwerkelijk vervoer van goederen van A naar B wordt uitgevoerd door verschillende bedrijven die beschikking hebben over (ketel)wagons. Deze bedrijven worden ingehuurd door de leverancier van de producten. Deze leverancier ('Hij die

ten vervoer aanbiedt') is verantwoordelijk voor een aantal relevante zaken met betrekking tot veiligheid zoals:

- het controleren of de stof voor vervoer is toegelaten en het verklaren dat dit het geval is op de vrachtbrief,
- het controleren en verklaren dat de verpakking voldoet aan de wettelijke voorschriften (soort, resistentie, identificatie door uiterlijke kenmerken zoals de oranje band e.d.),
- het controleren op de dichtheid (functioneren) van de afsluitinrichtingen en appendages zoals b.v. domdeksels, ladingschorten e.d.,
- het controleren op aanwezigheid en het verwijderen van ladingsresten aan de buitenzijde van de verpakking,
- het controleren en aanbrengen van voorgeschreven identificatiemogelijkheden als oranje borden (GEVI / STID) en gevaars- en handelingsetiketten,
- het controleren van de belading (zowel aslast als vullingsgraad).

De vervoerder stelt een trein samen en vraagt een pad aan bij Railned. Controle van de remmen, stand luchthendels, trek- en stootwerk, wielbanden en andere spoorwegmaterieeltechnische zaken vindt plaats door de wagenmeester. Als de wagenmeester alle controlepunten heeft nagelopen geeft hij de wagen vrij en meldt hem, al dan niet onder voorwaarden, vertrek gereed. Vervolgens komt de machinist ter plaatse. Hij zal de trein aanpakken en via het vooraf aangegeven pad transporteren. De machinist wordt vervolgens door de Railverkeersleiding naar de eindbestemming geleid.

Kleine vervoerders zijn verplicht voor vertrek de wagenlijst naar de Centrale Meldkamer te faxen. Met Railion, de grootste goederenvervoerder in Nederland zijn andere afspraken gemaakt. Railion heeft een overzicht van de wagensamenstelling in een geautomatiseerd systeem (BRAVO) en heeft de afspraak met de Centrale Meldkamer dat zij, indien hierom gevraagd wordt, bijvoorbeeld bij een calamiteit, per direct aan de CMK kunnen faxen.

In algemene zin (zowel voor goederentreinen als reizigerstreinen) geldt dat een machinist primair de taak heeft om er voor te zorgen dat de trein niet tot stilstand komt op een lange brug of (in een tunnel). Dit kan door voortijdig te stoppen of te proberen van de brug af te rijden. De te volgen procedures bij calamiteiten vormen onderdeel van de opleiding van de machinist en zijn vastgelegd in het Handboek Machinist. Bij aanrijdingen zal de conducteur buiten de trein gaan kijken wat er aan de hand is. Bij calamiteiten zorgt de machinist voor het instandhouden van de wal-boord communicatie, verzendt een noodoproep via de telerrailnoodknop, onderhoudt het contact met de verkeersleiding en waarschuwt zijn collega's in tegenliggende treinen middels het inschakelen van zijn frontseinen. Vervolgens moet hij het nevenspoor afdekken met een kortsluitkabel. De Railverkeersleiding neemt maatregelen om het overige treinverkeer veilig te stellen.

Personenvervoer

Over het spoor in Dordrecht en Zwijndrecht vindt zowel personenvervoer als goederenvervoer plaats. Personenvervoer wordt op dit moment alleen verzorgd door NS Reizigers. Het treinpersoneel (machinist en conducteurs) is de eerst verantwoordelijke voor het veilig vervoer van een trein van A naar B. In geval van een incident zullen de machinist en de conducteur(s) de eersten zijn die de situatie ter plaatse kunnen beoordelen, en verdere hulpverlening en een eventuele evacuatie in gang kunnen zetten.

De hoofdconducteur heeft de leiding op de trein. Het informeren van reizigers is in principe een taak van de hoofdconducteur. Omgekeerd kan de conducteur ook onregelmatigheden binnen de trein (brand, vandalisme, overlast) waarnemen en hierover contact opnemen met de machinist. De conducteur treedt ook op als hulpverlener. De conducteur beschikt over een EHBO-diploma en heeft instructies gehad om kleine blusmiddelen te bedienen. Bij evacuatie geeft de conducteur nadere instructies over de wijze van evacuatie aan de reizigers en begeleidt de reizigers ter plaatse.

4.1.5 NS Stations

De stations Dordrecht en Zwijndrecht zijn eigendom van NS Stations en vallen als zodanig onder het beheer van de stationsmanager. De stationsmanager is verantwoordelijk voor meerdere stations tegelijk en draagt op hoofdlijnen zorg voor [16]:

- het beheer en onderhoud van de stations;
- de sociale veiligheid op de stations;
- surveillance;
- bedrijfshulpverlening (BHV).

De stationsmanager wordt op operationeel niveau ondersteund door de stationsbeheerder. Station Zwijndrecht is onbemand, d.w.z. er bevindt zich geen personeel van NS Stations. Op station Dordrecht zijn twee servicemedewerkers aanwezig voor de kaartverkoop, twee ambulante servicemedewerkers, en een procesleider perron (PLP). De ambulante servicemedewerkers en de PLP zijn samen verantwoordelijk voor de bedrijfshulpverlening, assisteren bij ontruiming, en kunnen EHBO verlenen. De PLP heeft een BHV opleiding doorlopen, voor de ambulante servicemedewerkers wordt dit ook verplicht. Momenteel zijn zij nog in opleiding.

NS Stations heeft een regionale wachtdienst, bestaande uit één stationsmanager en één stationsbeheerder. Deze worden bij een incident gealarmeerd door het geautomatiseerde systeem van de Prorail backoffice.

Ontruiming

Voor station Dordrecht CS is een ontruimingsplan opgesteld [23]. In dit plan zijn de taken en verantwoordelijkheden van de betrokken personen vanuit NS Stations

beschreven en aangegeven hoe zij dienen samen te werken met derden (zoals openbare hulpverleningsdiensten). De verantwoordelijkheid voor een ontruiming ligt bij de Calamiteitenorganisatie Rail. De communicatie met de hulpverleningsdiensten gaat dan ook via de Algemeen Leider van de Calamiteitenorganisatie Rail (zie hoofdstuk 4.1.7).

Het initiatief tot ontruiming kan worden genomen door:

- de openbare hulpverleningsdiensten (w.o. de spoorwegpolitie);
- de NS calamiteitenorganisatie;
- NS Stations.

Tijdens een ontruiming fungeert een procesleider perron als ontruimingsleider voor het ontruimen van de perrons, kiosken en reizigerstunnel; een service medewerker van Tickets&Services fungeert als ontruimingsleider van het stationsgebouw. De coördinatie van en de verantwoordelijkheid voor de ontruiming ligt bij de knooppuntcontroller te Rotterdam totdat de algemeen ontruimingsleider (de wachtdienst NS Stations) ter plaatse is. De ontruiming kan worden ondersteund door de Rvl die het omroepbericht laat omroepen. Een oproep tot ontruimen kan dus niet direct door NS Stations worden gegeven, maar moet worden aangevraagd bij de Rvl. Bij ontruiming heeft het de voorkeur personentreinen te laten vertrekken uit het station.

De ontruiming van het Station Dordrecht is totnogtoe nooit geoefend, omdat dit het treinverkeer in een zeer groot gebied zal ontregelen. Ervaring met daadwerkelijke ontruimmingen op Rotterdam CS heeft aangetoond dat daar het hele station binnen 15 minuten ontruimd is. Dit zal dus voor Dordrecht ook zeker haalbaar moeten zijn.

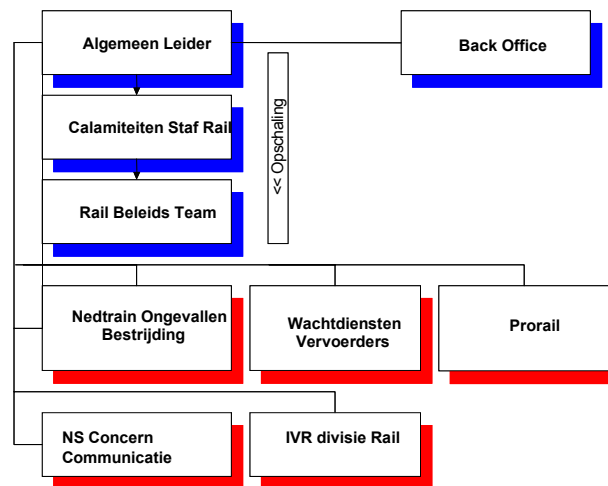
Voor station Zwijndrecht en de kleine stations in Dordrecht is geen ontruimingsplan en ook geen personeel van NS Stations aanwezig. De ontruiming daar wordt over gelaten aan de hulpverleningsdiensten. Deze zullen dit in principe wel in overleg treden met NS Stations, maar NS Stations zal hier dus niet een actieve rol in spelen. Wel zal de wachtdienst in geval van een calamiteit zich naar het desbetreffende station begeven.

4.1.6 Nedtrain

Via de Railverkeersleiding wordt zonodig Nedtrain Productgroep Veiligheid ingeschakeld om een ontspoorde trein te 'hersporen'. Nedtrain heeft hiervoor speciale gereedschappen en regelt zo nodig via gespecialiseerde takelbedrijven zware hijskranen. Het inschakelen van Nedtrain vindt automatisch plaats vanaf een bepaalde ernst van een calamiteit (o.b.v. de calamiteitenmatrix). Bij overige calamiteiten zal Nedtrain Productgroep Veiligheid opverzoek van de Algemeen Leider worden gealarmeerd.

4.1.7 De Calamiteitenorganisatie Rail

In onderstaande figuur wordt de structuur van de Calamiteitenorganisatie Rail geschetst.



Figuur 4-2 De Calamiteitenorganisatie Rail [14].

De calamiteitenorganisatie heeft drie opschalingsniveaus [14]:

- 1) de Algemeen Leider en wachtdiensten van de eerder genoemde spoorse organisaties, die zich ter plekke van het incident begeven.
- 2) de Calamiteitenstaf Rail, waarin Railinfrabeheer, Railverkeersleiding en andere betrokken spoorse organisaties vertegenwoordigd zijn. Dit team begeeft zich niet ter plekke van het incident. Het is een regionaal beleidsteam dat in actie komt bij calamiteiten en logistieke problemen waarbij regionaal beslissingen genomen dienen te worden.
- 3) Het railbeleidsteam. Dit is een landelijk team bestaande uit directeurs van de NS- en Prorail organisaties.

De Algemeen Leider coördineert ter plekke van het incident de werkzaamheden van alle betrokken railbedrijven, met het doel om de gevolgen van een ontregeling tot een minimum te beperken, zowel qua omvang als qua tijd. Om hieraan te kunnen voldoen zijn ontregelingen ingedeeld aan de hand van de aard en de ernst in een zogenaamde calamiteitenmatrix. Voor elk van de in deze matrix genoemde scenario's is reeds een afhandelingschema uitgewerkt. Tevens zorgt de Algemeen Leider voor de communicatie met de hulpverleningsdiensten. De Algemeen Leider coördineert vervolgens in meer detail met de hulpdiensten over de locatie van het incident (op basis van kilometeraanduiding), de aard van het incident, de situatie m.b.t. het overige treinverkeer (al dan niet gestremd) en de situatie m.b.t. de hoogspanningsleiding (al dan niet afgeschakeld en geaard). De Algemeen Leider is de persoon die (namens de spoorse organisaties) op de plaats van het ongeval communiceert met de openbare hulpverleningsdiensten (Officieren van Dienst). Tijdens de aanrijdtijd (maximaal 60 minuten) vindt contact met de hulpverleningsdiensten

telefonisch plaats (via de CMK en de meldkamer hulpverleningsdiensten), bij aankomst maakt de Algemeen Leider deel uit van de COPI (Commando Plaats Incident).

Nadat de reddings- en/of bestrijdingswerkzaamheden zijn afgerond, overlegt de Algemeen Leider eventueel met de wachtdienst Railinfrabeheer en IVW Divisie Rail of tot gehele of gedeeltelijke ingebruikname van het spoor kan worden overgegaan en of de aarding kan worden verwijderd.

Nadat is vastgesteld dat Railned het onderzoek heeft afgerond en hulpdiensten zich niet langer op of rond de sporen begeven draagt de Algemeen Leider het deeltraject over aan de wachtdienst Railinfrabeheer die verantwoordelijk is voor het uitvoeren van de herstelwerkzaamheden.

Momenteel wordt landelijk een nieuwe Leidraad Trein Incident Management opgesteld. Deze vervangt het huidige “Het spoorboekje voor zwaailichten”. Aan de hand van deze leidraad zullen regionale Trein Incident Management plannen worden opgesteld. Het landelijk calamiteitenplan Rail zal hier op aansluiten. Ook zal er afstemming plaats vinden met de gemeentelijke rampenplannen en eventuele rampbestrijdingsplannen. Daarnaast loopt er nu een apart project in samenwerking met de provincie Zuid-Holland dat de bereikbaarheid van het spoor in kaart moet brengen. Voor Zwijndrecht beschikt de brandweer reeds over een bereikbaarheidskaart van het spoor.

4.2 Hulpverleningsdiensten

In deze paragraaf zal op hoofdlijnen worden beschreven wat de taken van de openbare hulpverleningsdiensten bij spoorse calamiteiten zijn. In hoofdstuk 5 zal vervolgens dieper worden ingegaan op de te volgen werkwijze bij calamiteiten.

Zwijndrecht en Dordrecht liggen in de hulpverleningsregio Zuid-Holland Zuid. In deze regio beschikt men over een gezamenlijke meldkamer voor brandweer, ambulancediensten en politie. De meldkamer bepaalt in eerste instantie, aan de hand van de melding, de inzet van eenheden.

Binnen de regio werken de hulpverleningsdiensten volgens de GRIP procedure (Gecoördineerde Regionale Incidentbestrijding Procedure). Dit is een opschalingsprocedure voor het commando. Alle officieren van de verschillende hulpverleningsdiensten kunnen GRIP afkondigen en daarmee wordt automatisch een commandohaakarmbak (COH) naar de plaats van het incident gebracht. In de COH neemt het CoPI (Commando Plaats Incident) zitting en vanuit dit punt wordt de operatie ter plaatse geleid. In de Wet Rampen en Zware Ongevallen is de brandweer aangewezen als trekker bij de voorbereiding op rampen en calamiteiten. De brandweer levert daarom de voorzitter voor dit commando. Bij een ernstige calami-

teit zal de operationele leiding van de hulpverleningsdiensten dus bij de brandweer liggen. De locatie van de CoPI wordt gecommuniceerd naar de gezamenlijke meldkamer, zodat participanten zich daar kunnen melden.

Coördinatie en voorbereiding op geneeskundige hulpverlening bij calamiteiten wordt verzorgd door de GHOR (Geneeskundige Hulp bij Ongevallen en Rampen). In de regio Zuid-Holland Zuid beschikt de GHOR over één geneeskundige combinatie voor de inzet bij grootschalige calamiteiten, bestaande uit:

- één mobiel medisch team (traumahelikopter, of auto);
- twee ambuteams (twee ambulances met elk een ambulanceverpleegkundige en een ambulancechauffeur, voor hulpverlening ter plaatste, niet voor vervoer);
- een SIGMA team (8 Rode-Kruisvrijwilligers met behandelentent).

De eerste ambulance die ter plaatse is, bepaalt of er verder opgeschaald moet worden, in zowel de eenheden (dus aantal ambulances, geneeskundige combinatie, MMT) als in de coördinatie, door een OvDG te laten alarmeren. De OvDG zal na aankomst ook beoordelen of het gevraagde aantal eenheden voldoende is en zondig verder opschalen en eventueel bijstand uit omliggende regio's vragen.

De belangrijkste taak van de politie bij calamiteiten op en rond het spoor is het handhaven van de openbare orde. Daarbij zal het afzetten van het ongevalgebied van belang zijn. Indien nodig zal de politie zorgen voor de ontruiming van het ongevalgebied.

5. Scenarioanalyse

5.1 Methodiek

De scenarioanalyse bestaat uit een uitwerking van een representatieve set scenario's. Van deze scenario's wordt zowel de aanloop als afwikkeling van het scenario in termen van opgetreden schade, zelfredzaamheid en hulpverlening beschreven. Die onderdelen in de aanloop of afwikkeling die voor meerdere categorieën scenario's gelden zullen in algemene zin worden behandeld, waarbij vervolgens voor de verschillende (categorieën) scenario's zal worden uitgewerkt wat voor effect dit heeft op de schadeontwikkeling. Hierbij wordt dus expliciet rekening gehouden met de processen die tijdens en na een ongeval afspelen. Bij de uitwerking van de schade, zal bij het vaststellen van het aantal slachtoffers vooralsnog geen onderscheid worden gemaakt tussen interne en externe veiligheid. Er wordt een beeld gegeven van alle slachtoffers (ongeacht of het omwonenden of deelnemers aan het vervoersproces zijn).

In de groepsrisicoberekeningen die resulteren uit de kwantitatieve risicoanalyse, zullen verschillende groepen zoals omwonend en werkenden en deelnemers aan het vervoersproces wel afzonderlijk in beeld worden gebracht.

De scenarioanalyse omvat de volgende stappen:

- a. Een beschrijving van de huidige en toekomstige situatie in 2010 rondom de spoorzone Zwijndrecht/Dordrecht en de veiligheidsvoorzieningen die hierin zijn opgenomen. Dit is uitgewerkt in hoofdstuk 3.
- b. Een selectie van de verschillende soorten ongevalsscenario's die relevant zijn voor de externe veiligheid in een bestemmingsplan (zie paragraaf 6.1 + 6.2).
- c. Vervolgens wordt voor de geselecteerde ongevalsscenario's een analyse gemaakt van de verschillende fasen en processen die bij het ontstaan van een incident en bij de afhandeling daarvan een rol spelen en de wijze waarop de hulpverleningsdiensten daar invulling aan geven (zie paragraaf 6.3). De beschrijving heeft betrekking op het type scenario (bijvoorbeeld plasbranden na vrijkomen brandbare vloeistoffen) en is dus breder dan het aangeven van de gevolgen van een specifiek scenario op een bepaalde plaats, tijd en omstandigheden. De volgende fasen zijn te onderscheiden:
 1. aanloopfase
 2. optreden van het incident
 3. detectie van het incident en melding aan verkeersleiding en hulpverlening
 4. zelfredzaamheid
 5. incidentbestrijding + hulpverlening

6. herstelwerkzaamheden

Tijdens deze fasen spelen afwisselend verschillende actoren een belangrijke rol (railgebruikers, verkeersleiding, hulpverleningsdiensten, etc.). De taken en verantwoordelijkheden van de verschillende actoren zijn in algemene zin beschreven in hoofdstuk 4. De beschrijving van de verschillende effecten, acties en activiteiten van de verschillende betrokkenen en de schadeontwikkeling gekoppeld aan de scenario's wordt in paragraaf 5.4 gegeven.

Hierna wordt voor de geselecteerde ongevalsscenario's semi-kwantitatief bepaald hoe groot de verschillen in schade (slachtoffers) zijn en hoe dit in elke fase van het incident door middel van maatregelen (b.v. warmtewerende schermen, locatie van gebouwen, ventilatie in gebouwen, locatie vluchtwegen, externe hulpverlening) gereduceerd kan worden. Ook is het effect van deze maatregelen beschreven. Bij het uitwerken van de schade en het aantal slachtoffers (doden, gewonden) wordt steeds een voorbeeld locatie met bijbehorende omgevingscondities gekozen. In hoofdstuk 7 wordt de effectiviteit van maatregelen verder uitgewerkt, door het niet aan individuele scenario's te koppelen, maar ook het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Bij de bepaling van de schade is steeds een voorbeeld-locatie worden genomen. Hierbij is gekozen voor de locatie Dordrecht CS omdat dit een van de locaties is waar potentieel het grootste aantal slachtoffers kan vallen. In hoofdstuk 8 wordt in het kader van de toetsing van de bestemmingsplannen overigens voor nog 2 locaties slachtofferberekeningen gedaan (Zwijndrecht centrum en Dordrecht bij een woonwijk). Bij de uitwerking van de maatregelen zullen maatregelen uit alle schakels (m.u.v. nazorg) van de veiligheidsketen (pro-actie → preventie → preparatie → repressie → nazorg) worden geïdentificeerd en uitgewerkt.

5.2 Identificatie van scenario's

Er is een groot aantal scenario's te bedenken, waarbij treinen betrokken zijn en slachtoffers kunnen vallen in de trein, in het station, en in de stationsomgeving. Hierbij zijn scenario's die alleen betrekking hebben op de sociale veiligheid (diefstal, vechtpartijen, bedreigingen, gevoelens van onveiligheid etc) niet meegenomen. Ook scenario's als gevolg van opzettelijke acties van buitenstaanders die kwaad in de zin hebben (baldadigheid, vandalisme, kapingen, terroristische acties etc.) zijn niet meegenomen. Vandalisme is wel een factor die meespeelt in de basisfaalfrequentie en wordt in die zin wel meegenomen. De invloed van baldadigheid Voor de situatie van het spoor in Dordrecht en Zwijndrecht zijn de volgende scenario's geïdentificeerd:

1. Aanrijdingen
2. Botsingen tussen twee treinen
3. Ontsporingen
4. Brand in een trein
5. Brand in het station

6. Vrijkomen van gevaarlijke stoffen (brandbare vloeistoffen, toxische vloeistoffen, brandbare gassen, toxische gassen)
7. Instorten van de stationsbebouwing
8. Instorten van een spoorbrug
9. Natuurinvloeden (storm, overstroming, blikseminslag, herfstbladeren, ijzel, sneeuw, zettingen van de ondergrond)
10. Onopzettelijke externe effecten (brand, explosie, of toxische gaswolk in de omgeving van het spoor, m.n. te verwachten bij industrieterreinen)

1. Aanrijdingen

Hierbij kan gedacht worden aan de volgende soorten aanrijdingen:

- aanrijding met kruisend verkeer (wegverkeer op overwegen)
- aanrijding met vee (in agrarische gebieden, in dit kader niet relevant)
- aanrijding met baanwerkers tijdens werkzaamheden
- aanrijding met onbevoegde personen op de rails
- suicides
- valpartijen op stations
- aanrijding met objecten op de rails
- aanrijding met achtergelaten materieel na werkzaamheden

Bij een aanrijding zal materiële schade optreden en kunnen mogelijk één of enkele (dodelijke) slachtoffers vallen onder de direct betrokkenen. De omvang van de schade zal afhangen van de grootte van het object en de snelheid van de trein. Bij kleine objecten zoals personenwagens zal sprake zijn van materiële schade en enkele slachtoffers. Bij een hoge snelheid en/of een groot object is grote materiële schade denkbaar. Indien een goederentrein bij de aanrijding betrokken is, kunnen in dat geval gevaarlijke stoffen vrij komen en waarbij grote aantallen slachtoffers kunnen vallen in de omgeving van het spoor.

2. Botsingen tussen twee treinen

Bij botsing van een goederentrein met een tegenligger of een flankbotsing kan, afhankelijk van de snelheid, grote materiële schade ontstaan waarbij gevaarlijke stoffen vrij kunnen komen en dientengevolge veel slachtoffers kunnen vallen. Als daarnaast een personentrein met een hoge snelheid bij de botsing is betrokken, is een additionele schade-omvang van een honderdtal personen niet uitgesloten. Aangezien bij Dordrecht en Zwijndrecht de sporen voor vervoer van voor personen en van gevaarlijke stoffen elkaar kruisen, is een botsing tussen een goederentrein en een personentrein niet uit te sluiten. Bij botsingen tussen personentreinen bevinden de slachtoffers zich vrijwel uitsluitend onder de inzittenden van de treinen (interne veiligheid), terwijl bij een botsing met een goederentrein waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen er ook onder de omstaanders, mensen in de omgeving, slachtoffers kunnen vallen (externe veiligheid).

3. Ontsporingen

Een ontsporing van een trein kan met name optreden bij knelpunten in de infrastructuur (bijvoorbeeld “scherpe” bochten) in combinatie met een te hoge snelheid of door defecten aan het treinmaterieel. Bij een ontsporing is matige tot grote schade denkbaar. Er kan grote materiële schade aan trein, infrastructuur en constructie ontstaan. Door aanwezigheid van objecten langs het spoor (bijv. pilaren, steunende constructies) kan de schade-omvang nog verder toenemen. Bij een ontsporing van een personentrein zullen de slachtoffers zich bevinden onder de inzittenden van de trein (interne veiligheid). Materiële schade aan een goederentrein kan tot gevolg hebben dat gevaarlijke stoffen vrijkomen waardoor vele slachtoffers kunnen vallen in de omgeving van het spoor.

4. Brand in een trein

Brand in een trein kan veroorzaakt worden door:

- Brandstichting, baldadigheid, of vandalisme (buiten de scope van dit project)
- Niet uitgemaakte sigaretten
- Kortsluiting en andere technische oorzaken in de trein
- Botsing
- Omgevingsbrand, b.v. na lekkage van brandbare vloeistoffen

Bij brand zullen over het algemeen de slachtoffers zich bevinden onder de inzittenden. Indien er sprake is van overkappingen of tunnels kan het aantal slachtoffers sterk toenemen, omdat de zelfredzaamheidsmogelijkheden slechter zijn en vluchtend in de besloten omgeving langer worden blootgesteld aan rook en warmte. Door brand in of nabij een goederentrein kan materiële schade ontstaan waardoor gevaarlijke stoffen vrijkomen. In dat geval kan het schadegebied zich uitbreiden en kunnen er ook slachtoffers in de omgeving vallen (externe veiligheid).

5. Brand in het station

In het (overkapte) station of op de perrons kunnen om dezelfde redenen als hierboven branden kunnen ontstaan. Dit kan zowel tot slachtoffers leiden onder de reizigers aanwezig op het perron of in de stationsruimte, als onder reizigers in treinen die in het station stoppen.

6. Vrijkomen gevaarlijke stoffen

Over het spoor in Dordrecht en Zwijndrecht worden een aantal categorieën gevaarlijke stoffen vervoerd: brandbare vloeistoffen, toxische vloeistoffen, brandbare gassen, en toxische gassen. Daarnaast kunnen incidenteel ook kleine hoeveelheden radioactieve stoffen, munitie, en bijtende stoffen worden vervoerd. Het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit een goederentrein kan verschillende oorzaken hebben, waaronder ernstige aanrijding, botsing, ontsporing, en intrinsiek falen van een tankwagen. Afhankelijk van het type gevaarlijke stof dat vrijkomt kan er brand ontstaan, een explosie optre-

den of een toxische gaswolk ontstaan. Hierbij kunnen (afhankelijk van de aard en omvang van het incident) vele slachtoffers vallen nabij het spoor.

7. **Instorting van de bebouwing**

Bij instorting van de bebouwing zal dit gevolgen hebben voor alle aanwezigen (in de bebouwing, het station en in aanwezige treinen). Aangezien de praktijk in Nederland is dat over het algemeen de bebouwingsconstructie voldoende stevig is en de kans op een ernstige aardbeving ook kan worden uitgesloten, dreigt er alleen instorting als gevolg van een explosie of aanrijding.

8. **Instorting van een spoorbrug**

Bij instorting van een spoorbrug zal dit gevolgen hebben voor alle aanwezigen in de trein, en voor eventuele vaartuigen die zich op dat moment mogelijk onder de spoorbrug bevinden. Aangezien de praktijk in Nederland is dat over het algemeen de constructie van bruggen voldoende stevig is en de kans op een ernstige aardbeving ook kan worden uitgesloten, dreigt er alleen instorting als gevolg van een explosie of eventueel aanvaring.

9. **Natuurinvloeden**

Storm

Door een storm kan de bovenleiding breken. Schade onder mensen in de trein kan ontstaan door contact met de bovenleiding (indien niet spanningsvrij gemaakt). De bovenleiding zal echter bij contact met de aarde uitschakelen, dus de kans op schade onder mensen is klein [27]. Geschatte schade-omvang: voornamelijk materiële schade, mogelijke enkele doden en/of gewonden.

Overstroming, hoge waterstanden

Deze kunnen leiden tot verzakking van het talud en ontsporen van de trein. De schade vergelijkbaar met de schade bij ontsporing. De schade wordt geschat in de orde grootte van een tiental tot vele tientallen overlijdensgevallen en grote materiële schade. Tijdens het ontwerp van het spoor dienen voor dit scenario maatregelen genomen te worden in de preventieve sfeer. Daarnaast heeft Prorail Railverkeersleiding afspraken met waterschappen over tijdige waarschuwing bij overstromingen en hoge waterstanden [27]. Hierdoor kan bij dreiging van een overstroming het treinverkeer ter plekke tijdig stilgelegd worden. De kans op grote aantallen slachtoffers is derhalve laag.

Blikseminslag

Ten gevolge van de met blikseminslag gepaard gaande elektriciteitsstoring is geen vervoer mogelijk. Er is een kans dat blikseminslag gepaard gaat met brand. Er wordt geen (persoonlijke) schade van betekenis verwacht.

Herfstbladeren

Herfstbladeren kunnen tot een langere remweg leiden. Schade is b.v. mogelijk indien niet tijdig voor een stop tonend sein kan worden gestopt. In dat

geval is een botsing mogelijk. Echter, de kans op bladeren op het spoor in een bebouwde omgeving zoals bij Dordrecht en Zwijndrecht is zeer beperkt.

IJzel

Ten gevolge van ijzel kan de bovenleiding breken en een langere remweg optreden (zie ook blikseminslag en herfstbladeren). In dat geval is een botsing mogelijk. De kans op het optreden van zo'n botsing is beperkt.

Sneeuw

Bij (stuif)sneeuw, kunnen koppelingsproblemen optreden. Naast verstoring wordt geen omvangrijke schade gezien.

Zettingen van de ondergrond

Als gevolg van zettingen van de ondergrond kunnen ontsporingen ontstaan. Tijdens het ontwerp van het spoor wordt aandacht besteed aan het optreden van zettingen en worden maatregelen genomen om dit te voorkomen.

Extreem hoge of lage temperaturen

Bij extreem hoge temperaturen kunnen de spoorstaven kromtrekken. Bij extreem lage temperaturen treden problemen op met de wissels ed.

10. Onopzettelijke externe effecten

Bij ***branden in de omgeving*** (industriële branden, of kortsluitingsbrand in de infrastructuur) kan alleen schade optreden schade op indien de brand overslaat naar aanwezige treinen. Bij een brand in de nabije omgeving van het spoor zullen treinen echter niet doorrijden. De kans op overslaande branden is dus zeer klein. Op het industrieterrein 'de Staart' zou eventueel wel een brand kunnen overslaan naar daar stilstaande goederentreinen. Dit is echter niet zozeer een risico van het spoorvervoer, maar van de industrie ter plekke.

Bij een ***krachtige explosie*** (vb. op een nabijgelegen industrieterrein) kan een trein ontsporen door de explosiekrachten zelf, of geraakt worden door rondvliegende brokstukken. Of zo een krachtige explosie kan optreden in de buurt van het spoor is de vraag. Echter, bij een dergelijk groot effect zal het effect van het ontsporen van de trein in het niet vallen. Secundair kan brand optreden (zie boven). Indien de trein door een brandbare gaswolk heen rijdt is er kans op ontsteking en met brandoverslag naar de trein (zie verder het scenario 'Vrijkomen gevaarlijke stoffen').

Een ***Toxische gaswolk*** in de omgeving (met name in industriegebieden) kan in de trein binnendringen. Schade aan passagiers en treinpersoneel is mogelijk door inhalatie van toxische dampen.

5.3 Selectie van scenario's

Aangezien de problematiek van deze studie de risico's voor de omgeving rondom het spoor betreft, zullen alleen die scenario's worden geselecteerd die een bijdrage leveren aan de externe veiligheid. Scenario's die niet tot slachtoffers in de omge-

ving leiden worden niet meegenomen in de analyse. Dit betekent dus ook dat scenario's die alleen tot slachtoffers onder de inzittenden van de trein of treinen niet worden meegenomen. Deze scenario's worden gerekend tot de interne veiligheid. In de beschouwing wordt wel rekening gehouden met scenario's die in de aanloop van een relevant scenario een rol spelen. Deze aanloopgebeurtenissen zullen afzonderlijk worden beschreven.

Uit bovenstaand overzicht van scenario's blijkt dat de grootste schade (slachtoffers) kan ontstaan bij het scenario 'vrijkomen van gevaarlijke stoffen', omdat de effecten van dit scenario zich niet beperken tot de directe omgeving van de trein, maar zich kunnen uitspreiden over een groot gebied in de omgeving van het incident. Daarom wordt het scenario 'vrijkomen van gevaarlijke stoffen' meegenomen in de selectie. Bij een aantal andere scenario's wordt de grootste schade niet veroorzaakt door het oorspronkelijke incident, maar door het vervolgens vrijkomen van gevaarlijke stoffen. Dit is het geval bij aanrijding, botsing, ontsporing. Deze incidenten worden dan ook niet meegenomen als op zichzelf staand scenario, maar als oorzaak voor het scenario 'vrijkomen van gevaarlijke stoffen'.

Brand in een goederentrein zal niet ontstaan door toedoen van passagiers (vb. niet uitgemaakte sigaretten). Wel is het mogelijk dat brand in de trein kan ontstaan door technische defecten. In het algemeen zal het effect van dergelijke branden (warmtestraling) minder ernstig zijn dan bij een plasbrand, ook zal het ongeval zich minder snel ontwikkelen. De kans dat op deze manier een wagon met gevaarlijke stoffen wordt aangestraald (en gevaarlijke stoffen vrijkomen) is dus beperkt. Daarom wordt 'brand in trein' niet meegenomen als apart scenario.

De kans dat onopzettelijke externe effecten a.g.v. industriële activiteiten in de nabijheid van het spoor (brand, explosie, toxische gaswolken) een goederentrein zullen beschadigen is beperkt. Een omgevingsbrand zal bijvoorbeeld snel opgemerkt worden door het personeel van de trein, waarna besloten kan worden om niet verder te rijden. Bij een brand in het station is de kans dat de brand overslaat op een voorbijgaande goederentrein erg klein. Daarom wordt dit scenario niet verder meegenomen.

De kans op instortingen van stationsbebouwing en spoorbruggen is zeer beperkt, daarom worden deze scenario's niet meegenomen in de selectie.

Zowel de schade die ontstaat door natuurinvloeden is beperkt, daarnaast is de kans op het optreden van schade in de meeste gevallen beperkt. Daarom wordt ook dit scenario niet meegenomen.

Bij scenario's waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken, zijn vier categorieën gevaarlijke stoffen te onderscheiden die in grote hoeveelheden vervoerd worden, t.w.: brandbare vloeistoffen, toxische vloeistoffen, brandbare gassen, en toxische gassen. Deze vier categorieën zullen worden meegenomen in de scenarioanalyse. De ove-

rige stofcategorieën, die in kleine hoeveelheden incidenteel vervoerd kunnen worden (radioactieve stoffen, munitie, en bijtende stoffen), zullen niet worden meegenomen, vanwege de kleine hoeveelheden en het incidentele karakter. Daarnaast hebben ongevalsscenario's met bijtende (vloeistof)stoffen met name lokale effecten en zijn minder relevant voor de externe veiligheid.

Bij het scenario 'vrijkomen gevaarlijke stoffen' is vervolgens onderscheid te maken naar de effecten die hierbij optreden in relatie met de betrokken gevaarlijke stoffen. Het gaat om een drietal effecten:

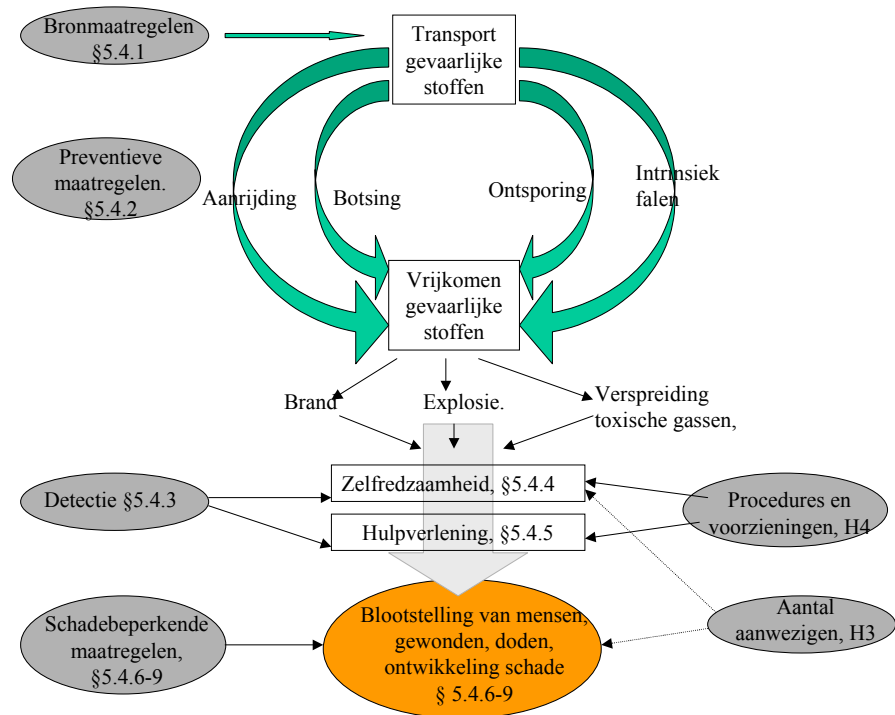
- brand
- explosie
- blootstelling aan toxische vloeistoffen en gassen.

In de volgende paragraaf zullen deze scenario's verder worden uitgewerkt aan de hand van de bovengenoemde vier stofcategorieën die door de Spoorzone Zwijndrecht/Dordrecht worden vervoerd:

- brandbare vloeistoffen
- toxische vloeistoffen
- brandbare gassen
- toxische gassen

5.4 Uitwerking van de geselecteerde scenario's

De geïdentificeerde scenario's worden in deze paragraaf verder uitgewerkt door alle fasen en processen van het scenario te doorlopen, zoals eerder beschreven in paragraaf 5.1: de aanloopfase, het optreden van het incident, detectie en melding, zelfredzaamheid, incidentbestrijding en hulpverlening, en herstelwerkzaamheden. In onderstaande figuur wordt globaal de structuur van de verdere uitwerking geschetst, waarbij is aangegeven waar in het rapport de verschillende maatregelen worden behandeld.



Figuur 5-1 Schematische weergave van de verdere uitwerking van de scenario's en uitwerking van maatregelen.

Toelichting op figuur de indeling van deze paragraaf :

Primair geldt dat het transport van gevaarlijke stoffen en de aanwezigheid van deze stoffen binnen de bebouwde kom de bron vormen van de geïdentificeerde scenario's met vrijkomen gevaarlijke stoffen. In paragraaf 5.4.1 worden de hierbij mogelijke bronmaatregelen besproken.

De aanloop tot de scenario's met vrijkomen van gevaarlijke stoffen wordt veelal gevormd door kleinere incidenten en scenario's zoals aanrijdingen, botsingen en ontsporing of komen voort uit het falen van de tankwagon waarin de gevaarlijke stoffen worden vervoerd. Deze scenario's en maatregelen die hierbij getroffen kunnen worden, worden besproken in paragraaf 5.4.2.

De detectie en alarmering na een incident verloopt voor de verschillende scenario's nagenoeg identiek. In paragraaf 5.4.3 wordt dit beschreven. Bij de uitwerking van de schadeontwikkeling in de paragraaf 5.4.6 tot en met 5.4.9 wordt dit vervolgens gekoppeld aan de schadeontwikkeling, door de invloed van detectie en alarmering op de schadeontwikkeling aan te geven. Op dezelfde manier worden ook de fasen zelfredzaamheid en hulpverlening eerst in algemene zin behandeld en worden mogelijke maatregelen benoemd (paragraaf 5.4.4 en 5.4.5) en wordt in de paragrafen 5.4.6 tot en met 5.4.9 de koppeling gelegd met de schadeontwikkeling.

In de paragrafen 5.4.6 tot en met 5.4.9 wordt voor de scenario's met brandbare vloeistoffen, toxische vloeistoffen, brandbare gassen en toxische gassen vervolgens beschreven hoe de schade zich bij deze scenario's ontwikkelt in de tijd, hoe dit kan worden beïnvloed door (snelle) detectie, zelfredzaamheid en hulpverleningsmaatregelen. Voor deze scenario's wordt voor een voorbeeldlocatie aangegeven wat de optredende schade is, gegeven de aangenomen effectiviteit van zelfredzaamheid, hulpverlening en schadebeperkende maatregelen. De invloed van maatregelen wordt vervolgens ook nog samengevat besproken in hoofdstuk 7 Overzicht risico-reducerende maatregelen.

5.4.1 Bronmaatregelen

Maatregelen aan de bron waarmee de gevaarlijke activiteit wordt weggenomen zijn het meeste effectief. Een voorbeeld van een bronmaatregel is beperken van het transport, door de productie van gevaarlijke stoffen te verplaatsen naar een locatie dichterbij de gebruikers. Voor deze oplossing is gekozen in de discussie over de chloortreinen van Akzo Nobel. De verantwoordelijkheid voor het nemen van deze maatregel ligt grotendeels bij de Rijksoverheid, die hiertoe verplichtingen dient te stellen. Door het verplaatsen van productie naar de gebruikers kan het vervoer en de daarmee samenhangende risico's beperkt worden. Wel kan de nieuwe productie-eenheid dichtbij de gebruikers zorgen voor additioneel risico ter plekke.

Naast het stopzetten van het vervoer kan ook gedacht worden aan routing. De mogelijkheden zijn hier echter beperkt, omdat vrijwel alle sporen in Nederland door bevolkte gebieden lopen. Routing komt dus neer op verplaatsen van het probleem van Dordrecht en Zwijndrecht naar andere locaties, wat niet erg effectief is. Mogelijk zou er nieuw een spoor aangelegd kunnen worden, dat niet door bevolkte gebieden loopt. Momenteel zijn ten aanzien van routing wel ontwikkelingen gaande. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat werkt aan regulering van het vervoer waarbij het spoorwegennet zal worden ingedeeld in categorieën, afhankelijk van de categorie de hoeveelheid gevaarlijke stoffen over het spoor al dan niet aan banden wordt gelegd. Daarnaast zou mogelijk de ingebruikname van de Betuweroute tot andere routing van de huidige vervoersstromen kunnen leiden. Een andere mogelijke ontwikkeling is de aanleg van een dedicated goederenlijn tussen Antwerpen en Rotterdam, die dan niet door of vlak langs (woon)bebouwing gaat.

Een derde bronmaatregel is het kiezen van een andere vervoersmodaliteit, zoals transport over de weg, per schip, of via een buisleiding. Afhankelijk van het type transport en de route van dit transport, kan het risico in Dordrecht en Zwijnrecht dalen. Daar er op dit moment geen regelgeving is die een bepaalde vervoersmodaliteit aanwijst, zijn het economische motieven (van producenten, vervoerders, en gebruikers) die bepalen of hoe het vervoer plaatsvindt. Tabel 5-1 vat deze bronmaatregelen samen.

Tabel 5-1 Mogelijke bronmaatregelen.

Bronmaatregelen	Effectiviteit ¹	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid ²
a) vervoer minimaliseren door verplaatsing productie	++	overheid (regelgeving), producenten en gebruikers	lang
b) route veranderen - Verplaatsen - dedicated route	lokaal: ++, elders: - +	overheid (regelgeving, aanleggen van andere routes)	middellang/lang
c) andere vervoersmodaliteit kiezen	lokaal: + elders: ?	overheid (regelgeving), producenten, vervoerders, en gebruikers	middellang/lang

5.4.2 Aanloophase voor het vrijkomen van gevaarlijke stoffen

Een lek in een tankwagen die een gevaarlijke stof vervoert, of instantaan falen van de tankwagen, kan ontstaan door een ernstige aanrijding, een botsing met een andere trein, een ontsporing. Ook een brand kan leiden tot falen van (andere) tankwagens. Daarnaast kan een lek ontstaan doordat er een defect in de tank optreedt (intrinsiek falen). In de volgende paragrafen worden deze (aanloop)scenario's behandeld. Tevens wordt ingegaan op vervolgsenario's. De paragraaf wordt afgesloten met een overzicht van de, in deze paragraaf behandelde, preventieve maatregelen.

5.4.2.1 Ernstige aanrijding

Een aanrijding kan op verschillende manieren plaatsvinden:

- met kruisend wegverkeer op (gelijkvloerse) overwegen
- met baanwerkers gedurende werkzaamheden
- met achtergelaten materieel na werkzaamheden
- met objecten op de rails
- met onbevoegde personen op de rails (inclusief suïciden).

Ernstige schade aan de tankwagens die kan leiden tot het vrijkomen van gevaarlijke stoffen is eigenlijk alleen te verwachten bij een aanrijding met grote objecten. Aanrijdingen met kleine objecten of met personen zullen in het algemeen niet tot veel schade aan de trein zelf leiden. Voor het vrijkomen van gevaarlijke stoffen is dan alleen relevant: het kruisend wegverkeer op overwegen, en grote objecten (w.o. achtergelaten materieel na werkzaamheden).

¹ Vooral nog wordt de effectiviteit alleen nog aangeduid met ++ en --. In de QRA zal worden aangegeven wat het kansreducerend effect is en kan vervolgens de invloed op het PR en GR worden berekend.

² Kort: ≤ 3 jaar, Midden ≤ 10 jaar, Lang: > 10 jaar.

Aanrijding met kruisend wegverkeer

In Zwijndrecht zijn er gelijkvloerse geen overwegen, in Dordrecht zijn er zeven, t.w. een overweg bij:

1. Kromme Dijk
2. Halmaheiraplein/Crayensteynstraat
3. Laan der Verenigde Naties
4. Zuidendijk
5. Kilweg
6. Wioldrechtse Zeedijk
7. Baanhoekweg (industrieterrein de Staart)

Een aanrijding met kruisend wegverkeer is te voorkomen door het aantal overwegen te beperken, of door de overwegen afdoende te beveiligen. Dit valt onder de verantwoordelijkheid van het ministerie van Verkeer en Waterstaat & Prorail. De overwegen in Dordrecht zijn allemaal beveiligd d.m.v. AHOB, met uitzondering van Baanhoekweg (ter plaatse te bedienen verkeerswegen). Het aantal overwegen beperken is een maatregel die uitvoerbaar is op middellange termijn. Het is bovendien een effectieve maatregel, omdat op deze manier aanrijdingen met kruisend wegverkeer worden uitgesloten. In het kader van de mogelijke ontwikkeling van station Amstelwijck en de aanleg van 2 extra sporen van Dordrecht CS naar Station Amstelwijck worden mogelijk 3 erg drukke overwegen ondertunneld (nl. Laan der Verenigde Naties, Zuidendijk en Kilweg).

Aanrijding met grote objecten

Dat er materieel met een grote omvang op de rails wordt achtergelaten na werkzaamheden is niet waarschijnlijk, omdat het door de grote omvang snel in het oog zal lopen. Belangrijk is wel dat er voorschriften zijn voor het beëindigen van werkzaamheden met controles op achtergelaten. Het opstellen van dit soort voorschriften is de verantwoordelijkheid van Prorail. Andere grote objecten kunnen op het spoor geplaatst worden door vandalen, terroristen e.d. Dit valt buiten de scope van deze studie. Een andere mogelijkheid is dat op een overweg een groot voertuig door mankementen komt stil te staan (zie aanrijding met kruisend wegverkeer). Tabel 5-2 vat de oorzaken en maatregelen voor een ernstige aanrijding samen.

5.4.2.2 Botsing

Een botsing met andere goederentrein of een personen trein kan een aantal oorzaken hebben:

- het negeren van een stopsein, met name bij wissels;
- ontsporing;
- conflicten in dienstregeling of afwijking daarvan, in combinatie met het negeren van een stopsein.

Ten gevolge van een ontsporing waarbij de trein het profiel van vrije ruimte verlaat, zou een passerende trein op de ontspoorde trein kunnen botsen. Maatregelen

om ontsparingen te voorkomen (paragraaf 5.4.2.3), hebben dus ook effect op de kans op vervolgbotsingen.

Het negeren van een stopsein

Bij een wissel kunnen de paden van twee treinen elkaar kruisen. In Dordrecht en Zwijndrecht zijn op verschillende locaties (m.n. rond de stations) wissels aanwezig. Botsingen kunnen met name rondom wissels voorkomen indien een stoptonend sein wordt genegeerd. Een mogelijke maatregel is dus het beperken van het aantal wissels of wissels verplaatsen naar minder risicovolle locaties. Dit valt onder de verantwoordelijkheid van Prorail en zou (vanuit technisch oogpunt) op korte tot middellange termijn kunnen worden gerealiseerd. Wissels zijn echter met name van belang voor het reizigersvervoer en het verwijderen of verplaatsen zal op bezwaren vanuit de exploitatie van het spoor stuiten. Andersom kan bij bouwplannen ook rekening worden gehouden met het gegeven dat op bepaalde locaties (rondom wissels) de kans hoger is en men hier dan terughoudender kan zijn met bebouwing of kan zorgen voor effectbeperkende maatregelen aan de bebouwing. Dit valt onder de verantwoordelijkheid van de overheid/gemeente.

Een andere maatregel om botsingen door negeren van een stoptonend sein te voorkomen is beveiliging d.m.v. bijvoorbeeld ATB. Het gehele traject in Dordrecht en Zwijndrecht is door Prorail voorzien van ATB. ATB (automatische treinbeïnvloeding) is een veiligheidssysteem dat de trein tot stilstand kan brengen na het negeren van een stopsein. De ATB geeft een waarschuwing en een snelremming als de trein sneller rijdt dan is toegestaan. Het ATB systeem heeft echter twee belangrijke beperkingen. Ten eerste accepteert het systeem een 'lichte' remming van de machinist als een afdoende reactie. Ten tweede werkt ATB echter alleen bij snelheden boven de 40 km/uur. Dit betekent dat er bij snelheden van 40 km/uur en lager nog steeds kans is op een botsing. In het studietraject rijden de goederentreinen met snelheden boven de 40 km/uur, ATB kan hier dus ingrijpen. Rondom stations zijn echter ook personentreinen aanwezig, met snelheden lager dan 40 km/uur. Als zo'n trein een stopsein negeert, kan de ATB dus niet ingrijpen. Botsingen van personentreinen met goederentreinen rondom stations zijn dus mogelijk. Zulke botsingen kunnen voorkomen worden door ATB nieuwste generatie. Besluitvorming over toepassing van ATB nieuwe generatie heeft nog niet plaats gevonden, daadwerkelijke toepassing zal eventueel pas op lange termijn plaats vinden.

Een andere manier om botsingen van personentreinen met goederentreinen te voorkomen is door middel van afleidende wissels. Het spoor wordt dan zodanig uitgevoerd dat in geval van een stopsein naar de vrije baan, er één of twee (extra) wissels naar de vrije baan in een zodanige stand staan dat een trein die het stopsein passeert, toch niet op de vrije baan terechtkomt. Dit heeft wel extra wissels tot gevolg, met impliciet een extra kans op botsingen. In hoeverre deze maatregel effectief zou zijn is dus niet duidelijk.

Afwijking dienstregeling

Door afwijkingen in de dienstregeling is de kans dat de treindienstleider een verkeerd sein bedient groter, alsook de kans op een verkeerde reactie op de signalen van de seinen, waardoor de kans op een botsing toeneemt.

Tabel 5-2 vat de oorzaken en maatregelen voor een botsing samen.

5.4.2.3 Ontsporing

Een ontsporing van een trein kan met name optreden door defecten aan het treinmaterieel of bij knelpunten in de infrastructuur. Een voorbeeld van een defect aan het treinmaterieel zijn warmdraaiende assen. Deze kunnen worden gedetecteerd door zgn. hotbox detectie. Deze infrarood detectie zit op regelmatige afstanden langs het spoor gemonteerd. De effectiviteit van de hotbox detectie hangt af van hoe wordt omgegaan met het verkregen signaal. Als het signaal direct bij de machinist binnenkomt, kan deze snel actie ondernemen en de trein op een veilige manier tot stilstand brengen. In Dordrecht en Zwijndrecht is geen werkend hotbox detectie systeem aanwezig.

Bij knelpunten in de infrastructuur kan worden gedacht aan bijvoorbeeld “scherpe” bochten in combinatie met een te hoge snelheid. Het spoor van station Dordrecht naar Lage Zwaluwe heeft een scherpe bocht. Langs het spoor staan echter borden waarop de maximum snelheid staat aangegeven.

Naast bovengenoemde oorzaken kan een ontsporing ook veroorzaakt worden door een aanrijding, of een botsing (zie resp. paragraaf 5.4.2.1 en 5.4.2.2).

Een ontspoorde trein kan zodanig ontspoord zijn dat een deel van het treinstel zich op een naastgelegen spoor begeeft, met als gevolg een botsing. Om dit te voorkomen, kan er meer ruimte tussen twee sporen vrij gemaakt worden. Een andere maatregel is ontsporinggeleiding, waarbij bijvoorbeeld een betonnen constructie naast het spoor het draaistel leidt en ervoor zorgt dat de trein min of meer op zijn baan blijft [1]. Een dergelijke geleiding kan ook de kans op kantelen verminderen, en de kans op doorboringen. Ontsporinggeleiding is alleen mogelijk op delen van het spoor waar geen wissels aanwezig zijn.

Tabel 5-2 vat de oorzaken en maatregelen voor een ontsporing samen.

5.4.2.4 Intrinsiek falen

Intrinsiek falen van een tankwagen (lekkage, of instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud) kan veroorzaakt worden door een verkeerde materiaalkeuze, of een verkeerde (of afgenomen) wanddikte. Om dit te voorkomen zijn er richtlijnen. De-

ze staan vermeld in de Regeling vervoer per spoor van gevaarlijke stoffen (VSG). De verantwoordelijkheid voor het naleven van deze richtlijnen ligt bij de fabrikant van de tankwagens. Daarnaast kan slecht onderhoud een bijdrage leveren aan het falen van een tankwagen. Om dit te voorkomen dienen tankwagens goed onderhouden te worden en regelmatig geïnspecteerd. Onderhoud en inspectie van tankwagens is de verantwoordelijkheid van de vervoerder. Daarnaast worden ketelwagens regelmatig door de Inspectie Verkeer en Waterstaat geïnspecteerd. Regelgeving (Europese overeenkomsten) m.b.t. inspectie staat ook vermeld in de VSG.

Tabel 5-2 vat de oorzaken en maatregelen voor intrinsiek falen samen.

5.4.2.5 Vervolgscenario's

Scenario's met vrijkomen van gevaarlijke stoffen zijn meestal vervolgscenario's op een botsing en ontsporing. De kans op beschadiging van de tankwagon en dientengevolge vrijkomen van gevaarlijke stoffen is bij grote snelheden groter dan bij lage snelheden. Beperking van de snelheden kan dus een effectieve maatregel zijn.

Sommige scenario's kunnen leiden tot het optreden van andere scenario's, zgn. domino-effecten. Zeker, omdat bij het transport van gevaarlijke stoffen door Dordrecht en Zwijndrecht gebruik gemaakt wordt van bonte treinen (m.u.v. het chloortransport¹). Een incident waarbij toxische vloeistof of toxisch gas vrijkomt zal in het algemeen niet leiden tot het vrijkomen van andere gevaarlijke stoffen, omdat deze twee scenario's niet leiden tot schade aan andere tankwagens. Bij het vrijkomen van brandbare vloeistof of brandbaar gas kan dit echter wel.

Bij het vrijkomen van brandbare vloeistof kan een plasbrand ontstaan, waardoor in de nabijheid aanwezige tankwagens aangestraald kunnen worden. Dit kan leiden tot het instantaan vrijkomen van toxische of brandbare gassen, waardoor het slachtofferaantal aanzienlijk hoger kan worden.

Een maatregel die hier tegen gericht is, is het rijden met zogenaamde bloktreinen. Dit houdt in dat in treinen van een bepaalde stof niet in combinatie met andere (gevaarlijke) stoffen worden vervoerd. Met name door het uitsluiten van de combinatie brandbare vloeistof – brandbaar of toxisch gas wordt de kans op een Warme BLEVE zeer sterk gereduceerd: een van de belangrijkste oorzaken (qua grootte van de kans) is namelijk de aanstraling van de LPG-tankwagon bij plasbranden. Deze oorzaak komt te vervallen bij bloktreinen voor LPG-transport.

Andere mogelijkheden om een BLEVE ten gevolge van aanstraling door een brand te voorkomen zijn:

- vroegtijdig blussen van de brand door de hulpverleningsdiensten of door automatische blussystemen;

¹ Dit volgens de door Prorail verstrekte gegevens in bloktreinen plaats.

- hittewerende bekleding op de tankwanden, waardoor de opwarming beperkt blijft.

De effecten die optreden bij het vrijkomen van een brandbaar gas (BLEVE, gaswolkbrand, fakkel) kunnen allemaal schade aan andere tankwagens veroorzaken, waarbij brandbare vloeistof, toxische vloeistof, toxisch gas, en brandbaar gas kunnen vrijkomen.

De schade die optreedt bij opvolgende scenario's kan worden vastgesteld door de schade van de afzonderlijke scenario's vast te stellen en op te tellen. Daarbij moet wel worden bedacht dat bij overlappende schadegebieden dezelfde schadelijke effecten maar een keer optreden, dus twee BLEVE's vlak na elkaar op ongeveer dezelfde locatie levert een vrijwel gelijk schadebeeld op als één BLEVE. De schade die bij de verschillende scenario's optreedt, is uitgewerkt in de paragrafen 5.4.6 tot en met 5.4.9. Een uitzondering geldt voor het geval waarbij de brokstukken van een BLEVE (met een brandbaar gas) schade bij een tankwagon met toxisch gas veroorzaakt, waarbij dit gas ook instantaan vrijkomt. In dat geval geldt voor het schadegebied van de brandbaar gas-BLEVE dat de ramen gesprongen zijn en de blootstelling aan de toxische gassen hoger is. In dat geval treedt er dus een extra schade-effect op. Gezien de uitzonderlijk lage kans van een dergelijk ongeval wordt verdere uitwerking van dit scenario echter achterwege gelaten.

5.4.2.6 Preventieve maatregelen in de aanloopfase

Tabel 5-2 vat de oorzaken en preventieve (kansreducerende) maatregelen in de aanloop- en ontwikkelingsfase van de scenario's samen.

Tabel 5-2 Overzicht preventieve maatregelen.

Oorzaak	Maatregelen	Effectiviteit	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid ¹
<i>Ernstige aanrijding</i>				
- met kruisend wegverkeer op overwegen	- aantal overwegen beperken - overwegen (beter) beveiligen	++	ministerie van V&W, Prorail	middellang kort bestaand
- met achtergelaten materieel na werkzaamheden	- voorschriften voor het beëindigen van werkzaamheden, met controles op achtergelaten materieel	+	Prorail	bestaand
<i>Botsing met goederen- of personentrein</i>				
- negeren stopsein, m.n. bij wissels	- wissels beperken - wissels beveiligen - wissels verplaatsen - maatregelen aan bebouwing rond risicolocaties - bebouwing beperken rond risicolocaties	++ + + + +	Prorail gemeente gemeente	lang kort middellang kort/middellang middellang/lang bestaand
	- ATB - ATB nieuwste generatie - afleidende wissels	+ + ?	Prorail	lange termijn middellang?
- ontsporing	zie ontsporing			
- conflicten door dienstregeling of afwijking daarvan	- dienstregeling aanpassen, afwijkingen tijdig communiceren	+	Prorail	kort
<i>Ontsporing</i>				
- knelpunten in infrastructuur (vb. te scherpe bochten)	- infrastructuur aanpassen - protocol voor omgaan met knelpunten in infrastructuur	+	Prorail	lang kort
- warmdraaiende assen	- hotbox detectie waarbij machinist direct signaal krijgt	+	Prorail	kort
- aanrijding	zie aanrijding	-	-	-
- botsing	zie botsing	-	-	-
Effecten (botsing, doorboring) beperken	- meer ruimte tussen sporen in - ontsporinggeleiding	++	Prorail	middellang/lang
<i>Intrinsiek falen</i>				
- verkeerde materiaalkeuze	- VGS richtlijnen voor ontwerp	?	Tankwagengabrikant	bestaand

¹ Kort: ≤ 3 jaar, Midden ≤ 10 jaar, Lang: > 10 jaar.

Oorzaak	Maatregelen	Effectiviteit	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid ¹
- verkeerde (of afgenomen) wanddikte	- VGS richtlijnen voor ontwerp - inspectie wanddikte gedurende levensduur van de tankwaggen	?	Tankwaggen fabrikant Vervoerder	bestaand kort
- slecht onderhoud	- onderhoudsprotocollen (regels), regelmatige inspecties	?	Overheid	kort
<i>Vervolgscenario's/domino-effecten</i>				
- beschadiging tank	lagere snelheden	++	Overheid/Prorail	kort/midden
- beschadiging tank door warmtestraling of rondvliegende brokstukken	- geen bonte treinen	+	Overheid/Prorail	kort/midden
	- vroegtijdig blussen door hulpverleningsdiensten	+	hulpverleningsdiensten	kort
	- vroegtijdig blussen door automatische blussystemen	+	Prorail/gemeente	midden/lang
	hittewerende bekleding op de tank	+	vervoerder, regelgeving overheid	

5.4.3 Detectie en melding

In het algemeen geldt dat het vrijkomen van gevaarlijke stoffen (instantaan, of continu) als gevolg van een botsing, ontsporing, of aanrijding opgemerkt zal worden door het treinpersoneel of door dan toestromende toeschouwers [14]. Het vrijkomen van gevaarlijke stoffen door intrinsiek falen (zoals bijvoorbeeld lekkende afsluiters) zal doorgaans alleen worden gedetecteerd als de goederentrein stil staat (vb. door een opvallende geur). Aangezien goederentreinen doorgaans niet stilstaan in het studiegebied is de kans op detectie van dit soort lekkages zeer klein.

Bij een incident zoals een ontsporing, aanrijding, of botsing, meldt in 80% van de gevallen een machinist aan de treindienstleider van de Rvl dat er een incident is, door middel van de telerailnoodknop en/of radiocontact [14]. Bij gebruik van de noodknop worden ook andere treinen in het gebied gewaarschuwd, die vervolgens snelheid minderen en op zicht verder rijden. Als de treindienstleider een melding binnen krijgt van een incident, neemt hij contact op met de CMK en de Prorail 'backoffice'. De Prorail 'backoffice' zorgt er voor dat de CMK en alle spoorse betrokkenen gealarmeerd worden middels een geautomatiseerd systeem (GAOS):

- de algemeen leider (AL);
- de vervoerders;

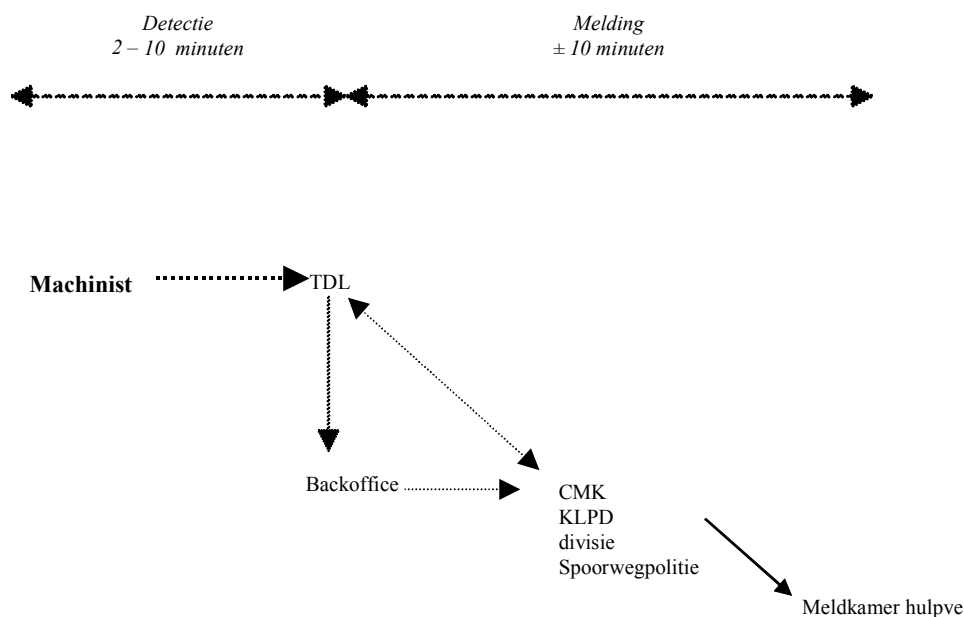
- de wachtdienst van NS Stations;
- Railinfrabeheer;
- NS Reizigers.

De CMK neemt vervolgens contact op met de hulpverleningsdiensten

Het incident kan daarnaast gemeld worden door een machinist van andere (passe-rende) treinen. Een incident kan ook door omstanders gemeld worden via 112. De melding komt dan binnen bij de meldkamer van de KLPD in Driebergen. Deze meldkamer alarmeert vervolgens de Centrale Meldkamer van de NS organisaties. Momenteel wordt overwogen om de CMK onder te brengen bij de meldkamer van de KLPD. De CMK zal vervolgens de treindienstleider alarmeren.

De treindienstleider kan ook zelf een incident detecteren, doordat op een beeldscherm de bewegingen van de treinen te zien zijn. Ook kan de treindienstleider zien of het gaat om een goederen- of personentrein. De treindienstleider kan dus zien dat een goederentrein stilstaat op een verkeerd moment of op een verkeerde locatie. Als de treindienstleider dit opmerkt, zal hij contact proberen op te nemen met de machinist. Lukt dit niet, dan zal de hij contact opnemen met een tegentrein, met het verzoek ter plekke te kijken wat er aan de hand is met de stilstaande trein. Wanneer de treindienstleider bevestigd krijgt dat er inderdaad een incident heeft plaatsgevonden, gaat hij over tot melding aan de CMK en de backoffice, zoals eerder vermeld. Hierbij moet wel vermeld worden dat de treindienstleider dit soort incidenten alleen kan waarnemen door continu naar het beeldscherm te kijken. Dit vormt echter geen onderdeel van zijn taak [21]. Het is dus niet waarschijnlijk dat de treindienstleider op deze manier incidenten snel waarneemt.

De tijd tussen het optreden van het incident en het moment dat bij de treindienstleider duidelijk is dat er een incident is, kan dus variëren van 2 tot 10 min. De RvI streeft er naar om, als het incident bekend is bij de treindienstleider, binnen maximaal 10 minuten de CMK en de betrokkenen te alarmeren. Figuur 5-2 geeft een overzicht van het proces van detectie en melding.



Figuur 5-2 Het proces van detectie en melding.

Nagegaan zou moeten worden of er middelen en of procedures zijn waardoor de melding sneller bij de hulpverleningsdiensten aankomt, zonder dat daarbij de eenduidigheid van de procedure wordt aangetast. Hierbij kan ook de inzet van automatische detectie apparatuur en camera's worden meegenomen.

De hulpverleningsdiensten geven aan dat de melding die zij binnen krijgen van de CMK vaak geen exacte plaats van het incident (vb. km aanduiding) aangeeft [15], [19]. Daardoor kan het langer duren voordat de hulpverlening ter plekke is. Ook wordt vaak niet doorgegeven aan welke zijde van het spoor het incident is opgetreden, waardoor in sommige gevallen de hulpverlening het incident van de verkeerde zijde nadert en kostbare tijd verloren gaat door alsnog naar de andere zijde van het spoor toe te moeten gaan. De tijd die verloren gaat door een onduidelijke melding van de locatie wordt geschat op maximaal 5 minuten (= 50% van de aanrijdtijd). De aanrijdtijden van hulpverleningsdiensten kunnen dus met maximaal 50% verkort worden door bij de melding een exacte locatie door te geven (vb. km-aanduiding) en aan te geven aan welke zijde van het spoor het incident is.

Bij de melding is doorgaans niet bekend om welke gevaarlijke stof het gaat.

Tabel 5-3 vat de belemmerende factoren bij detectie en melding van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen.

Tabel 5-3 Belemmerende factoren + maatregelen bij detectie en melding.

Belemmerende factoren bij detectie en melding	Maatregelen	Effectiviteit	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid
melding gaat over verschillende schakels	snellere meldingsprocedure+ evt. nieuwe techniek (automatische detectie, camera's en doormelding.)	+	Prorail, hulpverleningsdiensten	kort/midden
geen exacte locatie bij melding	bij melding km aanduiding en zijde van het spoor geven, protocol voor alarmcentrales	max. 50% verkorting van aanrijdtijd	machinist, treindienstleider Prorail, CMK, brandweer, GHOR	kort

5.4.4 Zelfredzaamheid

Zelfredzaamheid behelst de ontvluchting van de aanwezige personen op eigen kracht. Over het algemeen vindt dit al plaats voor dat de hulpverleningsdiensten ter plaatse zijn. Duidelijke aanwijzingen in de treinen en op stations en instructies van het treinpersoneel of op de stations door servicemedewerkers van NS Stations kunnen een ontruiming aanzienlijk bespoedigen. Voor het station in Dordrecht is hiervoor door NS Stations een ontruimingsplan opgesteld (zie ook paragraaf 4.1.5). Voor de overige stations langs het traject is dit niet het geval. Voor alle stations geldt dat de ruimtes weinig gecompliceerd zijn en vrij open. Hierdoor vormt de ruimte op zich nauwelijks een belemmering om snel te vluchten. De fysiek benodigde tijd om de perrons of het stationsgebouw te ontruimen zal naar verwachting niet meer dan ca. 5 minuten bedragen. De meeste tijd zal verloren gaan met het feit dat de aanwezigen niet weten dat ze moeten vluchten en waar ze naar toe moeten. Bij scenario's waar het gevaar daadwerkelijk gevoeld kan worden, zal men wel snel op eigen initiatief wegvluchten, tot op een afstand waarop het gevaar niet meer wordt gevoeld (daar waar men geen last meer heeft van de warmtestraling en rook). Voor dreigend gevaar (een explosie of instorting van het gebouw of stationsoverkappingen) zullen duidelijke instructies nodig zijn. Ook bij vrijkomen van toxische stoffen zal het minder duidelijk zijn wat het gevaar is en zullen mensen minder goed weten wat ze moeten doen.

Voor scenario's waarbij de gevolgen uitstrekken tot buiten het spoor of stationsgebied geldt dat de aanwezigen in de bedreigde gebieden geen zicht zullen hebben op het ongeval en niet de neiging zullen hebben om te vluchten. Hier zijn instructies van hulpverleners noodzakelijk om mensen tot het gewenste gedrag aan te zetten van groot belang. Gezien de benodigde tijd voor detectie en melding (zie paragraaf 5.4.3) en vervolgens de voor de hulpverleningsdiensten benodigde tijd om ter plaatse te komen (verder uitgewerkt in paragraaf 5.4.5) zal ontruiming onder bege-

leiding van hulpverleningsdiensten over het algemeen te laat worden ingezet. Voor ontruiming van een groot gebied met daarin woningen, kantoren en andere bedrijvigheid zal ook veel capaciteit nodig. Voor de aansturing van de zelfredzaamheid bestaat verder nog het middel om de sirenes te laten gaan. Bij dit signaal dient iedereen naar binnen te gaan en ramen en deuren te sluiten. Ingeschat wordt dat de sirenes binnen ca. 60 minuten na ontvangst van de melding in de gemeenschappelijke meldkamer worden aangezet. De praktijkervaring leert dat lang niet iedereen alert op de sirene reageert. Bovendien geldt dat niet voor alle scenario's naar binnen gaan en ramen en deuren sluiten de beste remedie is. In de paragrafen 5.4.6 tot en met 5.4.9 zal per scenario nader worden ingegaan op de gewenste vorm van zelfredzaamheid en de effectiviteit in relatie tot reductie van het aantal slachtoffers.

Tabel 5-4 Maatregelen ter verhoging van de zelfredzaamheid.

Zelfredzaamheid	Maatregelen	Effectiviteit	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid
ontruiming station	duidelijke instructies en snel inzetbare oproepinstallatie	+	Prorail/hulpverleningsdiensten	kort/middellang
ontruiming omgeving	procedures en afspraken, voorbereiding, snelle inzet sirenes, geluidswagens	+	hulpverleningsdiensten	kort?

5.4.5 Incidentbestrijding en hulpverlening

De brandweer zorgt voor de redding van slachtoffers en voor het creëren van een veilige situatie door middel van bron- en effectbestrijding (blussen, koelen, lekkage dichten, plas afdekken e.d.). De brandweer stelt (in overleg met de politie) vast of ontruiming noodzakelijk is en zo ja welk gebied. De politie zorgt dan hoofdzakelijk voor de uitvoering en coördinatie van de ontruiming. De GHOR draagt zorg voor de medische hulpverlening. Opvang en registratie zijn taken die tot de verantwoordelijkheden van de gemeentelijke organisaties liggen. Deze worden in deze studie niet verder uitgewerkt.

Doorgaans is de brandweer binnen 10 minuten na de melding ter plaatse, d.w.z. aanwezig langs het spoor. De brandweer geeft aan dat zij in geval van een groot incident waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen nauwelijks tot geen bijdrage kan leveren aan de schadebeperking [19]. Dit heeft een aantal oorzaken:

1) *De incidentlocatie is niet exact gegeven bij de melding*

Dit knelpunt is ook reeds in de paragraaf m.b.t. de melding genoemd (paragraaf 5.4.3). Omdat de melding vaak geen exacte locatie van het incident op het spoor geeft, moet de brandweer deze locatie nog bepalen. Dit wordt bemoeilijkt door de hoge bebouwing op een aantal locaties langs het spoor. Daarnaast zijn er op veel locaties (met name in Zwijndrecht, maar ook in

Dordrecht) geluidsschermen aanwezig die het zicht bemoeilijken. De aanrijdtijd zou in zulke gevallen aanzienlijk verbeterd kunnen worden als bij de melding een exacte locatie (km-aanduiding) en de zijde van het spoor gegeven was [19], [15]. Een tweede knelpunt ten aanzien van de aanrijdtijd is dat het spoor zelf ook een barrière vormt in de aanrijdroute. Afhankelijk van de locatie zal gebruik moeten worden gemaakt van een van de overwegen. Voor de gelijkvloerse overwegen geldt dat deze geblokkeerd kunnen raken door het stilgelegde treinverkeer. Ook in normale situaties geldt dat er zeer regelmatig voor dichte spoorbomen moet worden gewacht.

2) *De incidentlocatie is slecht bereikbaar*

Om te kunnen bepalen waar het incident precies is, moet de brandweer het spoor op. Daarvoor moet eerst het treinverkeer rond de incidentlocatie worden stilgelegd door de RvI. Daadwerkelijk het spoor betreden wordt ernstig bemoeilijkt doordat naast het spoor op veel plaatsen geluidsschermen zijn aangebracht. In de geluidsschermen zijn om de ca. 600 meter vluchtdeuren aangebracht. De vluchtdeuren kunnen door de Brandweer met een sleutel geopend worden. Bijkomend probleem in Zwijndrecht en in delen van Dordrecht is dat het spoor zich boven het maaiveld bevindt (aanloop voor de Stadsbrug over de Oude Maas) en dus niet bereikbaar is met de auto. De problematiek die hier beschreven is, geldt ook voor het personeel van de GHOR [15]. Een maatregel die op korte termijn de bereikbaarheid zou verbeteren, is het mogelijk maken dat de hulpdiensten de vluchtdeuren makkelijk van buiten kunnen openen en de onderlinge afstand tussen vluchtdeuren te verkleinen. Voor een snelle inzet met eigen hogedruksputten zijn toegangsmogelijkheden om de 50-100 meter lengte gewenst, gezien de lengte van de slangen van de hoge druk spuiten (90 meter). Een meer structurele verbetering van de bereikbaarheid is te realiseren door daarnaast een weg aan weerszijden van het spoor aan te leggen, die vrij toegankelijk is voor de hulpverleningsdiensten. [19].

3) *Bij de melding is vaak niet bekend om welke gevaarlijke stoffen het gaat.*

Als de brandweer eenmaal op het spoor is, kan de verkenning beginnen. Vaak moet ter plekke bepaald worden om welke stoffen het gaat door eigen waarneming (vb. geur), door de etikettering op de wagons, of dmv de wagenlijst die de vervoerder naar het CMK heeft gefaxt. Elke goederentrein beschikt bij vertrek over een wagenlijst, waarop vermeld staat: de volgorde van de wagons, welke stoffen vervoerd worden, en in welke wagons. Kleine vervoerders faxen deze wagenlijst vóór vertrek naar de CMK. Railion heeft de wagenlijst in een geautomatiseerd systeem (BRAVO) en stelt bij een incident de lijst ter beschikking aan de CMK. Zelfs met wagenlijst in de hand kan het nog enige tijd duren voordat duidelijk is wat er in de lekende wagon zit, omdat ter plekke bepaald moet worden om welke wagon het gaat. De procedure m.b.t. het ter beschikking stellen van de wagenlijsten is dus voor verbetering vatbaar.

4) *De blusvoorzieningen zijn slecht.*

Er zijn weinig bluswatervoorzieningen langs het spoor. Door de grote afstand tussen de vluchtdeuren (gemiddeld 600 m), kan het voor de brandweer lastig zijn het incident met blusmaterieel te bereiken. Voor blussen met schuim moet de brandweer het incident tot op 30 m kunnen naderen, voor blussen met water kannonen tot op 100 m. In dat geval is afschakelen van de bovenleiding wel eerst vereist. Als een incident heeft plaatsgevonden halverwege twee vluchtdeuren kan de brandweer de incidentlocatie dus moeilijk bereiken (300 m tot incident). Vluchtdeuren op kortere onderlinge afstand kunnen dit probleem verhelpen. Daarnaast kunnen de bluswatervoorzieningen rond knelpunten (vb. locaties met veel wissels) aanzienlijk verbeterd worden. Om effectief te kunnen blussen of koelen van een tank is ca. 6000 l/ minuut water nodig en 3 blusvoertuigen of waterkannonen. Dit betekent dat op de meeste plaatsen extra voorzieningen nodig zijn. Dit kan in de vorm van watergangen (een soort sloot) en op plaatsen waar dit niet mogelijk is zouden droge blusleidingen met voldoende aansluitpunten aangelegd kunnen worden. Ook automatische blusinstallaties zijn een mogelijke oplossing voor dit probleem in combinatie met het probleem van de slechte bereikbaarheid van het spoor. Een andere mogelijkheid die aan beide problemen (slechte bereikbaarheid en onvoldoende voorzieningen) is het stationeren van bestrijdingsmiddelen op een nabijgelegen emplacement (in dit geval Kijfhoek). Nadeel van deze maatregel is, is dat de verwachting is dat het geruime tijd (ongeveer een uur) zal duren voordat een dergelijke trein kan worden ingezet en terplekke is. Prorail beschikt overigens ook middelen die bij calamiteiten op het spoor kunnen worden ingezet. Ook hiervoor geldt dat het geruime tijd zal duren voordat dit ter plaatse is.

Afgezien van het bovenstaande geldt dat de brandweer over het algemeen pas begint met bluswerkzaamheden nadat het gebied spanningsvrij is (ruim uitschakelen). De brandweer initieert dit, door ruim uitschakelen aan te vragen. Mede hierdoor en door bovenstaande problematiek is kan pas na 30 – 45 minuten echt met (blus)werkzaamheden worden begonnen. In principe kan overigens, indien bepaalde veiligheidsmaatregelen in acht worden genomen, ook met beperkte capaciteit (met handstralen) geblust worden voordat de bovenleiding spanningsvrij is.

De eerste ambulance van de GHOR is binnen 15 minuten na de melding ter plekke. In principe zal de GHOR zich buiten het directe schadegebied richten op het opvangen en verzorgen van gewonden. Als het nodig is de incidentlocatie te betreden, zal het personeel dit pas doen als de brandweer aangeeft dat het veilig is. Het ambulancepersoneel zorgt voor triage van de slachtoffers, opvang, behandeling, en vervoer van slachtoffers [15]. Na een melding kan binnen 15 minuten de eerste ambulance ter plekke zijn. Bij ongevallen met zeer ernstig letsel zal een traumateam of medisch mobiel team worden gealarmeerd. Bij ongevallen met veel gewonden en waarvoor geldt dat gedurende langere tijd opvang en verzorging nodig is zal een geneeskundige combinatie worden gealarmeerd.

In de volgende gevallen wordt een Officier van Dienst Geneeskundig (OvDG) gealarmeerd:

- als er meer dan 3 ambulances nodig zijn;
- bij inzet van een medisch mobiel team;
- bij een dodelijk ongeval;
- op verzoek van een ambulance;
- bij het afkondigen van GRIP door één van de hulpverleningsdiensten.

De OvDG kan een GRIP afkondigen en blijft verantwoordelijk voor de directe aansturing van de geneeskundige diensten ter plaatse.

De hulpverleningsdiensten naderen het incident bovenwinds als bekend is dat er gevaarlijke stoffen bij betrokken zijn. Dit kan, afhankelijk van de locatie, de aanrijtijd vertragen, omdat het incident in een omtrekkende beweging genaderd moet worden. De GHOR en politie volgen hierbij aanwijzingen van de brandweer op en zullen op afstand blijven totdat de brandweer aangeeft dat het gebeid veilig is. Eventueel zal de brandweer slachtoffers uit onveilige ruimten redden en naar een veilige plek brengen, waar de GHOR vervolgens de medische behandeling kan starten. Bij ongelukken met gevaarlijke stoffen wordt gebruik gemaakt van het Chemiekaartenboek om de eigenschappen van de betrokken stoffen op te zoeken.

De belemmerende factoren die zijn geïdentificeerd, staan samengevat in Tabel 5-5.

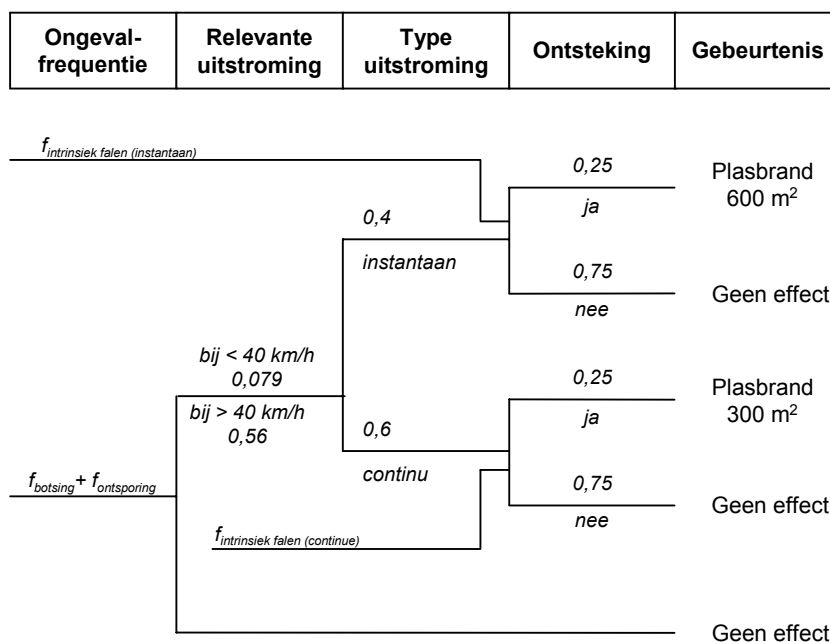
Tabel 5-5 Belemmerende factoren bij incidentbestrijding en hulpverlening.

Belemmerende factoren bij incidentbestrijding & hulpverlening	Maatregelen	Effectiviteit	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid
1. Incidentlocatie niet exact gegeven	Bij melding km-aanduiding en zijde van het spoor vermelden	+ (verkortingsaanrijtijd)	Machinist, RvI, CMK, Brandweer, GHOR	Kort
2. Incidentlocatie vaak slecht bereikbaar door geluidsschermen, in Zwijndrecht ook doordat spoor boven maaiveld ligt	- vluchtdeuren op korte onderlinge afstand ([50-100m], die makkelijk te openen zijn door hulpdiensten	+ (hulpdiensten eerder ter plekke)	Brandweer, GHOR, Prorail	Kort, middenlang
	- naast het bovenstaande, op slecht bereikbare locaties een weg aan weerszijden van het spoor, die vrij toegankelijk is voor de hulpdiensten	++ (structurele verbetering)	V&W, gemeenten, Prorail	Middenlang
3. Bij melding is niet bekend om welke stoffen het gaat	procedure wagenlijsten verbeteren	+	Prorail	Kort?
4. Slechte blusvoorzieningen	- incident bereikbaarheid verbeteren door vluchtdeuren op kortere onderlinge afstand	+	Prorail/gemeente	Kort/middellang
	blusvoorzieningen bij knelpunten verbeteren: - watervoorziening - blusleidingen - automatische blusinstallaties - "bluswagons" standby	+	gemeente	Kort/middellang

5.4.6 Schadeontwikkeling bij vrijkomen brandbare vloeistoffen

De gevolgen van het vrijkomen van brandbare vloeistof worden in eerste instantie bepaald door de plasgrootte en of er al dan niet ontsteking van de gevormde vloeistofplas plaatsvindt. Indien er geen ontsteking plaats vindt, treedt er ook geen schade op. Wel zal de vrijgekomen vloeistof moeten worden opgeruimd, waardoor er gedurende enige tijd belemmering van het treinverkeer zal optreden. Indien er wel ontsteking plaatsvindt wordt de omvang van de brand bepaald door ontstane plasgrootte.

Figuur 5-3 toont het mogelijke verloop van het incident, waarbij in de vakjes bovenin de mogelijk vervolgebeurtenissen worden gegeven, en in de figuur zelf is aangegeven wat de kans van het al dan niet optreden van een vervolgebeurtenis is. De hierbij weergegeven vervolgekansen zijn de kansen zoals deze thans worden gehanteerd in kwantitatieve risicoanalyses (conform het Paarse Boek, [7]).



Figuur 5-3 Verloop van het scenario 'vrijkomen van brandbare vloeistof'.

Figuur 5-3 geeft ook het verschil aan in plasgrootte, afhankelijk van het type uitstroming (continu of instantaan¹). Volgens het Paarse Boek [7] dient uit te worden gegaan van de volgende plasgroottes:

- Continue uitstroming: een plasgrootte van 300 m².

¹ Bij instantane uitstroming komt de hele inhoud van de tankwaggen in één keer vrij.

– Instantane uitstroming: een plasgrootte van 600 m².

Uiteraard zijn andere plasgroottes ook mogelijk. Bovenstaande plasgroottes worden algemeen als twee representatieve plasgroottes beschouwd. Bij deze plasgroottes is er uitgegaan van de aanwezigheid van een ballastbed.

Bij een uitstroming ten gevolge van beschadiging van de tank ten gevolge van een botsing of een ontsporing is de snelheid waarbij het ongeluk plaats vond ook van belang. Bij lage snelheden is de kans op een ernstige beschadiging geringer. Of er een continue (lekkage) of instantane uitstroming plaats vindt, hangt ook af van de het materiaal waar de tankwagen van gemaakt is en de wanddikte. Daarnaast is van belang dat tankwagens regelmatig geïnspecteerd worden, om lekkages te voorkomen. Richtlijnen voor het ontwerp en inspectie van ketelwagens staan in de VGS. Bij een continue uitstroming wordt de plasgrootte bepaald door de gatgrootte van de lekkage en de duur van de uitstroming. Om de plasgrootte te kunnen beperken is het daarom van belang dat eventuele lekkages snel gedetecteerd worden, zodat maatregelen genomen kunnen worden om de lekkage te dichten of de brandbare vloeistof gecontroleerd op te vangen en te verwijderen. Om lekkages te kunnen detecteren zal na een ontsporing, botsing, of ernstige aanrijding de goederentrein moeten worden gecontroleerd op lekkages.

De plasgrootte wordt bepaald door de fysieke omgeving. Als de brandbare vloeistof zich ongehinderd kan verspreiden, zal de plas groter worden dan als er plasbeperkende maatregelen zijn genomen. Hoe groter de plas, hoe meer kans op slachtoffers. Het ballastbed wat nu onder het spoor ligt, zorgt al voor enige reductie van het plasoppervlak doordat een groot deel van de vloeistof in de het ballastbed zal worden opgenomen.

Afgezien van type uitstroming en fysieke omgeving kan de plasgrootte bepaald worden door de inhoud van de tankwagens. Hoe groter de tankwagen, hoe meer vloeistof zal vrijkomen. Dit kan ondervangen worden door kleinere tankwagens te gebruiken. Dit betekent echter wel dat (bij gelijkblijvende te vervoeren hoeveelheid) het aantal wagens toeneemt, en dus een toename van de kans. De effectiviteit van kleinere tankwagens is dus niet direct duidelijk. Bovendien is deze maatregel ook niet erg reëel. Een andere maatregel zou kunnen zijn het compartimenteren van tankwagens, zodat bij een gat in één compartiment niet de hele tankinhoud vrijkomt. Of dit een haalbare maatregel is, is nog niet duidelijk. Deze maatregel moet worden uitgevoerd door de producenten van tankwagens. De termijn waarop dergelijke maatregelen in werking zouden kunnen treden is dus middellang tot lang. Bovendien geldt dat in de huidige situatie veelal geldt dat er een ballastbed aanwezig is dat de plasvorming sterk beperkt. De in de risicoanalyse gebruikte plasgroottes zijn dus al betrekkelijk klein, zodat de effectiviteit van maatregelen gericht op een kleinere uitstroming ook zeer beperkt zal zijn.

De plasgrootte en ontsteking van de plas zijn primaire oorzaak voor het ontstaan van schade. Daarnaast wordt de schadeomvang bepaald door het aantal aanwezigen

dat wordt blootgesteld aan warmtestraling of vuur. Afscherming van de warmte middels brandwerende muren of het toepassen van brandwerende muren in de gebouwen in de directe omgeving kan met name materiële schade beperken.

Tabel 5-6 geeft een overzicht van de factoren die het optreden en de omvang (effect en schade) van het incident beïnvloeden.

Tabel 5-6 *Beïnvloedende factoren voor de schadeontwikkeling bij een plasbrand.*

Optreden/Omvang	Maatregelen	Effectiviteit	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid
<i>Optreden</i>				
beschadiging tank door ongeval of intrinsiek falen	lagere snelheid sterkere tank: - richtlijnen voor materiaalkeuze - richtlijnen voor wanddikte - inspectie & onderhoud	++	Prorail	middellang bestaand (VGS) bestaand (VGS) bestaand (VGS)
<i>Schadeomvang</i>				
1. Plasgrootte - duur van uitstroming	- snelle detectie & melding en snel handelen	+	Prorail en hulpverleningsdiensten	kort
- lay-out van de omgeving en het spoor	- plasbeperkende maatregelen	+(kleiner schadegebied)	Prorail en gemeente	kort/middellang
- inhoud tankwagens	- compartimenten in tankwagens zodat niet de hele inhoud vrijkomt bij een klein gat	0	tankwagen producent	middellang/lang
- aantal aanwezigen in de buurt van de brand	- vrije zone langs het (goederen) spoor - bescherming aanwezigen		gemeente	lang kort middellang/lang
- hittestraling	brandwerende muren	+	gemeente/-projectontwikkelaars	middellang

Schadebepaling

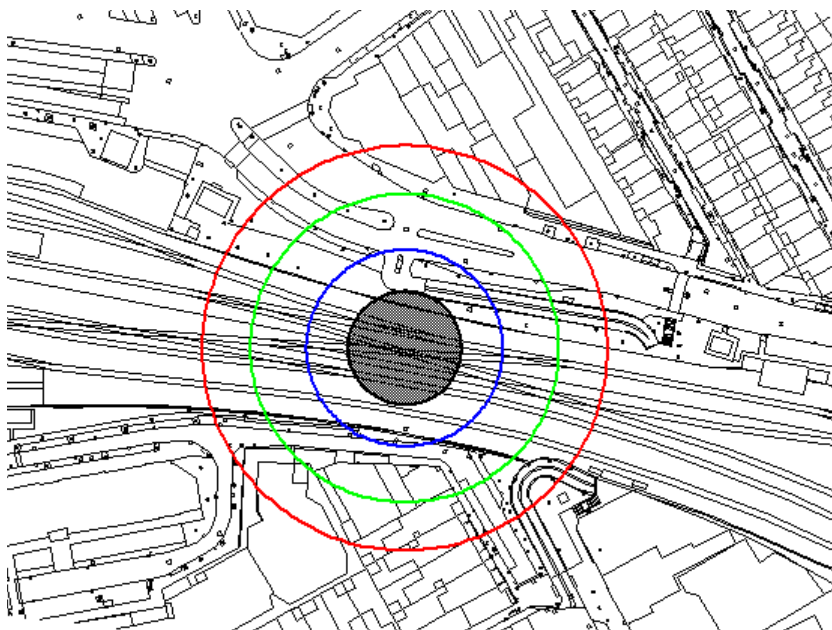
De omvang van het schadegebied bij plasbranden is in onderstaande tabel uitgewerkt. Berekeningen hiervoor zijn uitgevoerd met Effects¹. Naast een ronde plas (die in standaard programmatuur wordt toegepast) zijn ook rechthoekige plassen beschouwd, voor het geval de verspreiding wordt beperkt door bijvoorbeeld de randen van het perron (of door speciaal voor dit doel aangelegde plasbeperkende

¹ Effects is een TNO-softwarepakket voor het berekenen van fysische effecten bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, dat gebruik maakt van modellen uit het Gele boek [12].

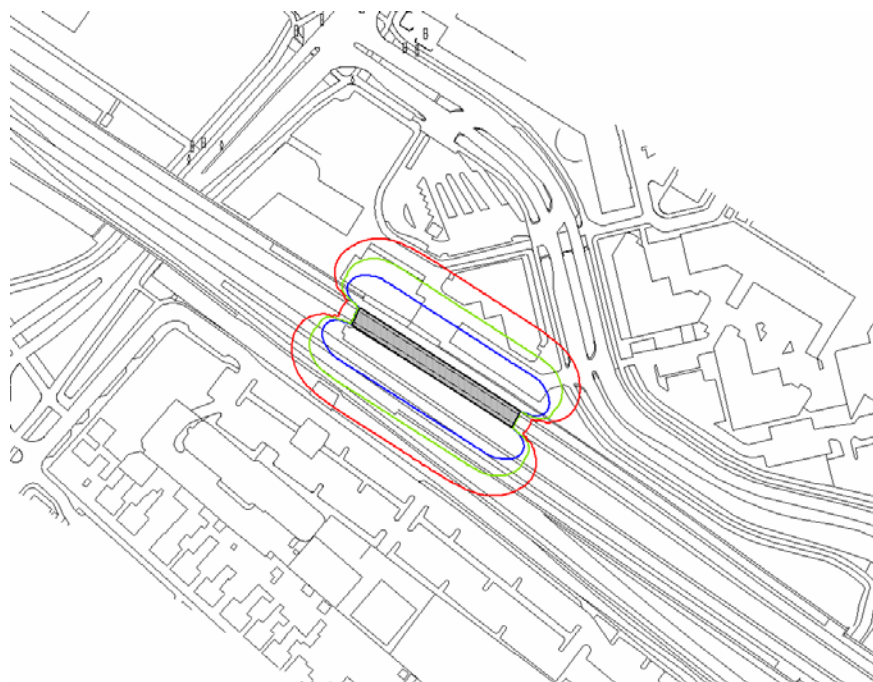
middelen). De schadegebieden zijn tevens geïllustreerd in figuren 6.4 en 6.5 met kaartondergrond.

Tabel 5-7 Schadeafstanden bij een vloeistofbrand (vanaf centrum van de plas).

Percentage letaliteit	99%	90%	50	10	1%	1% 2 ^e graads-brandw.	1% 1 graads-brandw.
(warmtestraling, kW/m ²)	35	28,3	19,46	13,37	9,8	9,2	4,1
<i>Schadegebied, ronde plas (m)</i>							
Continue uitstroming (plasmogroote 300 m.)	17	21	27	33	37		
Instantane uitstroming (plasmogroote 600 m.)	24	29	37	44	49		
<i>Schadegebied, rechthoekige plas (m)</i>							
Continue uitstroming (plasmogroote 300 m.)	18	21.5	26.5	31	35	36	48.5
Instantane uitstroming (plasmogroote 600 m.)	19	55.5	28	34	39	40.5	58



Figuur 5-4 Schadegebied bij een ronde vloeistofplas van 600 m², locatie Dordrecht, (blauw: 99%, groen: 50 %, rood: 1%.) [26].



Figuur 5-5 Schadegebied bij rechthoekige plas (ca. 60x10m, (blauw: 99%, groen: 50 %, rood: 1%, locatie Zwijndrecht CS) [26].

Bovenstaande schadegebieden zijn gebaseerd op volledig onbeschermdde slachtoffers. Voor het aantal dodelijke slachtoffers zijn schadecriteria uit het Groene Boek gehanteerd [24]. Voor een inschatting van het aantal gewonden zijn dezelfde vuistregels gebruikt als in de Leidraad Maatramp. Ook voor materiële schade zijn criteria in het Groene Boek gegeven. In onderstaande tabel zijn deze samengevat:

Tabel 5-8 Schadecriteria bij warmtestraling, gebaseerd op [24].

Stralingsintensiteit	Niveau 1: in brand geraten, breken, bezwijken	Niveau 2: beschadiging, verkleuren
Staal	100 kW/m ²	25 kW/m ²
Hout	15 kW/m ²	2 kW/m ²
Glas	4 kW/m ²	-
Kunststof	15 kW/m ²	2 kW/m ²

Om een inschatting voor de kosten van de materiële schade te maken wordt op basis hiervan de volgende indeling gekozen:

Tabel 5-9 Indeling in schadegebieden.

Schade	Warmtestralingniveau
100% beschadiging en herbouw nodig:	>35 kW/m ²
50% van de gebouwen beschadigd met herbouw, rest behoeft reparaties	15-35 kW/m ²
reparaties benodigd aan gebouwen (glas, verfwerk etc):	5-15 kW/m ²

Voor een plasbrand betekent dit het volgende voor de grootte van de schadegebieden:

Tabel 5-10 Omvang materiële schade bij een plasbrand.

Schade	Omvang schadegebied plasbrand (ha)
100% beschadiging en herbouw nodig:	0.1
50% van de gebouwen beschadigd met herbouw, rest behoeft reparaties	0.2
reparaties aan gebouwen (glas, verfwerk etc):	0.5

Zelfredzaamheid

Vorming van een plas ten gevolge van een ongeval zal over het algemeen wel worden opgemerkt door omstanders. Bij ontsteking zal door de warmte die hierdoor vrijkomt een ieder onmiddellijk geneigd zijn om te vluchten. Hoewel de ontwikkeling van het scenario erg snel kan zijn, geldt daarom dat eventuele aanwezigen in de buurt (op de perrons bij een ongeval op het station of in de buurt van het spoor indien het ongeval buiten het spoor plaats vindt) dat ze in principe nog wel kunnen vluchten, tenzij ze erg dichtbij staan (in de plas). Indien er zich een personentrein binnen het schadegebied bevindt, geldt dat men in eerste instantie nog wel enige bescherming tegen de warmte en rook geniet in de trein. Bij hoge temperaturen zullen de ramen springen en zal de temperatuur oplopen. Hierdoor ontstaat ook de noodzaak om uit de trein te vluchten. Dit zal meer tijd kosten en zal door het gedrang en eventueel verwonding door rondslingerend glas niet iedereen lukken.

Hulpverlening

In geval van directe ontsteking van de brandbare plas zullen op het moment dat de hulpverlening arriveert de meeste mensen al uit de buurt van de brand weg zijn. De brandweer zal de verkenning bij de brand uitvoeren. De inzet zal zich vervolgens richten op het blussen van de brand (nadat het traject spanningsvrij is) en het controleren of er nog mensen binnen het schadegebied aanwezig zijn. De brandweer zal pas beginnen met blussen nadat de railverkeersleiding heeft doorgegeven dat het traject spanningsvrij is.

Indien er nog geen ontsteking heeft plaats gevonden, zal de brandweer het ongevalgebied ontruimen en vervolgens proberen het lek te dichten en de plas op te ruimen of af te dekken

Het ambulancepersoneel zal zich (buiten het directe schadegebied) kunnen richten op het opvangen en verzorgen van gewonden (met brandwonden en wellicht wat snijwonden).

Voorbeeldberekening voor het station Dordrecht CS

Om het aantal slachtoffers te kunnen bepalen is met behulp van de schadecriteria uit het Groene en Paarse boek het aantal slachtoffers uitgerekend. Hierbij is de beschermende werking van kleding wél meegenomen. Als voorbeeld is hierbij uitgegaan van een incident op het station, ten westen van het stationgebouw (Dor-

drecht CS), tussen perron 2 en 3. De slachtofferaantallen staan vermeld in , waarbij zowel het aantal slachtoffers is gegeven uitgaande van de huidige aantal aanwezigen als het aantal aanwezigen volgens prognoses voor 2010.

Tabel 5-11 Schade-ontwikkeling bij een plasbrand (plasgrootte 600m²).

Scenario	Instantane uitstroming	Huidige situatie (dag)		2010 (dag)	
		Spits	Buiten spits	Spits	Buiten spits
Plasgrootte 600 m ²					
Aantal aanwezigen station Dordrecht		750	150	1200	250
Schade zonder effect zelfredzaamheid en hulpverlening op station DORDRECHT CS	doden	310	15	330	30
	T1+T2 gewonden	1550	75	1650	150
	T3 gewonden	1550	75	1650	150
Omvang schadegebied [ha]	Beschadiging aan gebouwen: 100 % / 50% / overig: 0.1 / 0.2 / 0.5				
Tijdsverloop ongevalontwikkeling	Binnen 0-5 minuten volledige brandontwikkeling				
Detectie	Via Railverkeersleiding of op station via 112, benodigde tijd 2-10 minuten				
Zelfredzaamheid	In principe tijdig mogelijk				
Schade met effect zelfredzaamheid op station DORDRECHT CS	doden	Ca. 0-300*	Ca. 0-15*	Ca. 0-300*	Ca. 0-25*
	2 ^e graads-brandwonden	Ca. 0-2	Ca. 0-2	Ca. 0-2	Ca. 0-2
	1 ^e graads-brandwonden	Ca. 0-2	Ca. 0-2	Ca. 0-2	Ca. 0-2

* Het aantal slachtoffers wordt hier bepaald door het aantal inzittenden in een stilstaande trein op spoor 1/15, ervan uitgaande dat de stilstaande trein zich precies binnen de plas bevindt. Voor de mensen buiten de trein zal het in principe goed mogelijk zijn om tijdig te ontvluchten.

De invloed van effectreducerende maatregelen op de schadeontwikkeling wordt verder besproken in hoofdstuk 7.

5.4.7 Schadeontwikkeling bij vrijkomen toxische vloeistoffen

Schadebepaling

Sommige toxische vloeistoffen en gassen zijn ook brandbaar. Indien deze stoffen ontstoken worden zullen de stoffen verbranden waardoor ook schade ontstaat door warmtestraling en vrijkomende warmte. Deze schade is kleiner dan de schade die ontstaat wanneer mensen worden blootgesteld aan de toxische belasting. Daarom wordt bij de toxische brandbare vloeistoffen/gassen alleen naar *toxische belasting* gekeken. Bij de risicoberekeningen kan vervolgens rekening worden gehouden met de specifieke eigenschappen per stof binnen elke categorie.

De omvang van de schade bij dit scenario wordt bepaald door de hoeveelheid toxische damp die vrijkomt en de verspreiding van de dampwolk. De hoeveelheid toxische damp die vrijkomt is afhankelijk van de plasgrootte: hoe groter de plas, hoe

meer damp vrij zal komen. Wat betreft plasgrootte zijn dezelfde maatregelen relevant als bij het ontstaan van brandbare plassen (zie Tabel 5-6).

De verspreiding van de dampwolk wordt mede bepaald door weersomstandigheden (windrichting e.d.). Door windinvloeden kan een snellere verspreiding en verdunning van de wolk optreden. Daarnaast bepaald ook het stijgedrag van de dampwolk de verspreiding. Veel toxische dampen zijn zwaarder dan lucht en zullen dus geruime tijd laag bij de grond blijven. Dit betekent dat bij een incident in de omgeving van het station ook verspreiding van de toxische wolk naar de reizigerstunnel mogelijk is, zodat aanwezigen daar ook worden blootgesteld. Weersomstandigheden en stijgedrag zijn factoren die niet te beïnvloeden zijn en waarvoor dus geen maatregelen genomen kunnen worden.

Uiteindelijk wordt het aantal slachtoffers bepaald door de toxiciteit van de vrijgekomen stof en het aantal aanwezigen in blootgestelde gebied. Schadebeperking moet dus vooral worden gezocht in de bescherming van aanwezigen door ontruiming van het station en stationsomgeving, en maatregelen tot het sluiten van ramen en deuren.

In onderstaande tabel zijn de concentraties gegeven behorende bij de Alarmeringsgrenswaarde en de voorlichtingsgrenswaarde. De alarmeringsgrenswaarde representeert 'de concentratie van een stof waarboven irreversibele of andere ernstige gezondheidsschade kan optreden door directe toxische effecten bij een blootstelling van één uur'. De voorlichtingsrichtwaarde representeert 'de concentratie van een stof die met grote waarschijnlijkheid door het merendeel van de blootgestelde bevolking hinderlijk wordt waargenomen of waarboven lichte, snelle reversibele gezondheidseffecten mogelijk zijn bij een blootstelling van één uur.

Tabel 5-12 Concentraties van de AGW en VRG.

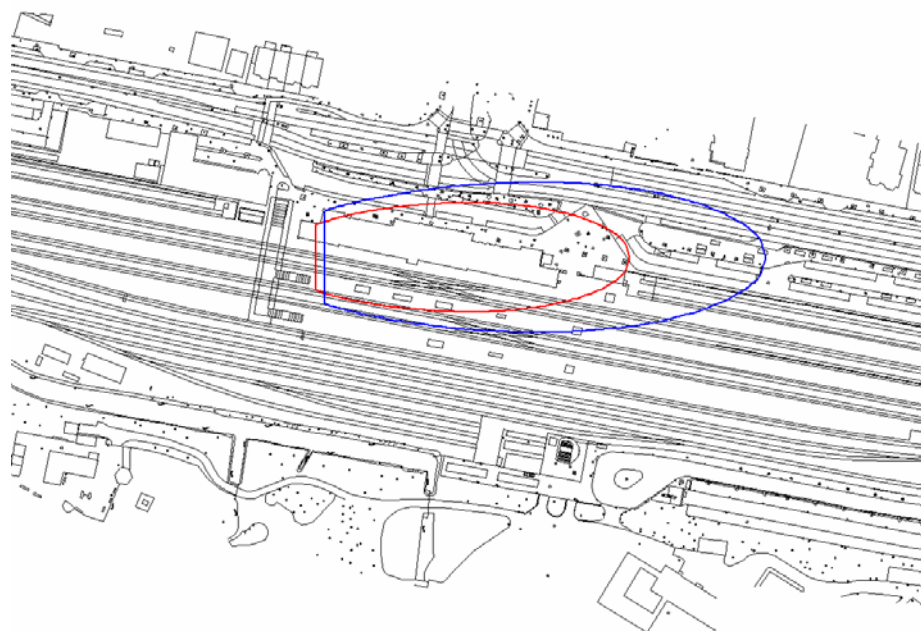
	Concentraties (mg/m ³)	
	Alarmeringsgrenswaarde	Voorlichtingsgrenswaarde
D3 Acrylonitrile	50 mg/m ³	10 mg/m ³
D4 Waterstoffluoride	20 mg/m ³	0.5 mg/m ³

In Tabel 5-13 zijn de schadegebieden gegeven.

Tabel 5-13 Schadegebieden bij vrijkomen toxische vloeistoffen.

Stof	Plasgrootte	Verdampingsnelheid	Schadegebied % letaliteit l x b (m)		Alarmeringsgrenswaarde	Voorlichtingsrichtwaarde
			99% let.	1 % let.		
	(m ²)	(kg/s)			mxm	mxm
D3 Acrylonitrile	300	0.64	-	35.5 x 18	84x27	212x64
	600	1.22	-	52.9 x 28	124x39	302x88
D4 Waterstof-fluoride	300	2.43	36.31 x 18	145.5 x 46	335x96	2600x520
	600	4.63	53.41 x 28	198.7 x 62	470x130	4100x676

In onderstaande figuur is dit geïllustreerd voor de locatie Dordrecht CS.



Figuur 5-6 1% letaliteitsgebied bij vrijkomen waterstoffluoride, rood: 300 m² plas, blauw: 600 m² [26].

Zelfredzaamheid

De mogelijkheden van zelfredzaamheid zijn sterk afhankelijk van de blootstelling. In sommige gevallen zullen personen door de toxische belasting niet meer in staat te zijn om te vluchten. Het gevaar is in dit geval minder zichtbaar en merkbaar als bij een brand. Dampen van toxische vloeistoffen, kunnen, afhankelijk van de stof, worden geroken en kunnen bij blootstelling traanverwerkend en irriterend op ogen, huid en ademhalingsorganen werken. Bij waarneming zullen mensen wel geneigd zijn om te vluchten, maar wellicht weten ze niet welke kant op.

Hulpverlening

Zodra de lekkage is gedetecteerd zal zo snel mogelijk moeten worden achterhaald, wat de desbetreffende stof is, hoe groot de lekkage is en welk gebied mogelijk wordt blootgesteld aan toxische dampen. De brandweer beschikt over een adviseur gevaarlijke stoffen, die een inschatting kan maken van de verspreiding van de dampwolk. De brandweer kan besluiten tot ontruiming van het station en waarschuwing van bewoners van het betrokken gebied d.m.v. de sirenes (ramen en deuren sluiten, ventilatie stopzetten). Het kost ongeveer een half uur voor de sirenes in werking zijn, vanaf het moment dat de hulpverleners ter plaatse besloten hebben dat dit nodig is. Totaal kan het circa een uur duren vanaf het begin van het incident voordat de sirenes daadwerkelijk klinken.

Daarnaast is bij een toxische plas van belang dat verdamping voorkomen wordt door zo snel mogelijk het lek te dichten en de plas af te dekken. De regio Zuid-Holland Zuid beschikt over een gaspakeenheid. Deze is gestationeerd in Zwijndrecht en Hendrik-Ido-Ambacht. De sterkte is gebaseerd op de inzet van 3 teams van elk twee gaspakdragers. De Brandweer Dordrecht levert indien nodig 6 aanvullende gaspakdragers. De gaspakeenheid kan binnen een half uur ter plekke zijn. Rekening houdend met de tijd voor detectie, melding en verkenning zal het minimaal een uur duren voordat een gaspak eenheid ter plaatse inzetbaar is. De gaspakeenheid zal proberen het lek te dichten en de plas af te dekken. Daarbij moet vermeld worden dat indien het een lekkende afsluiter betreft, het afdichten moeizaam kan verlopen, omdat er vele verschillende typen afsluiters op de treinen zitten. Het is voor de brandweer dus haast onmogelijk om voor alle typen afsluiters mee reparatiemateriaal te nemen. Nedtrain biedt hierin ondersteuning. Nedtrain kan 6 personen (in gaspak) inzetten en beschikt wel over een uitgebreid arsenaal aan reparatiemateriaal.

Voorbeeldberekening

In Tabel 5-14 is het aantal slachtoffers berekend voor de voorbeeldlocatie Dordrecht CS. Voor berekeningen van het aantal dodelijke slachtoffers zijn de schade-criteria uit het Groene Boek [24] gehanteerd. Voor de inschatting van het aantal gewonden zijn de zelfde vuistregels gebruikt als in de Leidraad Maatrap[35].

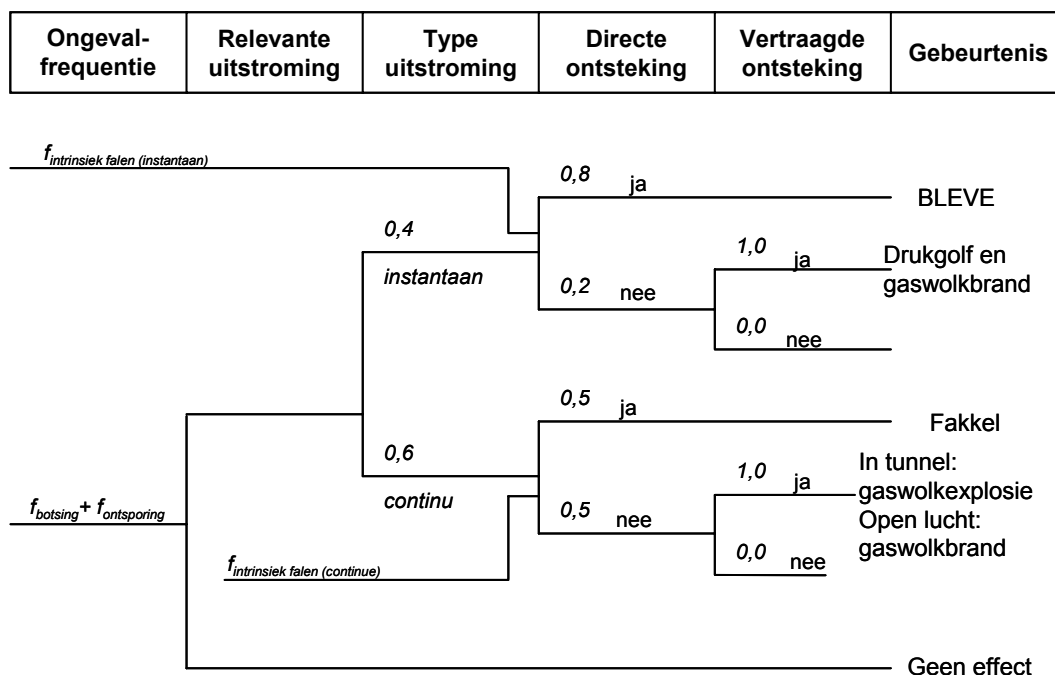
Tabel 5-14 Schade-ontwikkeling bij vrijkomen van toxische vloeistoffen (waterstoffluoride plasgrootte 600 m²).

Scenario Instantane uitstroming Plasgrootte 600 m ²		Huidige situatie		2010	
		Spits	Buiten spits	Spits	Buiten spits
Aantal aanwezigen station Dordrecht		750	150	1200	250
Schade zonder effect zelfredzaamheid en hulpverlening op station DORDRECHT CS	doden	310	15	330	30
	T1+T2 gewonden	440 ¹	60	870	120
	T3 gewonden	-	75	-	250
Materiële schade		-	-	-	-
Tijdsverloop ongevalontwikkeling	Binnen 0-5 minuten volledige brandontwikkeling				
Detectie	Via Railverkeersleiding of op station via 112, benodigde tijd 2-10 minuten				
Zelfredzaamheid	In principe tijdig mogelijk, maar effect mogelijk beperkt door onwetendheid				
Hulpverlening	Ontruiming, Opvang gewonden, invloed op reductie aantal gewonden beperkt doordat schade al wordt bepaald voordat hulpverlening op gang is gekomen				

5.4.8 Schadeontwikkeling bij vrijkomen brandbare gassen

Bij de het vrijkomen van brandbaar gas kan directe ontsteking van het vrijkomende gas plaatsvinden of vertraagde ontsteking, waarbij zich eerst een gaswolk heeft gevormd. Afhankelijk van de uitstroming (continu of instantaan) en de ontsteking (direct of indirect) kunnen verschillende effecten op treden (zie Figuur 5-7).

¹ Gemaximeerd naar het aantal aanwezigen



Figuur 5-7 Ongevalontwikkeling bij het vrijkomen van een brandbaar gas.

Over het algemeen worden brandbare gassen tot vloeistof verdicht voor vervoer. In dat geval vindt instantaan vrijkomen plaats in de vorm van een BLEVE¹, waarbij het vrijgekomen gas directe ontsteekt. Bij vertraagde ontsteking van instantaan vrijgekomen gas zal een gaswolkbrand ontstaan die gepaard gaat met een drukgolf.

Bij een continue uitstroming kan een fakkelbrand ontstaan (bij directe ontsteking) of een gaswolkbrand (vertraagde ontsteking). Bij vertraagde ontsteking bij een continue uitstroming kan in een overkapt, gesloten gebied (bijvoorbeeld in een tunnel) een gaswolkexplosie optreden. In de open lucht treden de overdrukeffecten niet op. Aangezien er in Dordrecht en Zwijndrecht geen spoortunnels aanwezig zijn, zal er geen gaswolkexplosie optreden.

Schadebepaling BLEVE

Onderscheid kan worden gemaakt tussen de twee principieel verschillende oorzaken van een BLEVE: een zogenaamde warme en een koude BLEVE. De koude BLEVE is het gevolg van een mechanische impact, waarbij de brandstof direct wordt ontstoken, bijvoorbeeld door vonken. Dit kan het gevolg zijn van een botsing of een ontsporing. De ontwikkeling van dit scenario is zo snel, dat vluchten uitgesloten is. Volgens [22] ligt de kans op een koude BLEVE tussen 30% en 45% (gegeven de kans op een BLEVE, warm of koud).

¹ Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion

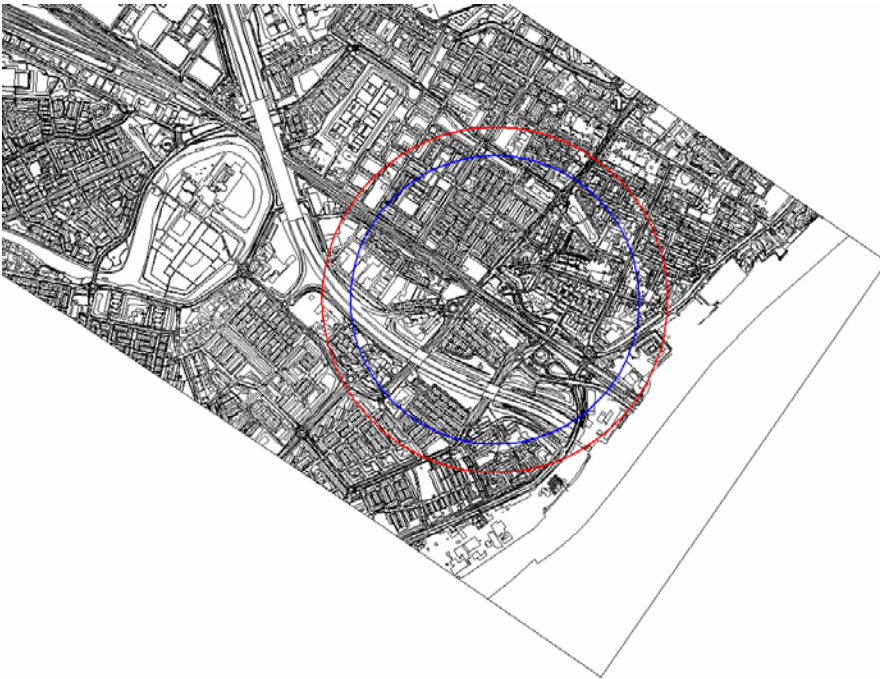
De warme BLEVE wordt veroorzaakt doordat een reeds aanwezige brand de druk in de tank doet oplopen, totdat de tank bezwijkt. Dit bezwijken resulteert in een blast en een vuurbal. Tijdens proeven met een ketelwagon door de BAM (Bundesanstalt für Materieforschung und –prüfung) bleek dat een voor 10% met propaan gevulde spoorketelwagen na 15 minuten bezweek. De spoorketelwagens die over het spoor worden vervoerd zijn in principe geheel gevuld of vrijwel leeg. Bij een geheel gevulde tank zal het aanzienlijk langer duren voordat de inhoud van de tank dusdanig is opgewarmd dat een BLEVE ontstaat. Geschat wordt dat dit zeker 30 minuten zal duren. Bij een lege tank zal de tank wel exploderen, maar is niet sprake van een BLEVE. Wel kunnen rondvliegende brokstukken schade veroorzaken. Het koelen van de door brand aangestraalde tank kan dus mogelijk een warme BLEVE voorkomen (zie hier verder onder het kopje hulpverlening). Ook is het toepassen van hittewerende bekleding aan een tankwagon een mogelijkheid.

In onderstaande tabel zijn de schadeafstanden gegeven voor een koude en een warme BLEVE in de open lucht.

Tabel 5-15 Schadecontouren bij een BLEVE in de open lucht.

Percentage letaliteit (%)	Warmtestr.niveau kW/m ²	Afstand (m)	
		Warme BLEVE	Koude BLEVE
100	35.00	200	133
50	25.37	266	201
10	17.43	347	277
1	12.82	421	343

Binnen de 35 kW/m² contour wordt ervan uitgegaan dat iedereen die zich hier binnen bevindt komt te overlijden (conform [7]). Buiten deze contour geldt dat mensen die zich binnenshuis bevinden voldoende beschermd zijn. De weergegeven letaliteitpercentages gelden dan ook voor mensen die zich buiten bevinden. In onderstaande figuur is dit aangegeven voor de locatie rondom het station in Zwijndrecht.



Figuur 5-8 Schadeafstanden (1% letaliteit) bij een koude (blauw) en een warme BLEVE [26].

De schade aan gebouwen in de omgeving zal ook aanzienlijk zijn. Uitgaande de definiëring van schade zoals gegeven in Tabel 5-9 kunnen voor de BLEVE de volgende gebieden voor materiële schade worden vastgesteld:

Tabel 5-16 Omvang materiële schade bij BLEVE t.g.v. warmtestraling.

Schade	Omvang schadegebied			
	Warme BLEVE		Koude BLEVE	
	straal [m]	opp [ha]	straal [m]	opp [ha]
100% beschadiging en herbouw nodig:	200	13	133	6
50% van de gebouwen beschadigd met herbouw, rest behoeft reparaties	340	23	270	17
Schade aan gebouwen (glas, verwerk etc):	450	27	350	15

Daarnaast treedt een overdrukeffect op. De omvang van de schade wordt in feite bepaald door de overdruk en de impuls. Vaststelling hiervan vergt uitgebreidere berekeningen. In het Groene Boek en door Baker [33] worden ook indicaties gegeven van de schade-effecten gegeven de overdruk. In tabel worden deze indicaties gegeven, met daarachter de grootte van het bijbehorende schadegebied in hectares:

Tabel 5-17 Omvang materiële schade bij BLEVE t.g.v. overdruk-effecten.

Schade	Druk [kPa]	Omvang schadegebied			
		Warme BLEVE		Koude BLEVE	
		straal [m]	opp [ha]	straal [m]	opp [ha]
Totaal instorten van huizen	35-50	55	1,0	40	0,5
Gedeeltelijk instorten van dak en muren	15	85	1,3	60	0,6
Beperkte lichte structurele schade	3	300	26	200	11
Ruitbreuk	1	700	126	500	66

Hieruit blijkt dat de omvang van de schade grotendeels wordt bepaald door de warmtestralingseffecten. Ruitbreuk door overdruk effecten is wel mogelijk op grote afstand.

Schadebeperkende maatregelen kunnen worden gezocht in hittebestendige muren en gebouwen en splinterwerend glas.

Zelfredzaamheid en hulpverlening BLEVE

Bij een koude BLEVE zal er geheel geen tijd voor zelfredding beschikbaar zijn. Bij een warme BLEVE is er wel enige tijd. Mensen zullen wel op enige afstand van de brand vluchten, maar zullen niet in staat zijn om zelf in te schatten tot op welke afstand ontvluchting nodig is. Ook bebouwing binnen de schadecontouren dient zeer snel ontruimd te worden. Geschat wordt dat hier circa 30 minuten voor beschikbaar is. Gezien het in de voorgaande paragrafen geschetste tijdsverloop van detectie, melding en opkomst van de hulpverleningsdiensten is het niet waarschijnlijk dat er tijdig genoeg gereageerd wordt. Werkwijzen en procedures zullen aanzienlijk moeten worden bespoedigd wil zelfredzaamheid/ontruiming effectief zijn.

In principe zou de brandweer indien zij zeer tijdig op de plek van het ongeval zouden zijn en snel zouden kunnen starten met blussen, door middel van het koelen van de aangestraalde tankwagon een BLEVE kunnen voorkomen. Duidelijk mag zijn dat hiermee een groot risico gepaard gaat: indien de brandweer niet tijdig of niet voldoende kan koelen, zullen ze zelf omkomen bij het ongeval op het moment dat de BLEVE optreedt. De brandweer korpsen van Zwijndrecht en Dordrecht geven zelf aan dat zij het (gegeven de huidige situatie, voorzieningen en werkwijze) niet reëel (en veilig en verantwoord) achten dat zij tijdig instaat zullen zijn een warme BLEVE te voorkomen. In de paragrafen 5.4.3 en 5.4.5 zijn mogelijk maatregelen aangegeven om hier verbeteringen aan te brengen.

De werkzaamheden van de hulpverleningsdiensten zullen zich vooral richten op de het redden van de slachtoffers, blussen van secundaire branden en het identificeren van de doden. Gezien de grote schade aan woningen en gebouwen zal een groot beroep worden gedaan op de gemeentelijke organisaties voor tijdelijke opvang, vervangende woningen, kantoren en scholen ed., schaderegistratie en compensatie.

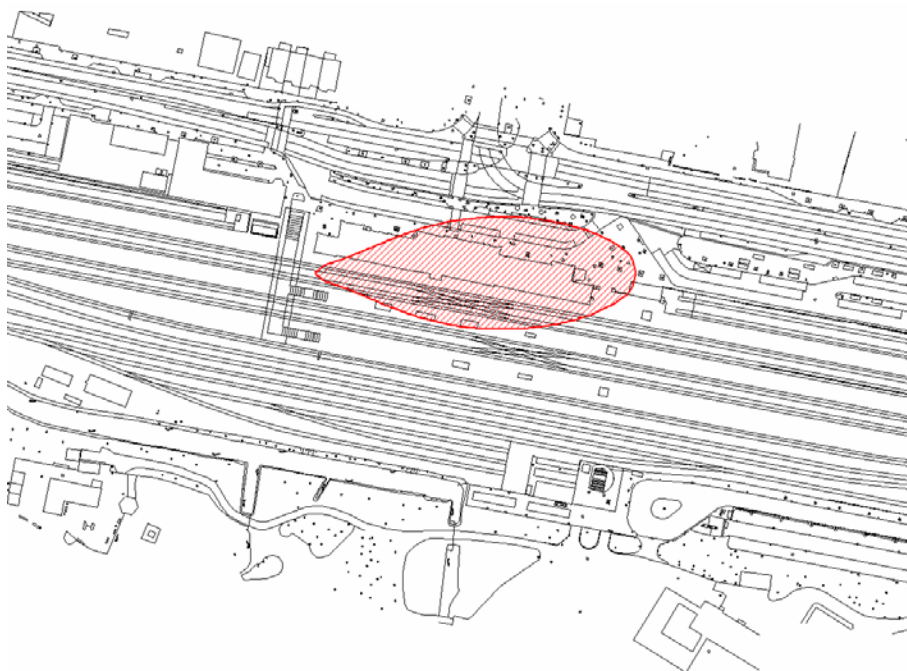
Een dergelijk ongeval zal een grote impact hebben met veel (inter)nationale pers-aandacht.

Schadebepaling gaswolkbrand

Een gaswolkbrand ontstaat in feite indien er bij uitstroming van gas uit een gat een wolk ontstaat, die pas na enige tijd wordt ontstoken. De grootte van de gaswolk is uiteraard afhankelijk van de grootte van de uitstroom, de verspreiding en het tijdstip van ontsteking. Schade treedt op in de wolk (doden+materiele schade). Daarbuiten vallen niet of nauwelijks slachtoffers omdat de brand (een zgn. 'flash fire') maar heel erg kort duurt.

Tabel 5-18 Gegevens gaswolk.

maximale grootte explosieve wolk	3847 m ²
lengte van de wolk	124.6 m
breedte van de wolk	44 m
explosieve massa	721 kg



Figuur 5-9 Omvang gaswolk (stationslocatie Dordrecht CS) [26].

Zelfredzaamheid en hulpverlening gaswolkbrand

Gezien het snelle verloop van het ongeval zal het voor de mensen die zich in de wolk bevinden niet mogelijk zijn om te vluchten en zullen komen te overlijden. Daarbuiten geldt dat de schadeontwikkeling al goed en wel voorbij is voordat men beseft wat er aan de hand is. Te verwachten is dat de mensen wel de neiging zullen hebben om het ongevalgebied zo snel mogelijk te verlaten.

Er kunnen secundaire branden optreden en nader onderzoek van de brandweer zal moeten uitwijzen of er verder gevaar dreigt. Hierdoor zal voor de zekerheid een groter gebied rondom de ongevallocatie ontruimd moeten. De geneeskundige hulpverlening zal veel capaciteit nodig hebben voor de behandeling van brandwondpatiënten.

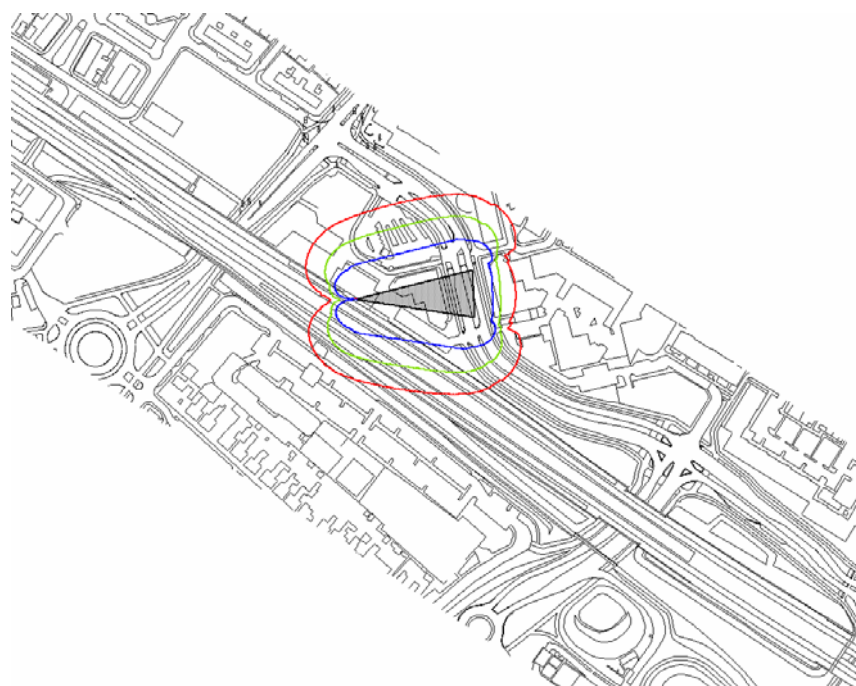
Schadebepaling Fakkelbrand

Een fakkelbrand ontstaat ook (net als een gaswolkbrand) bij een uitstroming van gas uit een gat, maar dan als dit gas direct ontstoken wordt. Binnen de contouren van de fakkel zal iedereen komen te overlijden. Daarbuiten kunnen nog slachtoffers vallen door de hitte. Ook voor dit scenario geldt dat de effecten vrijwel onmiddellijk bij het incident optreden.

In onderstaande tabel zijn de schadeafstanden gegeven (bij een ongunstige richting van de fakkel):

Tabel 5-19 Schadegebied bij een fakkel, lengte fakkel 80 m.

Percentage letaliteit (%)	Afstand (m)	
	in verlengde van de fakkel	loodrecht op de fakkel
99	105	30
50	110	60
1	125	80



Figuur 5-10 Schadegebied bij een fakkel (locatie Zwijndrecht: blauw: 99%, groen: 50 %, rood: 1% letaliteit). [26]

Zelfredzaamheid en hulpverlening fakkel

De ontwikkeling van het ongeval is erg snel, waardoor mensen die zich in het gebied van de fakkel bevinden niet meer tijdig zullen kunnen vluchten. Mensen op iets grotere afstanden, zullen wel onmiddellijk wegrennen vanaf de hittebron, waardoor ernstige verwondingen mogelijk beperkt kunnen worden.

Samenvatting schadeontwikkeling brandbare gassen

In onderstaande tabel worden de gegevens van de scenario's met brandbare gassen samengevat.

Tabel 5-20 Schadeontwikkeling bij vrijkomen van brandbare gassen.

Aantal aanwezigen		Huidige situatie		2010	
		Spits	Buiten spits	Spits	Buiten spits
Dordrecht, station CS		750	150	1200	250
Aantal slachtoffers in het station	Koude BLEVE				
	Doden	525	70	780	130
	T1+T2gewonden	225	80	420	120
	T3 gewonden	-	-	-	-
	Warme BLEVE				
	Doden	610	100	925	175
	T1+T2 gewonden	140	50	275	75
	T3 gewonden	-	-	-	-
	gaswolkbrand				
	Doden	525	75	750	130
	Fakkels				
	Doden	480	55	670	100
T1+T2 gewonden	270	95	530	150	
T3 gewonden	-	-	-	-	
Aantal slachtoffers in de omgeving	Koude BLEVE				
	Doden	410		420	
	T1+T2gewonden	2050		2100	
	T3 gewonden	2050		2100	
	Warme BLEVE				
	Doden	1750		1850	
	T1+T2 gewonden	8750		9250	
	T3 gewonden	8750		9250	
	gaswolkbrand				
	Doden	220		220	
	Fakkels				
	Doden	15		15	
T1+T2 gewonden	75		75		
T3 gewonden	75		75		
Tijdsverloop ongevalontwikkeling	Koude BLEVE, Gaswolkbrand en fakkels: (vrijwel) direct				
	Warme BLEVE na circa 30 minuten				
Detectie	via Railverkeersleiding of op station via 112, benodigde tijd 2-10 minuten				
Zelfredzaamheid	Koude BLEVE, Gaswolkbrand: niet; in fakkels niet, daarbuiten wel; Warme BLEVE alleen indien tijdig instructies worden gegeven, aantal slachtoffers kan dan tot 0 worden gereduceerd.				

Schadebeperkende maatregelen en de invloed van de hulpverleningsdiensten zullen verder worden besproken in hoofdstuk 7.

5.4.9 Schadeontwikkeling bij vrijkomen toxische gassen

Schadebepaling toxische gassen

De verschillende mogelijkheden waarop het gas vrijkomt zijn vergelijkbaar als bij brandbare gassen, met dit verschil dat ontsteking hierbij niet van belang is. Ook

hier zijn dus de maatregelen die genoemd zijn om bezwijken van de tank ten gevolge door een (externe) brand relevant.

De omvang van de schade bij dit scenario wordt bepaald door de hoeveelheid toxisch gas die vrijkomt en de verspreiding van de gaswolk. De hoeveelheid toxisch gas wordt bepaald door de inhoud van de tankwagen en de type uitstroming (continue, of instantaan). Bij een continue uitstroming kan de lekkage mogelijk nog gedicht worden. De verspreiding van de gaswolk is afhankelijk van de weersomstandigheden en het stijgedrag van de gaswolk. In onderstaande tabel zijn de met het programma Effects berekende schadeafstanden gegeven, bij weerscondities D5 (het overdag meest voorkomende weertype).

Tabel 5-21 Schadegebieden bij vrijkomen toxische gassen.

Stof	Scenario	Schadegebied % letaliteit l x b (m)					Alarmerings- grenswaarde	Voorlichtings- richtwaarde
		99%	90%	50%	10%	1 %		
Ammoniak	instantaan	147x66	198x89	274x122	323x142	475x 202	2500x800	3250x932
	continue	19.5x9	21x11	22x12	23x14	24.5x15	31x20	31x21
Chloor	instantaan	353x160	488x212	724x299	893x356	1499x543	7300x1380	10300x3000
	continue	325x128	568x160	1100x208	1546x240	4512x368	> 12 km	>12 km

Hierbij zijn de volgende waarden (Tabel 5-22) voor de Alarmeringsgrenswaarde en de Voorlichtingsrichtwaarde voor beide stoffen gebruikt [18].

Tabel 5-22 Concentraties van de Alarmeringsgrenswaarde en Voorlichtingsrichtwaarde.

	Concentraties (mg/m ³)	
	Alarmeringsgrenswaarde	Voorlichtingsgrenswaarde
Ammoniak	100 mg/m ³	20 mg/m ³
Chloor	10 mg/m ³	2 mg/m ³

Voor de gebieden behorende bij de Alarmeringsgrenswaarde en Voorlichtingsrichtwaarde bij het scenario continue uitstroming van chloor geldt dat het gebied langer is dan 12 kilometer. Daarboven verliest het gebruikte rekenmodel zijn validiteit en kunnen dus geen afstanden meer worden berekend.



Figuur 5-11 Schadegebied bij het scenario instantaan vrijkomen ammoniak of chloor (locatie Zwijndrecht, rood 1% letaliteitgebied ammoniak, blauw 1% letaliteitgebied bij chloor)[26].

De hierboven weergegeven contour treedt al binnen een half uur op.

Zelfredzaamheid en hulpverlening

De mogelijkheden van zelfredzaamheid zijn sterk afhankelijk van de blootstelling. Afhankelijk van de concentraties zullen personen door de toxische belasting niet meer in staat te zijn om te vluchten. Aangezien het gevaar niet goed zichtbaar is, zijn de mogelijkheden tot zelfredzaamheid beperkt. Binnenshuis geniet men over het algemeen goede bescherming, indien ramen, deuren en ventilatieopeningen gesloten zijn. Ten behoeve van de zelfredzaamheid van mensen in de omgeving is het dus van groot belang dat er snel dat er zeer snelle oproepen worden gedaan om het open stationsgebied te verlaten en bij een van de nabij gelegen gebouwen naar binnen te gaan. In deze gebouwen moet men weten dat ramen, deuren en ventilatiekanalen gesloten moeten worden. Inzet van de sirenes en de hierbij behorende standaard boodschap is bij dit scenario dus van groot belang. Zoals eerder aangegeven duurt het momenteel zeker een half uur na melding voordat de sirene in werking wordt gesteld. Het schadereducerende effect is daardoor nog minimaal.

Afdichten van de lekkage (bij continue uitstroming) en hulpverlening ter plaatse van het ongeval kan alleen door de brandweer met gaspakbescherming. Daardoor gaat er enige tijd overheen voordat men ter plaatse eventuele gewonden uit het gebied kan halen.

Tabel 5-23 Schade-ontwikkeling bij vrijkomen van toxische gassen.

Aantal aanwezigen		Huidige situatie		2010	
		Spits	Buiten spits	Spits	Buiten spits
	Dordrecht, station CS	750	150	1200	250
Aantal slachtoffers zonder effect zelfredzaamheid en hulpverlening in het station	Ammoniak, instantaan				
	doden	735	145	1170	240
	T1+T2 gewonden	15	5	30	10
	T3 gewonden	-	-	-	-
Aantal slachtoffers zonder effect zelfredzaamheid en hulpverlening in de omgeving	Ammoniak, instantaan				
	doden	80		80	
	T1+T2 gewonden	320		320	
	T3 gewonden	1280		1280	
Tijdsverloop ongevalontwikkeling	(vrijwel) direct, binnen 30 minuten maximale schadegebied				
Detectie	Via Railverkeersleiding of op station via 112, benodigde tijd 2-10 minuten				
Zelfredzaamheid	Mogelijkheden zijn beperkt aanwezig, noodzaak misschien niet duidelijk, ingeschatte effect 0 % red zich zelf tijdig				

5.5 Samenvatting scenarioanalyse

In dit hoofdstuk zijn de relevante scenario's met betrekking tot de externe veiligheid in relatie met transport van gevaarlijke stoffen over spoor, beschreven. In deze uitwerking is met name de ontwikkeling van de schade bij de scenario's in de tijd beschreven en is aangegeven wat de mogelijkheden voor zelfredzaamheid en hulpverlening zijn.

Voor de scenario's met brandbare vloeistoffen kan worden geconcludeerd dat de dit scenario met name een lokaal effect heeft. De scenario's ontwikkelen zich vrij snel, maar bieden voor omstanders nog wel mogelijkheden om weg te vluchten. De hulpverleningsdiensten zullen bij deze scenario's nog wel voldoende mogelijkheden en capaciteit hebben om de schade te beheersen. Indien het scenario (toevallig) net op het station plaats vindt op een druk tijdstip zal dit scenario wel tot een groot aantal slachtoffers leiden.

Bij scenario's met toxische vloeistoffen en toxische gassen is het met name van belang dat aanwezigen zo snel mogelijk naar binnen vluchten om blootstelling zoveel mogelijk te beperken. De hulpverlening kan hierbij een belangrijke rol spelen door snel de aanwezigen te informeren. Verwacht wordt dat het in de meeste gevallen, gegeven de huidige procedures en informatievoorziening, wel geruime tijd zal duren, waardoor het aantal slachtoffers erg hoog kan zijn.

Scenario's met brandbare gassen kennen over het algemeen een erg korte ontwikkelingstijd. Mogelijkheden voor zelfredding zijn er daardoor nauwelijks. Ook de hulpverlening zal alleen kunnen optreden om verdere schade te beperken (opvang verzorging gewonden en blussen van de branden). Alleen bij een warme BLEVE is in theorie nog mogelijk dat de hulpverlening het ontstaan van de schade kan voorkomen door tijdig de brand die voorafgaat aan de warme BLEVE tijdig te blussen of door tijdig, voor het optreden van de BLEVE, het gebied te ontruimen. Dit vereist echter wel een zeer snel optreden. Indien te laat worden opgetreden is de maatregelen niet effectief en ook zeer gevaarlijk voor de hulpverleners. Gegeven de huidige werkafspraken en voorzieningen wordt het niet aannemelijk geacht dat de brandweer in staat is tot het tijdig voorkomen van een BLEVE bij een spoorongeval.

In dit hoofdstuk is in de paragrafen 5.4.1 en 5.4.2 aangegeven wat de mogelijke oorzaken en aanleidingen van de scenario's zijn. Daarmee geeft de uitwerking in dit hoofdstuk de aangrijpingspunten voor risicoreducerende maatregelen. In hoofdstuk 7 worden de risicoreducerende maatregelen zelf verder uitgewerkt.

6. Kwantitatieve risicoanalyse

6.1 Werkwijze

In een probabilistische risicoanalyse (kwantitatieve risicoanalyse, QRA) wordt het risico gekwantificeerd door van een groot aantal ongevalsscenario's (die resulteren uit de scenarioanalyse) zowel de kans als het effect (ofwel de schade) te bepalen en uit te drukken in een individueel en groepsrisico. Richtlijnen voor de mee te nemen ongevalsscenario's in een dergelijke analyse en de daarbij te gebruiken frequenties zijn gegeven in het Paarse boek [7], waarin ook generieke faalkansen worden gegeven. In het Paarse Boek zijn echter geen speciale risicoreducerende maatregelen aangegeven en is niet aangegeven hoe de invloed hiervan moet worden verdisconteerd bij de berekening van het risico.

In hoofdstuk 5, de scenarioanalyse, zijn de relevante categorieën scenario's voor de kwantitatieve risicoanalyse beschreven en zijn voorbeeldberekeningen gegeven van deze scenario's op een bepaalde locatie en bij een bepaald weertype en windrichting. In een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) wordt de ongevallocatie en de omstandigheden gevarieerd. Dit houdt in dat de scenario's langs de gehele lengte van het beschouwde traject kunnen plaats vinden, op de verschillende sporen waarover vervoer van gevaarlijke stoffen plaats vindt, bij uiteenlopende weersomstandigheden en windrichtingen. De gebruikte weersgegevens zijn gegeven in bijlage 4. Door alle factoren die van invloed te zijn te variëren ontstaat een veelheid van scenario's die allen in de kwantitatieve risicoanalyse worden meegenomen en gesommeerd tot een risicokengetal.

Voor het railtransport gevaarlijke stoffen is een generieke risicoanalyse methode in gebruik, namelijk het IPORBM model voor het transport van gevaarlijke stoffen over de vrije baan. Het IPORBM model is een generiek model dat gebruik maakt van basis faalfrequenties gebaseerd op casuïstiek. Het model houdt slechts zeer beperkt rekening met de infrastructuur. Ook actueel railverkeer en de invloed van machinisten en railverkeersleiding worden in deze methode niet meegenomen. De methode is met name bedoeld voor een eerste toetsing aan de normen. Voor een bijzondere situaties en gedetailleerde studies is deze methode niet geschikt en dient een gedetailleerder en uitgebreider risicomodel te worden opgesteld, waarin de verschillende processen, de specifieke infrastructuur en veiligheidsmaatregelen in zijn meegenomen. Daarom zullen de transportrisico's worden bepaald met het TNO softwareprogramma RiskCurves 2.62 [5] en niet met het standaard rekenprogramma IPORBM.

Ten opzichte van IPORBM heeft Riskcurves de volgende voordelen:

- Er wordt een nauwkeurige, op de specifieke situatie toegesneden, berekening van het plaatsgebonden en groepsrisico uitgevoerd, volgens de meest recente inzichten in het Paarse Boek [7].

- In tegenstelling tot IPORBM kan rekening gehouden met verschillende sporen (uit elkaar liggende sporen zoals bij een station) en kunnen de risico's hiervan worden gesommeerd tot een integrale PR contour.
- Voor effectgerichte risico reducerende maatregelen (plasbeperking, brandmuren, beperkte ventilatie enz.) kunnen de schadegebieden worden aangepast.
- De met RISKCURVES berekende risicocontouren kunnen in DXF-formaat worden geëxporteerd naar ARCVIEW of een vergelijkbaar GIS systemen. Hiermee kunnen de berekende contouren zeer nauwkeurig op plankaarten worden weergegeven.
- Er zal gerekend worden met een fijnmazig bevolkingsgrid van 50 x 50 m, zodat individuele gebouwen (met de daarin aanwezige personen) nauwkeurig kunnen worden ingevoerd.
- Er kan gebruik worden gemaakt van bevolkingsgrids voor de nachtsituatie en voor de dagsituatie, die volledig onafhankelijk van elkaar zijn (dwz. dat de nachtsituatie niet een percentage van de dagsituatie hoeft te zijn, zoals bij IPORBM).

Door Rained Spoorwegveiligheid worden in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat causale risicoanalyse modellen voor ontsporingen en botsingen op de vrije baan en emplacementen ontwikkeld. In deze modellen wordt op basis van uitgebreide analyses van de gemelde onregelmatigheden op het spoor (MISOS) oorzaak – gevolg relaties afgeleid. Met lokale omstandigheden in de infrastructuur, railverkeer, processen, Railverkeersleiding, beveiligingssystemen etc. wordt rekening gehouden. Ten behoeve van de berekening van de risico's voor de interne en externe veiligheid zal een koppeling moeten worden gemaakt tussen de berekende kansen op botsing en ontsporing en het daadwerkelijk vrijkomen van gevaarlijke stoffen en het aantal slachtoffers dat daarbij valt. De causale risicoanalyse modellen zijn echter nog niet gevalideerd, en worden daarom vooralsnog niet gebruikt in kwantitatieve risicoanalyses.

Alle gebruikte gegevens met betrekking zijn beschreven in hoofdstuk 3. Dit betreft met name:

- hoeveelheden transporten;
- verdeling van de transporten over de sporen en over de dag/nacht;
- aantallen wissels, overwegen en beveiligingssysteem;
- de aanwezige bevolking rondom het spoor.

In de volgende paragrafen zijn de resultaten van de berekeningen voor de huidige en toekomstige (geprognosticeerde) situatie in 2010 gegeven, uitgedrukt in het plaatsgebonden risico (paragraaf 6.2) en het groepsrisico (paragraaf 6.3).

6.2 Plaatsgebonden risico

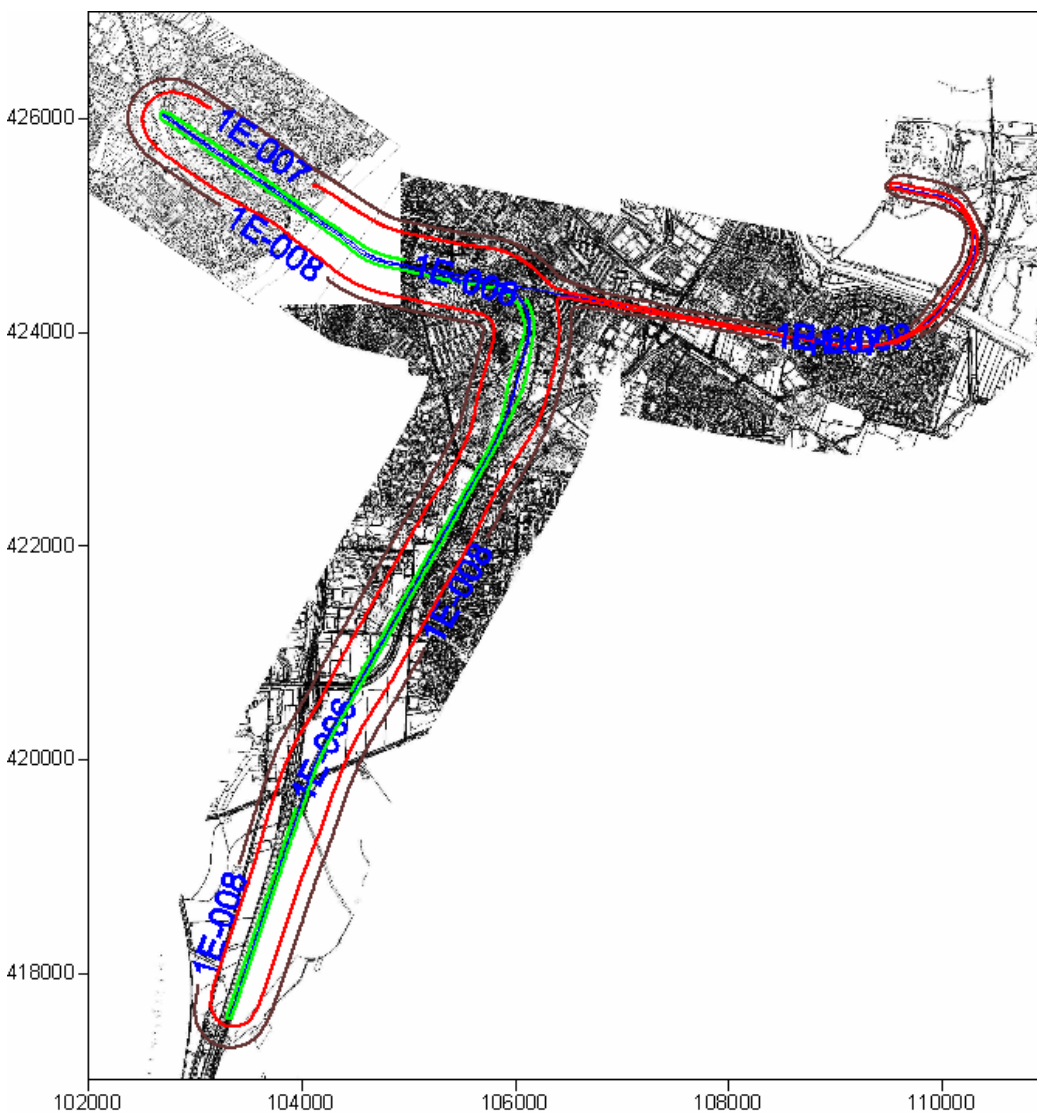
Het plaatsgebonden risico uitgerekend, uitgaande van de basisfaalfrequenties volgens het Paarse boek[14] voor zowel de huidige situatie als de vervoersreservering voor de toekomst.

Het plaatsgebonden risico is als volgt gedefinieerd:

Het Plaatsgebonden Risico is de kans per jaar dat een persoon dodelijk wordt getroffen door een ongeval tijdens het railtransport van gevaarlijke stoffen indien deze zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt.

Het plaatsgebonden risico wordt weergegeven middels een contour die punten met dezelfde kans met elkaar verbindt. In de nota Risico Normering Vervoer Gevaarlijke Stoffen (RNVGS) van de Minister van Verkeer en Waterstaat aan de Tweede Kamer wordt uit gegaan van een maximaal Plaatsgebonden Risico van 10^{-6} voor kwetsbare objecten. Dit beleid zal nog worden vastgelegd in een AMvB Externe Veiligheid voor het transport van gevaarlijke stoffen. Voor bestaande situaties wordt een plaatsgebonden risico van 10^{-5} nog toegestaan.

In onderstaande figuur zijn de contouren voor de huidige situatie weergegeven voor het gehele traject. Deze zijn voor het gehele traject digitaal beschikbaar en worden bij oplevering van het rapport op CD meegeleverd aan de gemeenten Dordrecht en Zwijndrecht. Door in het bestand in te zoomen op het te beschouwen trajectdeel, kan precies worden nagegaan wat de afstand van de 10^{-6} contour vanaf het spoor is en of er bestemmingen binnen de 10^{-6} contour liggen.



Figuur 6-1 Het plaatsgebonden risico in het studiegebied bij de huidige vervoersgegevens.

Voor de toekomstige situatie treden slechts kleine verschillen op, die alleen waarneembaar zijn als sterk wordt ingezoomd op een bepaalde locatie.

Uit de figuur is af te lezen dat langs het spoortraject Dordrecht-Dordrecht Industriegebied er geen 10^{-6} contour optreedt. Het aantal en de aard van de transporten is dermate dat de kans op een ongeval met gevolgen buiten het spoor onder de 10^{-6} per jaar blijft.

Voor het traject Zwijndrecht-Dordrecht-Lage Zwaluwe treedt wel een 10^{-6} contour op de afstand tot het spoor varieert van ca. 25 tot ca. 70 meter en is het grootst op de km-trajecten waar veel wissels en overwegen liggen.

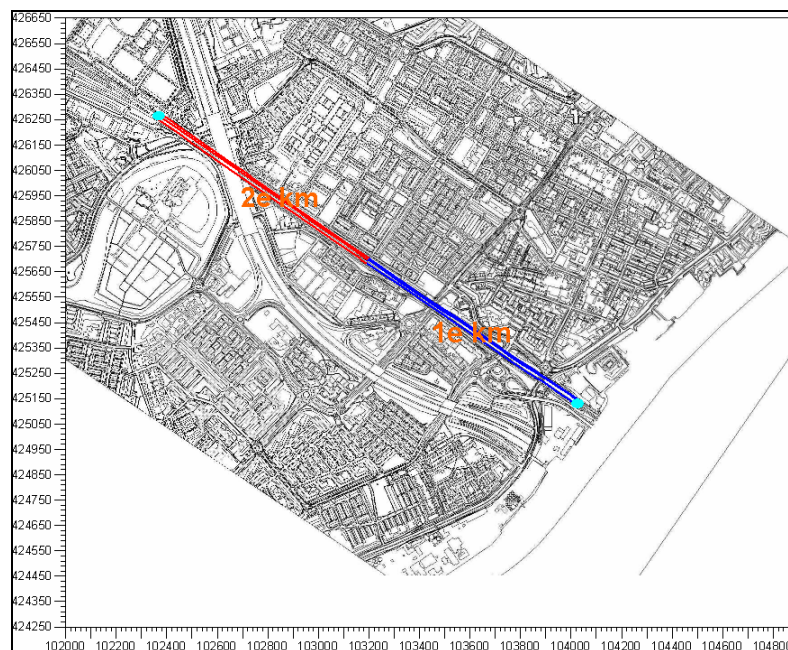
Het plaatsgebonden risico wordt grotendeels bepaald door plasbranden met brandbare vloeistoffen.

6.3 Groepsrisico

Het groepsrisico is de cumulatieve kans per jaar dat in één keer een groep van een bepaalde grootte dodelijk getroffen wordt door een ongeval. Het groepsrisico is weergegeven in de fN-curve, waarin het aantal doden is uitgezet tegen de cumulatieve kans op scenario's met dat aantal doden. In onderstaande grafieken zijn de fN-curven voor de huidige situatie (huidige bevolking en huidige vervoersgegevens) en de toekomstige situatie (prognoses voor toekomstige vervoershoeveelheden en toekomstige bevolkingsdichtheden) gegeven.

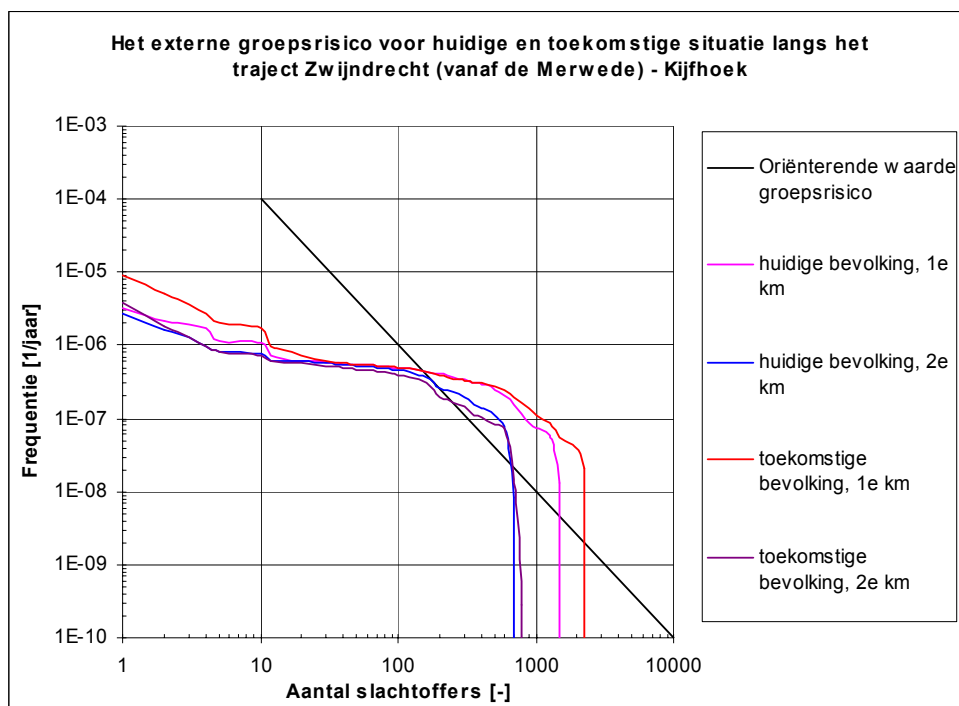
6.3.1 Zwijndrecht

Hierbij is een vaste kilometerindeling gekozen. In Zwijndrecht is daarbij gerekend vanaf de oever van de Oude Maas richting Kijfhoek (dus nummering verloopt Oost-West, zie Figuur 6-2).



Figuur 6-2 Kilometerindeling Zwijndrecht.

In de volgende grafiek zijn de fN-curven gegeven voor de huidige situatie en de toekomstige situatie.



Figuur 6-3 Groepsrisico in de huidige en toekomstige situatie in Zwijndrecht.

De fN-curve laat de cumulatieve kans op een bepaald aantal slachtoffers zien. In de figuur is af te lezen dat bijvoorbeeld de kans op scenario's tot maximaal 1000 doden in de toekomstige situatie in km-vak 1 (het rode lijntje) eens op de 10 miljoen jaar is (frequentie 10^{-7} per jaar). Dit grote aantal slachtoffers treedt met name op in de drukste bevolkte gebieden bij het scenario Warme BLEVE. In de scenarioanalyse is bijvoorbeeld voor de voorbeeldlocatie Station Dordrecht uitgerekend dat er 1750 dodelijke slachtoffers vallen, indien de Warme BLEVE bij het station optreedt. De lagere slachtofferaantallen treden op in dun bevolktere gebieden langs het km-vak en bij scenario's met kleinere schadegebieden (zoals fakkels, plasbranden).

Uit vergelijking van de curves in Figuur 6-3 blijkt dat het groepsrisico voor kilometer 2 nauwelijks veranderd voor de toekomstige situatie. De kleine variaties worden veroorzaakt door kleine veranderingen in de getransporteerde hoeveelheden gevaarlijke stoffen (huidige vervoersprognoses versus toekomstige prognoses excl. Betuweroute-effecten, zie Tabel 3-1 en Tabel 3-2: minder brandbare vloeistoffen en meer brandbare gassen en toxische en zeer toxische vloeistoffen). De toename in de eerste kilometer wordt veroorzaakt door een sterke toename van het aantal aanwezigen in de omgeving van het spoor. Zowel in de huidige als in de toekomstige situatie is bij km 1 en km 2 sprake van een overschrijding.

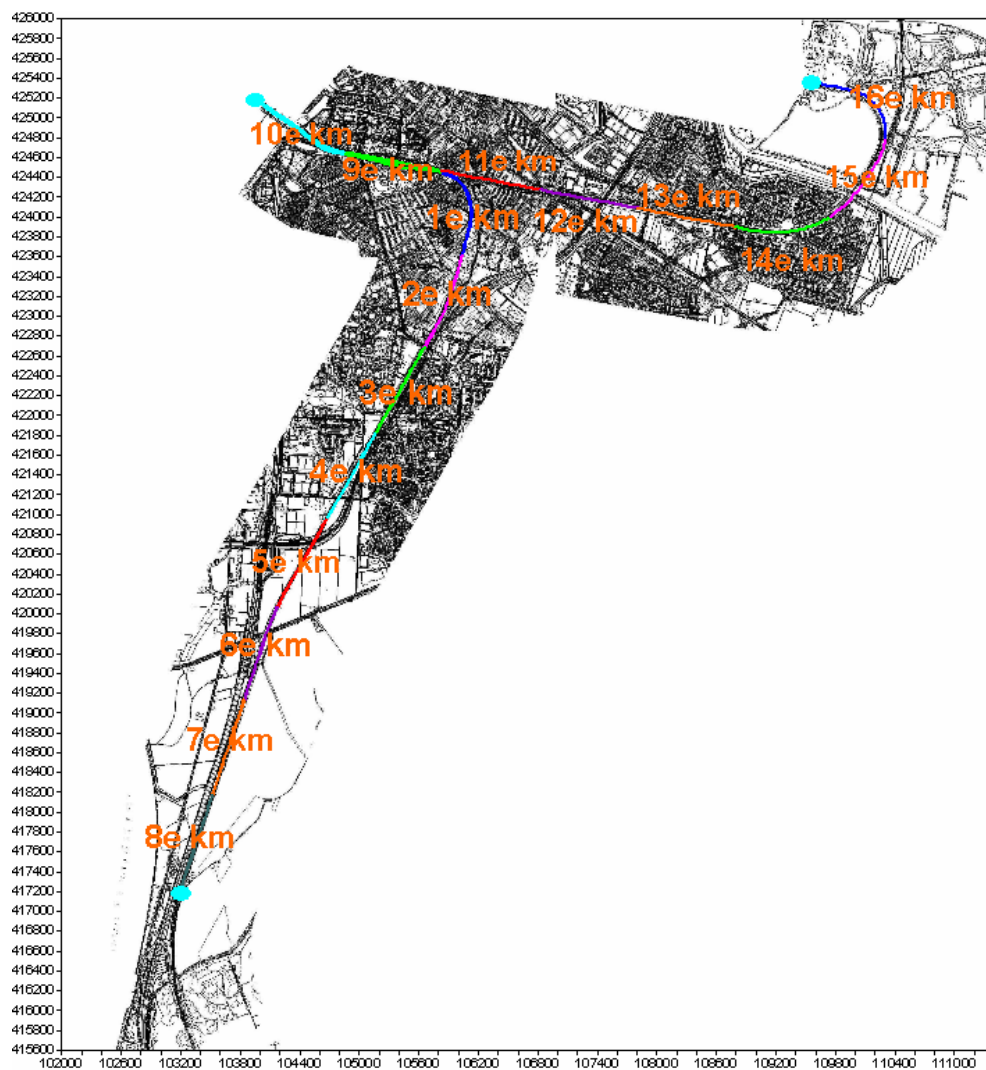
In onderstaande tabel is de factor van de maximale overschrijding van de oriënterende waarde weergegeven:

Tabel 6-1 Maximale overschrijding van de oriënterende waarde in Zwijndrecht.

	Factor overschrijding	
	Huidige situatie	Toekomstige situatie
Kilometer 1	9	16
Kilometer 2	3	3

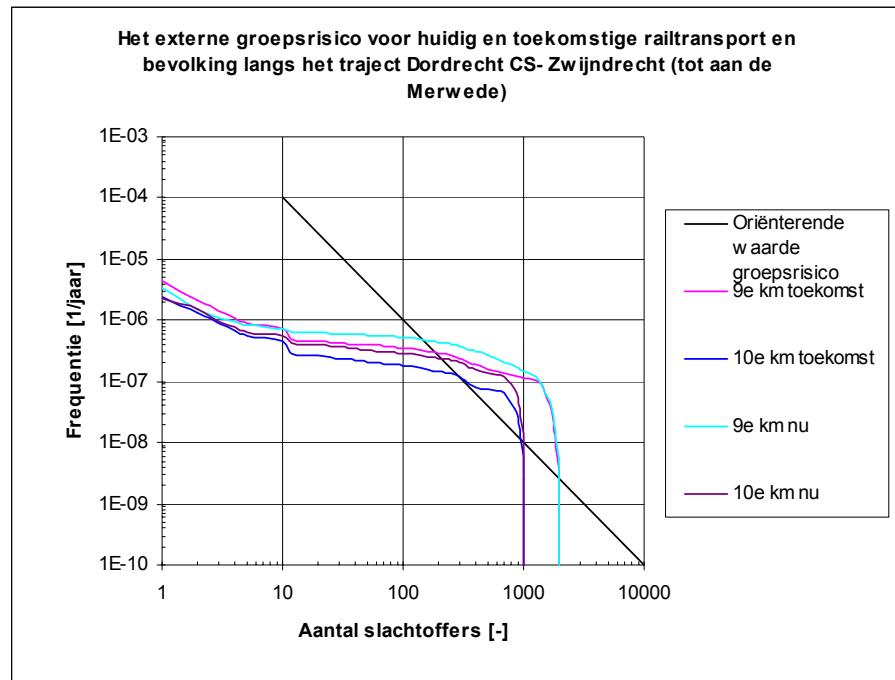
6.3.2 Dordrecht

In Dordrecht is gerekend vanuit het centrale knooppunt Dordrecht CS. Het traject Dordrecht CS-Lage Zwaluwe bestaat uit 8 km's, waarbij de nummering Noord-Zuid verloopt. Het traject Dordrecht CS richting Zwijndrecht bestaat uit 2 kilometertrajecten (Km's 9 en 10) en het traject Dordrecht CS-Industrieterrein Dupont is 6 kilometer lang en loopt West-Oost (km's 11 tot en met 16). In de onderstaande figuur is dit aangegeven.



Figuur 6-4 Kilometerindeling Dordrecht.

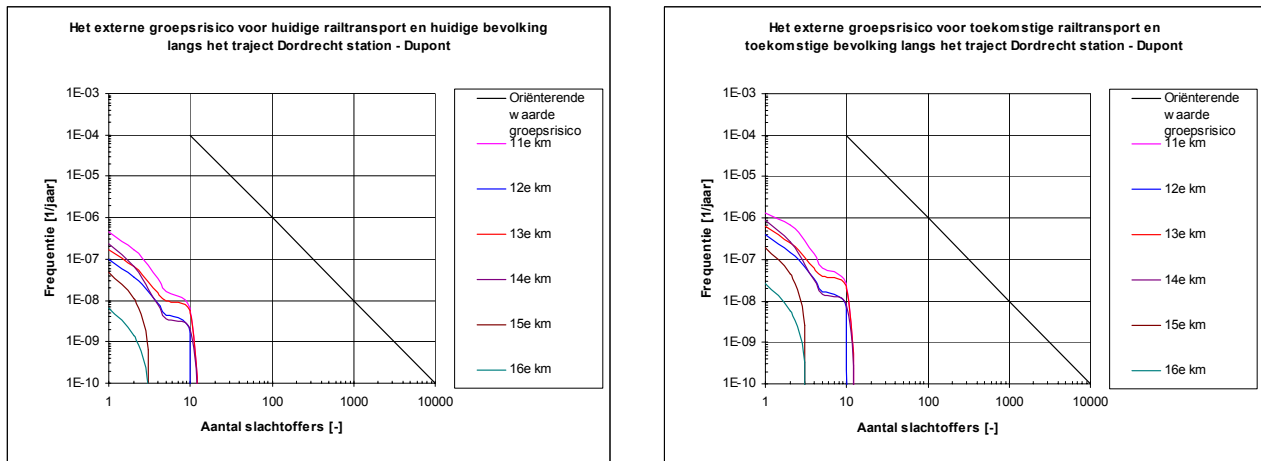
Het groepsrisico voor het stuk van de Merwede tot aan het station is weergegeven in de volgende figuur:



Figuur 6-5 Groepsrisico Dordrecht CS richting Zwijndrecht.

Zowel in de huidige als in de toekomstige situatie is al sprake van een overschrijding van de oriënterende waarde op deze kilometertrajecten. Door de daling van het aantal brandbare vloeistoffen (in de toekomstige situatie t.o.v. de huidige situatie zie Tabel 3-1 en Tabel 3-2) neemt de frequentie van de Warme BLEVE iets af, waardoor in de toekomstige situatie het groepsrisico iets lager ligt in het gebied tussen de 10 en de 1000 slachtoffers. In het gebied tussen de 1-10 slachtoffers ligt de frequentie in de toekomstige situatie iets hoger ten gevolge van de toename van de transporten van toxische en zeer toxische vloeistoffen.

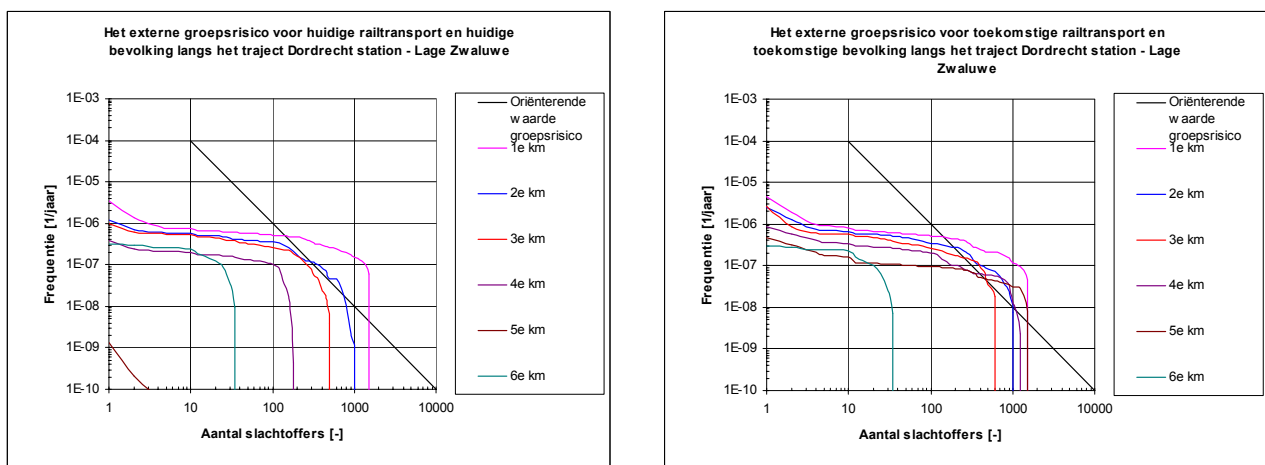
De invloed van de toename van de transporten van toxische en zeer toxische vloeistoffen op het groepsrisico is ook goed af te lezen in het groepsrisico voor het traject Dordrecht-Dordrecht Industrieterein (Figuur 6-6).



Figuur 6-6 Groepsrisico in de huidige en toekomstige situatie op het traject Dordrecht CS-Dordrecht Industrieterrein.

Voor dit traject geldt dat er geen sprake is van een overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico. Over het traject worden alleen brandbare vloeistoffen en zeer toxische vloeistoffen vervoerd. In de toekomst neemt het aantal transporten met toxische en zeer toxische vloeistoffen sterk toe en het aantal transporten met brandbare vloeistoffen neemt af. De frequenties en het groepsrisico nemen daardoor toe, maar blijven onder de oriënterende waarde.

In onderstaande figuren wordt het groepsrisico getoond voor de huidige en toekomstige situatie voor het traject van Dordrecht CS richting Lage Zwaluwe.



Figuur 6-7 Groepsrisico Dordrecht CS richting Lage Zwaluwe in de huidige en de toekomstige situatie.

Uit de figuren blijkt dus dat bij de huidige vervoersgegevens en aanwezigheidsgegevens er op dit traject op 2 kilometertrajecten in Dordrecht een overschrijding van de oriënterende waarde optreedt. In de toekomstige situatie wordt op 5 kilometertrajecten de oriënterende waarde overschreden. Dit wordt deels veroorzaakt door de stijging van het aantal transporten met brandbare gassen en deels door een toename van het aantal aanwezigen. Dit laatste geldt met name door voor de kilometervakken 4 en 5, en in minder mate kilometervak 3.

In onderstaande tabel is de factor van de maximale overschrijding van de oriënterende waarde weergegeven:

Tabel 6-2 *Maximale overschrijding van de oriënterende waarde in Dordrecht.*

	Factor overschrijding	
	Huidige situatie	Toekomstige situatie
Kilometer 1	19	15
Kilometer 2	2	3
Kilometer 3	0,7	2
Kilometer 4	0,1	3
Kilometer 5	0	5
Kilometer 6	0	0
Kilometer 7	0	0
Kilometer 8	0	0
Kilometer 9	19	17
Kilometer 10	6	3
Kilometer 11	0	0
Kilometer 12	0	0
Kilometer 13	0	0
Kilometer 14	0	0
Kilometer 15	0	0
Kilometer 16	0	0

In het volgende hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van risicoreducerende maatregelen, waarbij voor een aantal maatregelen ook het effect op het groepsrisico zal worden getoond.

7. Overzicht risicoreducerende maatregelen

7.1 Inleiding

In hoofdstuk 5 en Bijlage 1 zijn bij de verschillende scenario's al maatregelen beschreven. In dit hoofdstuk wordt een overzicht van de maatregelen gegeven, waarbij steeds kort wordt aangegeven op welke aspecten (kans, PR, GR, effecten, zelfredzaamheid of beheersbaarheid) de maatregelen invloed hebben. Tevens zal worden ingegaan op combinaties van maatregelen. Voor sommige maatregelen geldt dat ze pas effectief zijn indien ze in combinatie met anderen (als een pakket) worden ingevoerd. Bij deze uitwerking zal de volgende indeling worden gehanteerd:

- Routing.
- Railinfrastructuur.
- Exploitatie, onderhoud en trein/wagon materieel.
- Bouwkundige en constructieve maatregelen.
- Zelfredzaamheid en hulpverlening

7.2 Routing

Door het beperken van het aantal transporten doordat een deel van de transporten via een andere route gaat (bijvoorbeeld via de Betuwelijn) of als er een speciale lijn voor goederenvervoer buiten de stad om wordt gelegd, zal met name de kans van optreden afnemen. Alleen indien het vervoer van bepaalde stoffen geheel niet meer plaats zal vinden, zal dit ook van invloed zijn op het criterium Resteffect en Hulpverlening. De maatregel heeft geen effect op de zelfredzaamheid.

Beperken van het aantal transporten heeft een positief effect op het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Aangezien het plaatsgebonden risico voornamelijk wordt bepaald door het transport van brandbare en giftige vloeistoffen, zal verlagings van deze transporten een belangrijke bijdrage leveren aan de reductie van het PR. Bij een reductie van het aantal transporten brandbare en (zeer) toxische vloeistoffen met ongeveer een factor 4 zal op het grootste deel van het traject geen 10^{-6} contour voorkomen.

De warme en koude BLEVE zijn oorzaak van de overschrijdingen van de oriënterende waarde voor het groepsrisico. Om deze frequenties met een factor 19 (de maximale overschrijding in Dordrecht) te verlagen, zal bij benadering het aantal transporten ook met een factor 19 moeten dalen. Dit betekent dus er minder dan 380 wagons per jaar met brandbare gassen door Zwijndrecht en Dordrecht moeten gaan, opdat het GR overal onder de oriënterende waarde komt.

Besluitvorming ten aanzien van de toepassing van een deze maatregelen ligt op nationaal niveau en zal in een breder verband moeten worden beschouwd. Momen-

teel zijn wel ontwikkelingen gaande ten aanzien van de regulering van vervoer van gevaarlijke stoffen. Eventuele grote wijzigingen in de transportstromen zullen op middenlange of lange termijn kunnen worden uitgevoerd. Hierbij is de verwachting dan alleen significante verschuiving optreden in de transportstromen bij de ingebruikname van de Betuwelijn en indien er een speciale goederenlijn buiten de steden om zal gaan. In dit laatste geval zal het risico in de steden Zwijndrecht en Dordrecht geheel verdwijnen. Nog niet duidelijk is in welke mate het aantal transporten zal afnemen bij ingebruikname van de Betuwelijn. Het transport van Kijfhoek richting België blijft dan wel. Ook transport van en naar locaties in Nederland zal deels blijven bestaan (bijvoorbeeld van en naar Dupont).

7.3 Railinfrastructuur

Door verbeteringen aan het spoor en het wegnemen van knelpunten kan met name de kans op een ongeval gereduceerd worden. Deze kansreducerende maatregelen hebben geen effect op de zelfredzaamheid, beheersbaarheid en resteffect. Als een ongeval zich toch voordoet zullen de gevolgen hetzelfde zijn als zonder (infrastructurale) maatregelen. De maatregelen hebben wel direct invloed op het PR en het GR. Met name de volgende maatregelen zijn van belang voor de reductie van de kans op ontsporing:

– **Geen wissels in de goederensporen**

T.o.v de huidige situatie waarin wel wissels aanwezig zijn betekent dit een reductie (volgens de huidige modellering) van de ongevalsfrequentie met een factor 2,5. Minder wissels geeft ook een lagere ontsporingkans. Echter de huidige risicoanalyse methodiek houdt alleen rekening met een of meerdere wissels per kilometer of geen wissels. Ook wordt geen onderscheid gemaakt tussen wissels en kruisingen en recht of krom door een wissel rijden.

– **Geen gelijkvloerse overwegen in de goederensporen**

In de huidige situatie zijn de volgende gelijkvloerse overwegen aanwezig in Dordrecht:

1. Kromme Dijk (km 11)
2. Halmaheiraplein/Crayensteynstraat (km 12)
3. Laan der Verenigde Naties (km 2-3)
4. Zuidendijk (km 3)
5. Kilweg (km 4)
6. Wioldrechtse Zeedijk (km 6)
7. Baanhoekweg (industrieterrein de Staart, km 16)

Deze overwegen bevinden zich allemaal in verschillende kilometerbaanvakken. Vervangen van de gelijkvloerse overwegen door onder- of overdoorgangen, betekent een reductie (volgens de huidige modellering) van de ongevalsfrequentie met een factor 1,36 per overweg per kilometer. Voor de desbetreffende kilometervakken zal het GR met een factor 0,74 afnemen.

– **Hotboxdetectie**

Met behulp van hotboxdetectie kan mogelijk een deel van de ontsporingen worden voorkomen. In de berekeningsrichtlijnen is aangegeven dat voor hotboxdetectie voor PR en GR risicoreductie met een factor 1,25 kan worden aangehouden.

– **ATB nieuwe generatie**

De huidige ATB werkt niet bij snelheden beneden 40 km per uur, nieuwe generatie ATB wel. Het toepassen van deze maatregel geeft een risicoreductie van PR en GR met een factor 1,11.

– **Verbeterd spoor**

In de HSL studies wordt aan ballastloos spoor met gebruik van UU-profiel en zettingsvrije plaat een lagere ontsporingfrequentie toegekend dan voor conventioneel spoor.

– **Ontsporingseleiding**

Ontsporingseleiding reduceert de kans op buiten profiel komen van de trein na een ontsporing en reduceert daardoor de kans op botsingen na ontsporing. Ontsporingseleiding wordt toegepast in situaties waarbij het buiten profiel raken van de trein ernstige gevolgen kan hebben. Zo wordt ontsporingseleiding toegepast in de nabijheid van gebouwen, op overwegen, op bruggen en viaducten, in tunnels, enz. De Inspectie Verkeer en Waterstaat (Divisie Rail) heeft aangegeven dat er voor deze maatregel geen getallen voor risicoreductie bekend zijn [7], zodat er vooralsnog niet aan gerekend kan worden.

– **Verkleining plasgrootte/vermijden plasvorming**

Door het treffen van maatregelen die, in geval van vrijkomen van brandbare vloeistoffen of toxische vloeistoffen, de plasvorming beperken of voorkomen kan de optredende schade worden beperkt: bij brandbare vloeistoffen is het brandende oppervlakte en daarmee het schadegebied kleiner en bij toxische vloeistoffen treedt er minder verdamping op. Beide scenario's dragen sterk bij aan het plaatsgebonden risico, die zorgt daarmee voor een reductie van het plaatsgebonden risico. De bijdrage aan het groepsrisico van deze scenario's is op zich beperkt. Wel vormen de plasbranden een belangrijke factor in de kans op een Warme BLEVE. Indien er helemaal geen plasbranden zouden optreden zou de kans op een Warme BLEVE ook aanzienlijk kleiner zijn en zou ook het groepsrisico aanzienlijk kleiner worden. Het geheel voorkomen van plasvorming lijkt echter geen haalbare oplossing. Het effect van kleinere plassen op de kans op een Warme BLEVE is beperkt, omdat de plas zich dan nog wel kan verspreiden tot onder of nabij andere tankwagens. Deze maatregel heeft wel invloed op het resteffect en de beheersbaarheid: de brand en bijbehorende gevolgen zullen kleiner zijn. Op zelfredzaamheid heeft deze maatregel geen invloed.

Voor km 9 te Dordrecht betekent toepassing van deze maatregelen het volgende:

Tabel 7-1 *Effect van maatregelen aan de infrastructuur op het GR bij km 9 te Dordrecht.*

Maatregel	Factor kans reductie	Factor max. GR overschrijding	
		Huidige situa- tie, km 9	Toekomstige situatie, km 9
zonder maatregelen	-	19	17
1. Geen wissels	2,5	8	7
2. Hotboxdetectie	1,36	15	13
3. ATB nieuwe generatie	1,11	17	15
combi-verbeterd spoor (1,2 en3)	4,7	4	3,5

Geen overwegen is voor km 9 niet relevant. Toepassing van deze maatregelen ligt in handen van de infrabeheerder, Prorail. Voor het toepassen van de maatregel “geen wissels” en “geen overwegen” zal dit in samenspraak met de gemeente zijn. Deze maatregelen hebben ook invloed op het ruimtebeslag: geen wissels in de goederensporen of de wissels verplaatst naar een gebied buiten de woonbebouwing betekent dat er op grotere afstand meerdere sporen naast elkaar komen te liggen.

Toepassing van het gecombineerde maatregelenpakket houdt in dat het aantal kilometers met een overschrijding afneemt. Voor kilometer 1 in Zwijndrecht en de kilometers 1 en 9 in Dordrecht blijft wel een overschrijding bestaan van ongeveer een factor 3 à 4.

Voor deze maatregelen geldt dat dezen allen onder de verantwoordelijkheid van Prorail liggen. Deze maatregelen zullen op middellange termijn kunnen worden toegepast.

7.4 Exploitatie, onderhoud en trein/wagon materieel

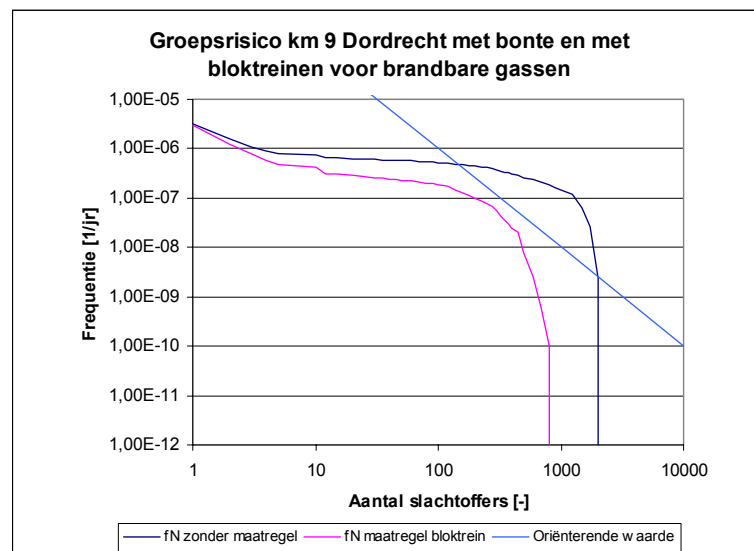
Met betrekking tot de exploitatie, het onderhoud en het trein/wagonmaterieel zijn de volgende maatregelen genoemd:

– **Baanvaksneldheid ≤ 40 km/h voor de goederensporen**

Lagere snelheden hebben in combinatie met vernieuwde ATB een kleinere ongevals-kans. Bovendien is de kans op uitstroming gegeven een ongeval bij lagere snelheden aanzienlijk kleiner dan bij hoge snelheid. In de huidige risicomodelle-ring betekent dit voor het GR betekent een baanvaksneldheid van ≤ 40 km/h t.o.v. een baanvaksneldheid > 40 km/h een reductie met ongeveer een factor 7 (volgens de huidige risicomodellering). Voor het PR is dit zelfs een factor van ongeveer 14, omdat de maatregel effectiever is voor atmosferische tankwagons.

– Bloktreinen

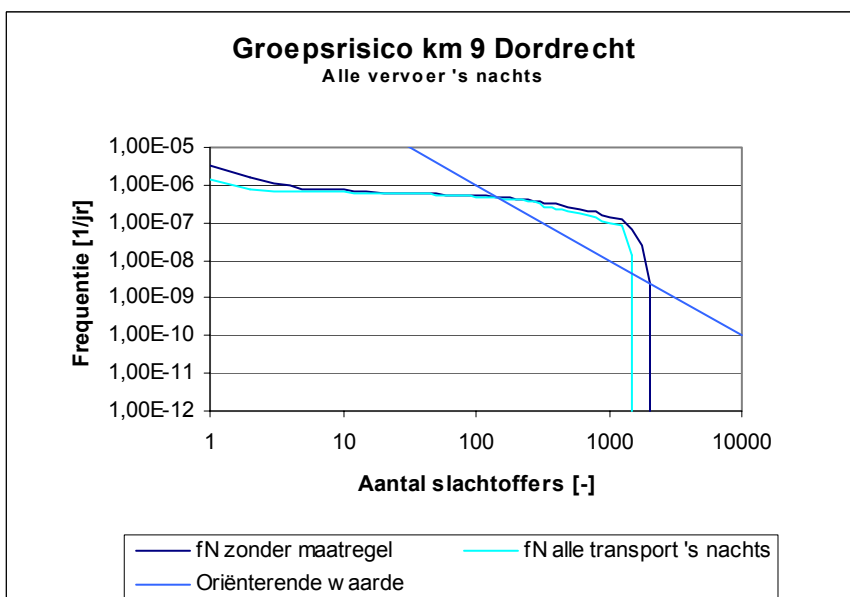
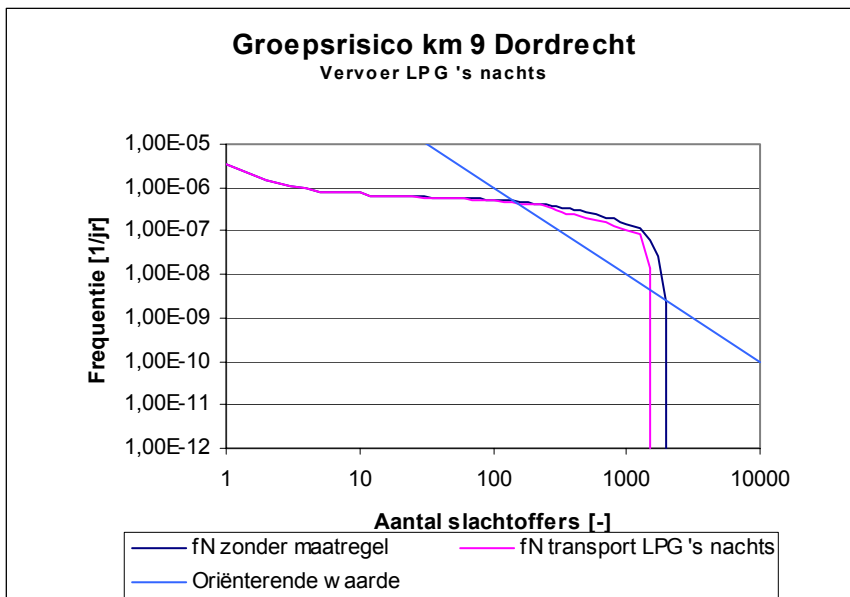
Het vervoeren van brandbare gassen in bloktreinen. Deze maatregel houdt in dat brandbare gassen niet meer in combinatie met wagons met andere stoffen worden vervoerd. Door deze maatregel vervalt de belangrijkste oorzaak (qua grootte van de kans) van een warme BLEVE, nl. de aanstraling van de tankwagon met brandbaar gas door een plasbrand van brandbare vloeistoffen. In onderstaande figuur wordt het effect van deze maatregel getoond. De maatregel is dus voldoende effectief om het GR tot onder de oriënterende waarde te brengen.



Figuur 7-1 Invloed maatregel bloktreinen.

– Vervoer 's nachts

Een andere mogelijkheid is het 's nachts vervoeren van goederen. In bedrijfspanden zijn er 's nachts minder mensen aanwezig. Ook zullen er minder mensen buiten verblijven. Wanneer er 's nachts een BLEVE optreedt zullen er minder slachtoffers vallen dan wanneer dit overdag plaatsvindt. Voor woonbebouwing geldt precies het tegenovergestelde omdat daar overdag minder mensen aanwezig zijn dan 's nachts. Het effect van de maatregel is dus sterk afhankelijk van de plaats waarlangs het transport plaatsvindt. In onderstaande figuur wordt het effect van deze maatregel getoond. Daarbij is onderscheid gemaakt in de situatie waarbij uitsluitend het transport van LPG 's nachts plaatsvindt en de situatie waarbij alle transport 's nachts plaatsvindt.



Figuur 7-2 Invloed vervoer 's nachts op het GR.

De figuur laat zien dat deze maatregel maar een beperkte reductie van het GR oplevert.

– **Extra beveiliging (inclusief snellere alarmering)**

Door extra beveiliging kunnen eventuele ongevallen voorkomen worden en/of sneller worden gedetecteerd. Een kansreductie is voor deze maatregel niet vastgesteld. De maatregel wordt meegenomen in het pakket inherent veiliger exploitatie.

– **Regelmatig onderhoud en inspectie**

D.m.v. regelmatig onderhoud en inspecties kunnen mankementen aan het treinmaterieel en de wagons tijdig worden ontdekt. Een kansreductie is voor deze maatregel niet vastgesteld. De maatregel wordt meegenomen in het pakket inherent veiliger exploitatie.

– **Grotere wanddikte tankwagons**

Sterkere wanden zorgen voor een kleiner uitstroomkans bij beschadiging van de tank door een ongeval. Een kansreductie is voor deze maatregel niet vastgesteld. De maatregel wordt meegenomen in het pakket inherent veiliger exploitatie.

Bovenstaande maatregelen hebben met name een kansreducerend effect en hebben derhalve geen invloed op de zelfredzaamheid, beheersbaarheid en resteffect, met uitzondering van de maatregel “bloktreinen”, waarbij het scenario Warme BLEVE wordt voorkomen en daarmee dus ook de bijbehorende resteffecten. Ook de beheersbaarheid neemt daardoor toe, omdat een van de ernstigste scenario's (ook qua beheersbaarheid) wordt voorkomen.

– **Hittewerende bekleding op de tankwagons**

Door het aanbrengen van hittewerende bekleding op de tank, kan er voor worden gezorgd dat de tank beter bestand is tegen de warmtestraling van een externe brand, waardoor opwarming van de inhoud minder snel verloopt. Hiermee kan het optreden van een warme BLEVE worden vertraagd. Hierdoor is er voor de hulpverleners meer tijd om optreden en de aangestraalde tank te koelen en de brand te blussen. Het scenario Warme BLEVE kan daarmee worden voorkomen. Deze maatregel heeft op het groepsrisico het zelfde effect als de maatregel “bloktreinen”. In beide gevallen wordt het scenario Warme BLEVE voorkomen. Deze maatregel heeft dus zowel invloed op het groepsrisico als de beheersbaarheid en het resteffect.

Inherent veiliger exploitatie

Een pakket van maatregelen gericht op een inherent veiliger transport wordt thans toegepast op het chloortransport. De chloorketelwagons zijn iets sterker uitgevoerd. Daarnaast worden nog een aantal andere maatregelen toegepast bij dit transport zoals inspectie voor vertrek, maximale snelheid van 60 km/uur, een meldvolgsysteem tijdens het transport en een speciale calamiteitenorganisatie. Deze chloormaatregelen geven een risicoreductie met een factor 5 voor zowel PR als GR. Het maatregelen pakket bestaat uit de volgende maatregelen:

- De chloortransporten grondig worden gecontroleerd voor vertrek.
- De maximale snelheid 60 km per uur bedraagt.
- Chloortransporten plaatsvinden in gesloten treinen die voortdurend door de verkeersleiding worden gevolgd. Indien meer dan 5 minuten niet bekend is waar zich de trein bevindt wordt overlegd met de centrale Meld Kamer of vooralarm wenselijk is (= meld-volg systeem).
- Bij onregelmatigheden onmiddellijk chlooralarm wordt gegeven.

- Voor chloorketelwagons een 2x hogere inspectiefrequentie geldt.
- Chloorketelwagons extra beveiligingen hebben.
- De minimale wanddikte volgens regels RID-VSG aanhangsel XI, met voor chloorketelwagons een toeslag.
- Alle aansluitingen aan de bovenzijde zitten; de aansluitingen hebben dubbele kleppen.

Een vergelijkbaar pakket van maatregelen is ook toepasbaar voor het vervoer van brandbare gassen en toxische gassen. De maatregel heeft met name een kansverlagend effect, maar door het meld-volgsysteem zal ook de alarmering en informatievoorziening van de hulpverleningsdiensten veel beter zijn. Hierdoor neemt ook de beheersbaarheid sterk toe.

Dit maatregelenpakket heeft wel nadelige gevolgen voor de exploitatie van het goederenvervoer en de hieraan verbonden kosten en opbrengsten en kan daarom vanuit andere overwegingen dan veiligheid minder gewenst zijn.

Voor km 9 te Dordrecht betekent toepassing van deze maatregelen het volgende:

Tabel 7-2 Effect van maatregelen in de exploitatie op het GR voor km 9 te Dordrecht.

Maatregel	Factor kans reductie	Factor max. GR overschrijding
Zonder maatregelen (huidige situatie)	-	19
≤ 40 km/h + ATB nieuwe gen.	Kansreductie: factor 7	3
Bloktreinen	Sterke reductie kans op Warme BLEVE	0,5
Vervoer 's nachts	Minder slachtoffers in gebieden met kantoren ed., meer slachtoffers in gebieden met woonbouw	13
Hittewerende bekleding +koelen	Sterke reductie kans op Warme BLEVE	0,5
Inherent veiliger transport	Kansreductie: factor 5	4

De maatregelen ten aanzien van de exploitatie (vervoer 's nachts, baanvaksnelheid, bloktreinen) liggen in handen van Prorail. Deze maatregelen zouden in principe op korte termijn kunnen worden genomen, waarbij geldt dat er van de kant van de exploitatie wel bezwaren zijn, omdat de exploitatie minder rendabel zal worden.

Maatregelen ten aanzien van het materieel en onderhoud en inspectie hiervan liggen bij de vervoerder en eventueel in wet- en regelgeving. Ander materieel zal pas op lange termijn verplicht kunnen worden gesteld. Frequentere inspecties kunnen wel al op korte termijn worden ingevoerd.

7.5 Bouwkundige en constructieve maatregelen

De mogelijke bouwkundige en constructieve maatregelen zijn uitgebreid beschreven in bijlage 1. Hierbij is een onderverdeling gemaakt naar maatregelen tegen

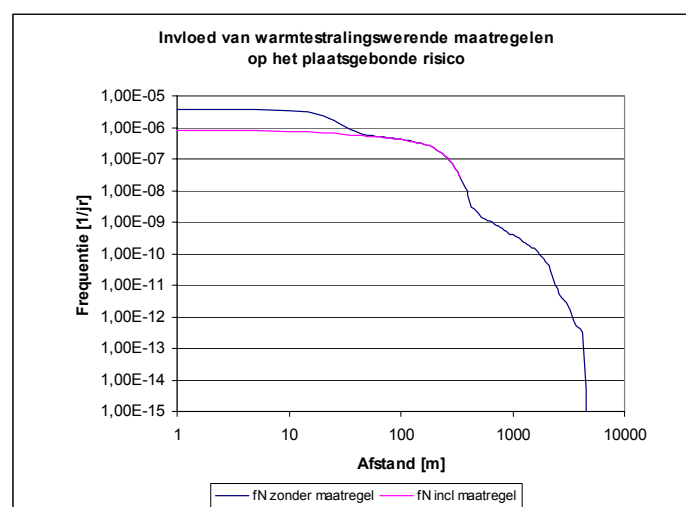
warmtestraling en convectie, maatregelen tegen piekoverdruk en maatregelen tegen toxische blootstelling. Deze drie categorieën zijn vervolgens weer onderverdeeld in maatregelen aan de spoorlay-out, maatregelen aan gebouwen en maatregelen in en aan de gebiedsindeling/functies. In dit hoofdstuk wordt een samenvatting van de potentiële risicoreductie van de bouwkundige maatregelen gegeven. Dit zal gebeuren voor de volgende ongevalontwikkelingen:

- Plasbrand.
- Fakkels.
- Toxische gassen en vloeistoffen.
- BLEVE.
- Gaswolkverbranding.

Plasbrand en fakkels

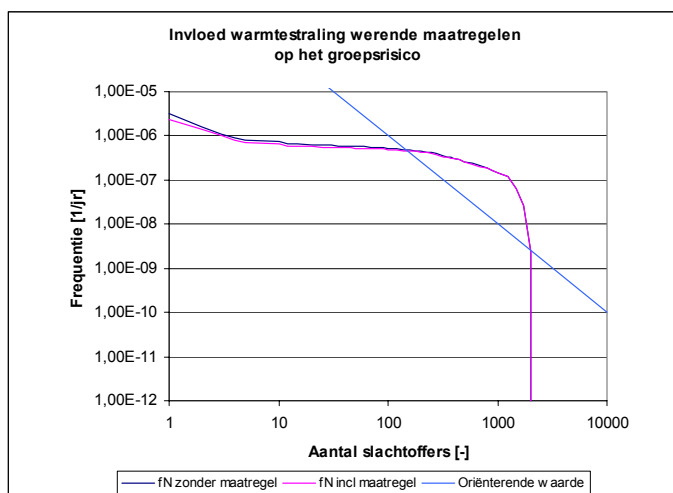
Uit deze beschrijving blijkt dat met name tegen de warmtestralingseffecten van plasbranden afdoende maatregelen kunnen worden getroffen (zoals brandwerende muren, hittewerende bekleding aan gebouwen, verdiept aanleggen, niet-constructieve overkappingen). Deze maatregelen kunnen daardoor tot een reductie leiden van de plaatsgebonden risicocontour en een reductie van de schade bij de plasbrandscenario's en fakkels. Doordat het schadegebied bij deze scenario's door de getroffen maatregel kleiner zal zijn, is ook het resteffect kleiner (minder schade) en is de beheersbaarheid ook beter.

In onderstaande figuur wordt de invloed van deze maatregel op het plaatsgebonden risico weergegeven voor km 9 in Dordrecht, waarbij er vanuit is gegaan dat de maatregel dusdanig effectief is dat er geen doden meer vallen bij plasbranden of fakkels. Uit de figuur blijkt dat deze maatregel de frequentie dusdanig reduceert, dat de frequentie niet meer boven de 10^{-6} uit komt.



Figuur 7-3 Invloed van warmtestralingwerende maatregelen op het plaatsgebonden risico (PR(frequentie) als functie van de afstand vanaf het spoor).

Deze maatregelen hebben nauwelijks tot geen invloed op het groepsrisico omdat de scenario's plasbrand en fakkel maar zeer beperkt bijdragen aan het groepsrisico. In onderstaande figuur wordt dit geïllustreerd.



Figuur 7-4 Invloed van warmtestralingwerende maatregelen op het groepsrisico.

Toxische gassen en vloeistoffen

Uit bijlage 1 blijkt ook dat voor toxische blootstelling goede maatregelen te treffen zijn. Bij toepassen van ventilatiebeperkende maatregelen aan gebouwen zou een slachtofferreductie met een factor 10-100 kunnen worden bereikt. In de huidige risicoberekeningen wordt al uitgegaan van een bescherming van een factor 10 ten opzichte van de blootstelling buiten. In de huidige berekeningen wordt dus al uitgegaan van een zeer hoge bescherming binnen; dit is wellicht al iets te rooskleurig. De extra bijdrage aan de beperking van het aantal slachtoffers en het groepsrisico is daarnaast beperkt omdat de maatregel niet helpt voor mensen die zich buiten bevinden en het percentage slachtoffers binnen (volgens de huidige berekeningen) toch al lager is. Een overkapping of tunnel zou wel tot bescherming van de mensen in de buitenlucht zorgen. Er ontstaat dan wel een probleem in de tunnel en bij de uiteinden.

BLEVE

Tegen de warmtestraling van een BLEVE en de overdruk-effecten zijn zeer moeilijk maatregelen te nemen. In bijlage 1 zijn wel enkele maatregelen tegen overdruk-effecten uitgewerkt (een zware muur langs het spoor, twee betonnen muren langs het spoor, een muur met aardenwal langs het spoor, muur voor gebouwen en bunkers als gebouwen), maar deze helpen niet tegen de (erg hoge) warmtestraling, die bij een BLEVE over veel grotere afstand tot grote schade leidt. Op grotere afstand kan de materiële schade wel worden beperkt door het aanbrengen van hittewerende bekleding op de wanden en blast resistent glazing in de ramen. Dit zal ongetwijfeld ook bijdragen aan het beperken van het aantal lichtgewonden ten gevolge van rondvliegend glas. Goede kwantitatieve relaties om dit effect aan te to-

nen zijn er niet. Deze maatregelen zullen geen invloed hebben op het groepsrisico, aangezien in de berekeningen hiervoor toch al werd uitgegaan van afdoende bescherming binnen (buiten de $35\text{kW}/\text{m}^2$ contour). Wel zal het aantal gewonden ten gevolge van rondvliegend glas afnemen (gunstig effect op resteffect en beheersbaarheid).

Een constructieve overkapping/overbouwning kan de effecten van de vuurbal van een BLEVE wel verminderen (zie ook de maatregelen verdiept aanleggen, overkappen, ondertunnelen in bijlage 1). De bij een BLEVE optredende blast kan gecontroleerd naar bepaalde minder gevoelige punten (bijvoorbeeld een parkeergarage) worden geleid waardoor minder schade ontstaat.

Gaswolkverbranding

Bij een niet explosieve gaswolkverbranding kan schade buiten de overkapping voorkomen worden. Echter door de constructieve overkapping wordt de kans op een detonatie groter. Door in het ontwerp een goede drukontlasting te creëren bijvoorbeeld naar een naast gelegen parkeergarage kan een detonatie voorkomen worden. Zijwaartse of naar boven gerichte openingen kunnen de detonatie ook voorkomen, echter doordat dan schade in de omgeving kan ontstaan is de reductie van het externe groepsrisico minder. Alleen op basis van een meer gedetailleerd ontwerp van de overkapping/overbouwning kan een uitspraak gedaan worden in hoeverre het externe risico afneemt en het interne risico mogelijk toeneemt. Belangrijk is ook dat er bij de tunnelmonden een extra risico ontstaat waar rekening moet worden gehouden (bijv. geen bevolking in de gebieden rondom de tunnelmonden). In onderstaande tabel zijn globale inschattingen gedaan voor de afname van het risico ter hoogte van de aangelegde muren cq. overkappingen, waarbij er vanuit is gegaan dat de muren/overkappingen over het hele kilometertraject zijn toegepast:

Tabel 7-3 *Effect van bouwkundige en constructieve maatregelen op het GR voor km 9 te Dordrecht.*

Maatregel	Factor max. GR overschrijding
Zonder maatregelen (huidige situatie)	19
Brandwerende muren/gevels	19
Niet-constructieve overkapping	19
Constructieve overkapping	0

NB: Het interne groepsrisico dat ten gevolge van de overkapping ontstaat wordt hierbij niet in beschouwing genomen. Tevens moet worden bedacht dat er effecten bij de tunnelmonden kunnen optreden (bij een constructieve overkapping). Hier dient dus ook rekening mee worden gehouden. Tunnelmonden moeten zich dus op locaties bevinden waar weinig personen kunnen worden blootgesteld.

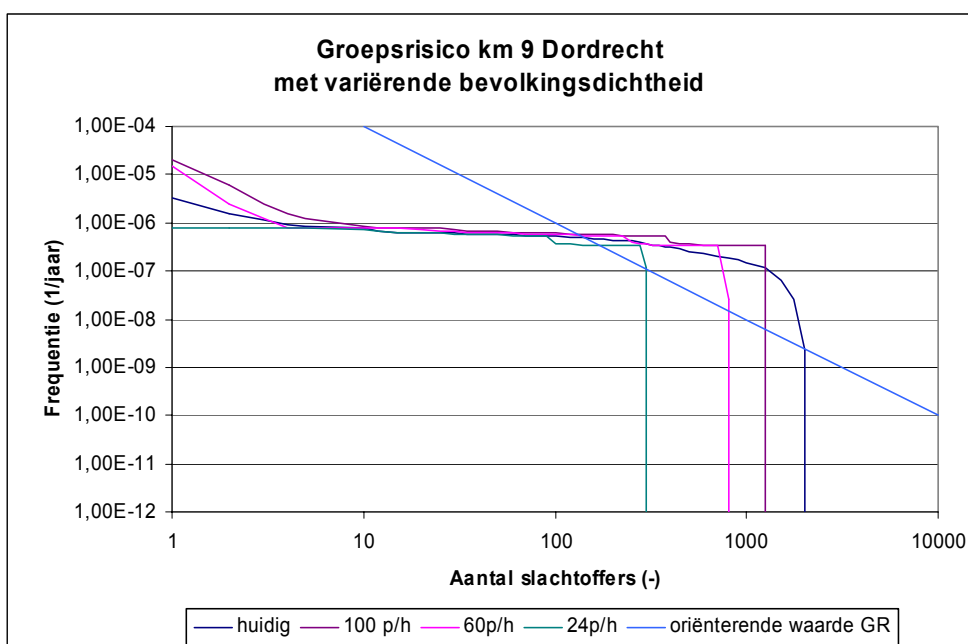
7.6 Stedenbouwkundige maatregelen en ontwikkelingsvarianten

Door middel van stedenbouwkundige maatregelen kan het aantal slachtoffers dat bij het ongeval wordt betrokken, beperkt worden. Hiermee wordt dan ook het externe groepsrisico verlaagd. Hierbij kan aan de volgende maatregelen worden gedacht:

- Geen gevoelige objecten in de onmiddellijke nabijheid van het spoor.
- Minder gevoelige objecten naast het spoor.

Bij deze stedenbouwkundige maatregelen komt het er op neer dat er functies of gebouwen in een gebied van 200 meter van het spoor komen waarin het aantal aanwezigen sterk wordt beperkt, bijvoorbeeld een parkeergarage. De beperkingen gelden met name voor de eerste 200 meter aan beide zijden van het spoor, omdat in dit gebied bij een warme BLEVE ca. 95% van de slachtoffers geldt. In deze zone geldt namelijk bij een warme BLEVE dat men binnen ook onvoldoende beschermd is tegen de schadelijke effecten en zal komen te overlijden.

Uitgaande van de vervoershoeveelheden voor de huidige en toekomstige situatie, zoals gegeven in hoofdstuk 4, is in onderstaande figuur voor 3 bevolkingsdichtheden het groepsrisico berekend. Daarbij is uitgegaan van een homogene verdeling van de bevolking over het gebied en van een dichtheid die zowel overdag als 's nachts gelijk zijn. De gemiddelde bevolkingsdichtheden zijn ook toegepast vlak bij het spoor. Bevolkingsdichtheden van 24 personen per hectare, 60 pers/ha en 100 pers/ha zijn in de gevoeligheidsanalyse toegepast. Ter vergelijking is ook het groepsrisico bij km 9 in Dordrecht in de huidige situatie gegeven.



Figuur 7-5 Invloed van het aantal aanwezigen per hectare op het groepsrisico.

Uit deze figuur blijkt dat zelfs bij een bevolkingsdichtheid van 24 aanwezigen per hectare er nog een overschrijding van de oriënterende waarde optreedt. Dit betekent dat er nauwelijks enige bebouwing in de eerste 200 meter van beide zijden van het spoor mogelijk is, om onder de oriënterende waarde van het groepsrisico te blijven.

Hieruit kunnen 3 stedenbouwkundige ontwikkelingsvarianten worden afgeleid:

- I. $GR < OW$: het spoor als groene strook door de stad.
- II. $GR \approx GR_{nu}$: stedelijk wonen.
- III. GR geen beperking: verdere stedelijke intensivering.

Ad I: een ontwikkelingsvariant waarbij het groepsrisico onder de oriënterende waarde blijft, betekent dat de gemiddelde bevolkingsdichtheid (met name in de eerste 200 meter vanaf het spoor) niet hoger mag zijn dan 16 personen per hectare. Dit betekent dat alleen woningbouw op zeer beperkte schaal mogelijk is en invulling van de spoorzone met functies met een beperkte bezettingsgraad, zoals parkeergarages, parkjes, fietspaden, wegen. Door dit te combineren met groen (parkjes) ontstaat een soort groene strook in de stad.

Ad II: een ontwikkelingsvariant waarbij het groepsrisico ongeveer op het huidige niveau blijft in het binnenstedelijke gebied betekent dat de bevolkingsdichtheid in de eerste 200 meter vanaf het spoor niet verder mag toenemen. Dit biedt dus wel de ruimte voor renovatie van woonwijken en vervanging van bestaande bouw door (woning)bouw met een gelijke bevolkingsdichtheid, maar niet voor nieuwe groot-schalige flatgebouwen en kantoorpanden in de eerste 200 meter vanaf het spoor.

Ad III: de ontwikkelingsvariant waarbij wordt gekozen voor verdere stedelijke intensivering binnen een zone van 200 meter van het spoor betekent dat het groepsrisico verder zal toenemen. Alleen maatregelen aan de vervoerskant (railinfrastructuur of exploitatie) kunnen het GR dan eventueel nog beperken.

Bij de ontwikkeling van een gebied kan daarnaast ook rekening worden gehouden met de bereikbaarheid van het spoor door hulpverleningsdiensten. Hierbij zou er een weg naast het spoor moeten liggen, zodat de bereikbaarheid goed is. Met name ontwikkelingsvariant I leent zich hier goed voor. Voor de varianten II en III geldt dat straten met woningen en/of kantoren dwars op deze straten moeten worden gebouwd. Dit heeft ook een positieve invloed op de mogelijkheden om snel weg te vluchten. Ook voor de vluchtvoorzieningen in gebouwen geldt dat deze van het spoor afgericht moeten zijn. De effecten van deze maatregelen zijn als afzonderlijke maatregelen moeilijk te kwantificeren. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op een pakket van maatregelen gericht op zelfredzaamheid en hulpverlening.

7.7 Zelfredzaamheid en hulpverlening

De eerder genoemde maatregelen die het schadegebied beperken (zoals plasbeperkende maatregelen en brandwerende muren) hebben ook effect op de beheersbaarheid: het schadegebied is kleiner en daardoor beter te beheersen. Tevens heeft het tot gevolg dat in een kleiner gebied en dus voor minder mensen de noodzaak aanwezig is om te vluchten.

In aanvulling hierop zijn er echter meer maatregelen te bedenken die een positieve bijdrage leveren aan de zelfredzaamheid en de calamiteitenbestrijding. Zelfredzaamheid en hulpverlening worden hier in een paragraaf behandeld omdat er een sterke relatie tussen de twee is. Afhankelijk van het incident kan het nodig zijn dat de hulpverleningsdiensten de aanwezigen alarmeren en aanzetten tot ontruiming van het gebied (middels zelfredzaamheid).

Er is een aantal scenario's dat zich goed leent voor zelfredzaamheid en aantal waarvoor dit niet geldt. Bij scenario's die zich zeer snel ontwikkelen zonder enige vooraankondiging, zal het slachtofferreducerend effect van zelfredzaamheid beperkt zijn. Dit betreft met name de gaswolkbrand, de Koude BLEVE en het instantaan vrijkomen van toxische gassen (voorzover het bezwijken van de tank niet door aanstraling door een externe brand komt). Bij deze scenario's is er geen tijd om te vluchten. De ontwikkeling van een plasbrand en een fakkel is ook zeer snel en voor mensen in de plas of in de fakkel, behoort vluchten ook niet meer tot de mogelijkheden. Voor mensen in de directe omgeving geldt wel dat ze door snel weg te rennen de blootstellingduur dermate kunnen beperken, dat ze de ernst van hun letsel ook kunnen beperken. Bij deze scenario's gaat zelfredzaamheid min of meer vanzelf: mensen voelen de hitte en maken dat ze uit de buurt komen.

Bij blootstelling aan toxische gassen of bij de dreiging van een warme BLEVE is dit minder vanzelfsprekend. In dat geval is een snelle alarmering en instructies over hoe te handelen van belang. Een 100% effectieve ontruiming bij de dreiging van een Warme BLEVE houdt in dat binnen een half uur alle gebouwen in een straal van minimaal 200 meter ontruimd zijn (bijvoorkeur groter gebied: straal 450 meter) en de bevolking buiten zich op een afstand van zo'n 500 meter begeeft. Een dergelijke actie vereist verschillende (voorbereidings)maatregelen:

- snellere meldingsprocedure + evt. nieuwe techniek (automatische detectie, camera's en doormelding,);
- Alarmeringsprotocol met duidelijke locatieaanduiding;
- Snellere doormelding van betrokken stoffen;
- Snelle alarmering bevolking;
- Geoefendheid in ontruiming;
- Goede vluchtvoorzieningen (in gebouwen en omgeving spoor).

Zelfs indien al deze maatregelen worden genomen, mag niet worden aangenomen dat iedereen zich tijdig buiten het ongevalgebied heeft begeven. Een meer realistische schatting is dat het aantal blootgestelden met 50% is gereduceerd.

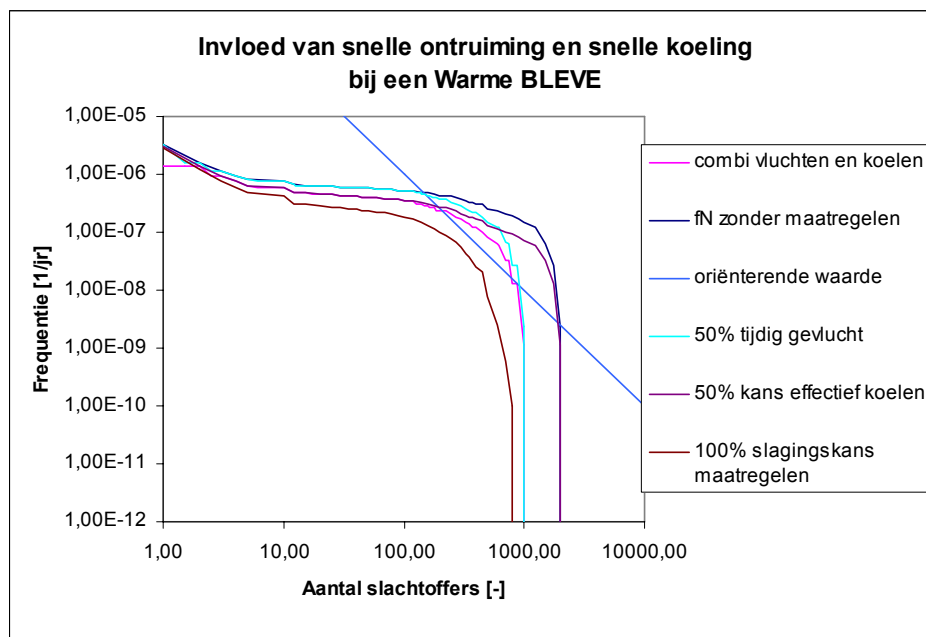
Een vergelijkbaar pakket van maatregelen kan worden toegepast bij (dreigende) blootstelling aan toxische gassen. In dat geval hoeven de gebouwen niet ontruimd te worden maar moeten mensen juist geïnstrueerd worden om naar binnen te gaan en ramen en deuren en ventilatieopeningen te sluiten.

In het verlengde ligt een maatregelenpakket ter voorkoming van een Warme BLEVE. Dit bestaat uit de volgende maatregelen:

- snellere meldingsprocedure+ evt. nieuwe techniek (automatische detectie, camera's en doormelding);
- Alarmeringsprotocol met duidelijke locatieaanduiding;
- Snellere doormelding van betrokken stoffen;
- Goede toegang tot spoor (weg langs spoor en deuren in geluidsschermen om de 50-100 m);
- Voldoende bluswater langs spoor, evt. drogeblusleidingen met aansluitpunten
- Snel starten van koelen van de aangestraalde tank.

Hiermee kan de kans op een Warme BLEVE worden beperkt. Bedacht moet worden dat er nogal wat bij komt kijken om dit tijdig voor elkaar te krijgen (in de huidige situatie wordt het door verschillende brandweervertegenwoordigers helemaal niet reëel geacht). Een mogelijke oplossing, met name voor de slecht bereikbare delen van het spoor, kan ook zijn om in plaats van blussing door de brandweer zelf, voor automatische blussing (sprinklers) te kiezen. Gezien de vele factoren die in het succesvol uitvoeren van dit maatregelenpakket een rol spelen, dient er rekening mee te worden gehouden dat er, ondanks de getroffen voorzieningen een kans is dat de maatregel niet slaagt. Ter illustratie is hier onder aangegeven wat het effect is van de volgende maatregelenpakketen en slagingskansen:

- tijdig blussen, slaagkans 50%;
- tijdig ontruimen, slaagkans 50%;
- combi tijdig blussen kans 50% en tijdig ontruimen 50%;
- tijdig blussen of tijdig ontruimen, slaagkans 100%.



Figuur 7-6 Invloed van maatregelen gericht op ontruiming en/of koelen bij dreiging Warme BLEVE.

Daarnaast zijn er nog andere maatregelen genoemd in hoofdstuk 6 ten behoeve van een effectieve hulpverlening, zoals:

- Dichten van de lekkage.
- Afdekken plas.
- Watergordijnen.

Deze maatregelen beperken de verspreiding en blootstelling van toxische gassen. Hoe groot dit effect is, is moeilijk in te schatten.

Tabel 7-4 Invloed maatregelen gericht op zelfredzaamheid en beheersing op het GR.

Maatregel	Factor max. GR overschrijding
Zonder maatregelen (huidige situatie)	19
50% ontruimd voor Warme BLEVE	5
Koelen aangestraalde tank (50% kans effectief)	9
Tijdig ontruimen (50%) en koelen aangestraalde tank (50% kans)	2,4
100% effectief ontruimen of koelen	0,5

7.8 Samenvatting effectiviteit maatregelen

In dit hoofdstuk is de effectiviteit van de verschillende maatregelen die in deze studie zijn geïnventariseerd beschreven. Hierbij is het effect op elk van de vijf criteria in het toetsingskader beschouwd. In onderstaande tabel wordt dit samengevat weergegeven.

Bij de toekenning van de plussen en minnen hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- Maatregelen die een kansverlagend effect hebben, zullen alleen invloed hebben op PR en GR.
- Maatregelen die de effecten verlagen kunnen invloed hebben op PR, GR, de resteffecten en de beheersbaarheid. De noodzaak voor zelfredzaamheid wordt dan ook lager. Dit wordt echter niet in de score verwerkt, omdat bij zelfredzaamheid met name naar de *mogelijkheden* voor zelfredding kijken. Bepaalde maatregelen zullen wel een effectverlagende invloed hebben, als dit niet de effecten zijn die van invloed zijn op het PR of GR zal er geen ‘plus’ bij PR of GR worden vermeld.
- Bepaalde maatregelen zullen alleen in combinatie met anderen een dusdanige bijdrage kunnen hebben dat ze bijvoorbeeld ook tot daling van het resteffect en het GR leiden. Op dergelijke combinaties wordt onder aan de tabel ingegaan.

De plussen en de minnen hebben de volgende betekenis:

- ++ zeer positief effect,
- + positief effect,
- (+) effect positief, maar nauwelijks/moeilijk meetbaar
- geen effect,
- +/- maatregel heeft positief effect, maar kan elders langs de route negatief effect hebben.
- negatief effect

Tevens is de termijn van realiseerbaarheid aangegeven, waarbij de volgende indeling is gehanteerd: Kort: ≤ 3 jaar, Midden ≤ 10 jaar, Lang: > 10 jaar. Deze inschatting heeft betrekking op de technische haalbaarheid, rekening houdend met realisatietijden. Er wordt geen uitspraak gedaan of maatregelen ook daadwerkelijk gerealiseerd zullen worden. In de besluitvorming over het al dan niet realiseren van maatregelen zullen ook andere argumenten dan veiligheid een rol spelen.

Maatregel	Effect op:				Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Inschatting kosten ¹	Opmerking
	PR	GR	Zelfredzaamheid	Beheersbaarheid				
Routing								
vervoer								
- opheffen	++	++	-	+	overheid (regelgeving), producenten en gebruikers	lang		
- beperken	+	+	-	-				
door verplaatsing productie								
re-routers					overheid (regelgeving, aanleggen van andere routes)	middellang/lang		
- verplaatsen	+/-	+/-	-	-				
- nieuwe route	+	+			overheid (regelgeving), producenten, vervoerders, en gebruikers	middellang/lang		
andere vervoersmodaliteit kiezen	+/-	+/-	-	-				
Railinfrastructuur								
minder overwegen	+ < kans	+ < kans	-	(+) (betere bereikbaarheid)	Prorail	kort/middellang		
beter beveiligde overwegen	(+)	(+)	-	-	Prorail	kort/middellang		
Minder wissels	+	+	-	-	Prorail	middellang/lang		
Wissels verplaatsen								
ATB nieuwe generatie	+	+	-	-	Prorail	middellang/lang		
Hotboxdetectie	+	+	-	-	Prorail	kort/middellang		
Ontsporingseleiding	+	+	-	-	Prorail	kort/middellang		
Plasbeperking of plasverspreiding beperkende maatregel	+	(+)	-	+	Prorail	kort/middellang		

¹ De inschatting van de kosten beperkt zich tot een globale inschatting van kosten van bouwkundige en constructieve maatregelen. Voor overige maatregelen geldt dat de kosten veelal bij andere partijen dan de gemeenten liggen en niet eenvoudig zijn in te schatten omdat deze ook sterk afhangen van de precieze invulling op de locatie.

Maatregel	Effect op:				Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Inschatting kosten ¹	Opmerking
	PR	GR	Zelfredzaamheid	Beheersbaarheid				
Exploitatie en onderhoud								
lagere snelheden (in comb. met ATB nieuwe generatie)	+	+	-	-	Prorail	kort/middellang		
vervoer alleen 's nachts	-	+/-	--	-	Prorail min V&W	kort/middellang		afhankelijk van gebruik bebouwing
bloktreinen	+	+	-	-	Prorail, min V&W	kort/middellang		
Extra beveiliging (incl snellere alarmering)	+	+	+	+	Prorail, vervoerders	kort/middellang		
Protocol voor afwijkend rooster	(+)	(+)	-	-	Prorail, vervoerders	kort/middellang		
regelmatig onderhoud en inspectie	(+)	(+)	-	-	Prorail, vervoerders	kort/middellang		
Trein/wagon materieel								
Grotere wanddikte tankwagons	+	+	-	-	Vervoerders, regelgeving (V&W, VROM)	middellang		
Hittewerende bekleding op tank	+	+	-	+	Vervoerders, regelgeving (V&W, VROM)	middellang		er is meer tijd om beheersmaatregelen te treffen en vervolgscenario's te voorkomen
Inherent veiliger transport (combinatie van maatregelen, vgl. met chloortreinen)	+	+	-	+	Prorail, min. V&W, vervoerders	middellang		

Maatregel	Effect op:				Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Inschatting kosten ¹	Opmerking
	PR	GR	Zelfredzaamheid	Beheersbaarheid				
Bouwkundige en constructieve maatregelen								
Langs/bij het spoor								
Brandwerende betonnen muur langs het spoor	+	(+)	-	-/++	+	Gemeente	Kort	€ 1,3 *10 ⁶ /km Slecht uitzicht Architectonisch niet fraai - slecht uitzicht/overzicht
Plasbeperkende maatregel: "goot" onder het spoor	+	(+)	-	-	-	Pro-Rail	Midden, Lang	€ 10 *106 /km
Verdiept aanleggen van het spoor	+	+	-	+/-	+	Pro-Rail	Lang	€ 50*106/km
"Normaal" overkappen van de sporen	+	+	-	+/-	+	Pro-Rail	Midden, lang	€ 40*106 / km Explosie in tunnel
Ondertunnellen van het goederen spoor	+	+	-	+/-	+		lang	€ 110*106 / km In praktijk moeilijk realiseerbaar, explosie in tunnel
In "staal" overkappen van goederen spoor	+	+	-	+	+	Pro-Rail	Midden, lang	€ 250*10 ⁶ /km In praktijk moeilijk realiseerbaar, explosie in tunnel
Zware muur langs spoor	+	-	-	-	+	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 1,3*10 ⁵ /km Esthetisch minder fraai
Twee betonnen muren naast spoor	+	-	-	-	+	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 1,5*10 ⁶ /km Esthetisch minder fraai
Aarde wal naast spoor in combinatie met betonnen muur	+	-	-	-	+	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 2*10 ⁶ /km Esthetisch minder fraai
Water mitigatie pijp langs spoor	+	+	-	+	+	Pro-Rail	Midden	???
Water over sporen	+	+	-	+	+	Pro-Rail	Midden, lang	€ 10 ⁶ /km ???

Maatregel	Effect op:				Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Inschatting kosten ¹	Opmerking
	PR	GR	Zelfredzaamheid	Beheersbaarheid				
Bij/aan gebouwen								
Brandwerende gevels gebouwen	-	(+)	+	+	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort, midden	€ 200/ m ² gevel oppervlakte	
Zware muur voor gebouwen	+	-	-	-	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO, Gemeente	Integreren in ontwerp	Hangt af van geometrie	Zicht belemmerd
Bunkers als gebouwen	+	+	+	+	Gemeente, BOWOTO	Kort, midden	€50*10 ⁶ /gebouw	Niet realistisch in context stedelijke ontwikkeling
Gebouw ondergronds	-	+	+	+	Gemeente, BOWOTO	Integreren in ontwerp	€50*10 ⁶ /gebouw	Perceptie mensen
Ronde vorm gebouw	-	+	-	+	Gemeente, BOWOTO	Integreren in ontwerp	€50*10 ⁶ /gebouw	Werkt bij grote afstand vanaf spoor
Blast and explosion resistant glazing	+	-	-	+	Gemeente, BOWOTO	Kort, midden	€2*10 ³ /m ² gevel-oppervlak	Werkt bij grote afstand vanaf spoor
Grote betonnen gevel-elementen, minder voegen + controle voegen	-	(+)	(+)	(+)	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO, ontwikkelaar	Kort	€ 50,-/m ² geveloppervlak	Architectonische beperkingen
Luchtdicht bouwen gecombineerd met ventilatiesysteem	-	(+)	-	+	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort	€10 ⁶ , - per gebouw	Veel ruimte per gebouw verloren aan installaties
(Functie)-indeling van gebouwen en/of het gebied								
Gebouw loodrecht op het spoor	-	+	+	(+)	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort, midden	Opnemen tijdens ontwerpfase	Gebouw loodrecht op het spoor

Maatregel	Effect op:				Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Inschatting kosten ¹	Opmerking
	PR	GR	Zelfredzaamheid	Beheersbaarheid				
Gebouw met functies met lage bezettingsgraad aan zijde spoor (aula, sanitaire voorzieningen)	-	+	+	+	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort, midden	Opnemen tijdens ontwerpfase	Architectonisch minder fraai
Functies met een kleine bezettingsgraad in het gebied vlak langs het spoor (bv. parkeergarages, park)	-	+	+	+	Gemeente Dordrecht/Zwijndrecht	Kort, midden	€ 10 ⁵ /km	Lage opbrengsten
Calamiteitenbestrijding								
snellere meldingsprocedure+ evt. nieuwe techniek (automatische detectie, camera's en doormelding.)	-	-	(+)	(+)	Prorail	kort/middellang		
Alarmeringsprotocol met duidelijke locatieaanduiding	-	-	-	+	Prorail, hulpverleningsdiensten	kort		
Snellere doormelding van betrokken stoffen	-	-	(+)	+	Prorail, vervoerders	kort		
Snelle alarmering bevolking	-	-	+	(+)	Hulpverleningsdiensten,	kort		
Geofendheid in ontruiming	-	-	+	(+)	Hulpverleningsdienst, beheerders gebouwen	kort/middellang		
Vluchtvoorzieningen (in gebouwen en omgeving spoor)	-	-	+	(+)	Gemeente, beheerders gebouwen	kort/middellang		
Gasmaskers	-	-	+	-	Gemeente	Kort	€ 500,- per masker	Onhandigheid op den duur negatieve perceptie
Betere toegang tot spoor: - weg langs spoor, deuren in geluidsschermen om de 50-100 m.	-	-	(+)	+	Gemeente	kort/middellang		

Maatregel	Effect op:				Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Inschatting kosten ¹	Opmerking
	PR	GR	Zelfredzaamheid	Beheersbaarheid				
Voldoende bluswater langs spoor, evt. drogeblusleidingen met aansluitpunten	-	-	-	+	Gemeente	kort/middellang		
meer hulpverleningscapaciteit	-	-	-	+	Hulpverleningsdiensten	kort/middellang		
vroegtijdig blussen bij aanstraling tank: - door hulpverleningsdiensten	-	(+)	-	+	Hulpverleningsdiensten	kort/middellang		alleen effectief als ook voorgaande handelingen snel kunnen
vroegtijdig blussen: - door automatische blussystemen	-	+	-	+	Prorail, gemeente	kort/middellang		
Afdekken plas	-	-	-	+	Hulpverleningsdiensten	kort		
Dichten van de lekkage	-	-	-	+	Hulpverleningsdiensten	kort		
Watergordijnen bij vrijkomen toxische stoffen	-	(+)	-	+	Hulpverleningsdiensten	kort		

Met name voor een aantal maatregelen die zijn aangegeven onder het kopje “calamiteitenbestrijding” geldt dat ze alleen in combinatie een dermate positief effect zullen hebben dat er een significante daling van het GR en het resteffect optreedt. Dit geldt voor de volgende clusters:

Tijdig ontruimen bij warme BLEVE vergt de volgende combinatie van maatregelen: zeer snelle detectie en alarmering, duidelijke locatieaanduiding, duidelijke stoffenaanduiding, snelle alarmering bevolking, geoefendheid in ontruiming, vluchtvoorzieningen (in gebouwen en omgeving). Indien dit goed werkt en er daadwerkelijk binnen 30 minuten na ontstaan ongeval een gebied (grotendeels) kan worden ontruimd, kan het aantal (dodelijke) slachtoffers sterk worden gereduceerd, met een zeer gunstig effect op de Beheersbaarheid en het Resteffect en GR. Voor de doorberekening in het GR moet wel rekening worden gehouden met de kans dat de ontruiming niet (geheel) slaagt, waardoor het netto-effect minder wordt.

Tijdig koelen van de tank bij een warme BLEVE vergt de volgende combinatie van maatregelen: zeer snelle detectie en alarmering, duidelijke locatieaanduiding, duidelijke stoffenaanduiding, goede toegang tot spoor, voldoende watervoorziening, voldoende capaciteit, voldoende voorbereid op vroegtijdig blussen. Indien deze keten van maatregelen werkt kan een warme BLEVE worden voorkomen. Dit geeft dus een zekere kansreductie op de warme BLEVE en een daling van het GR. Er blijft echter een resteffect op een warme BLEVE voor het geval de maatregelen niet voldoende werken. Er treedt overigens ook een vergelijkbaar effect op bij een koude BLEVE. Deze maatregelen hebben daar geen effect op.

Tijdig ontruimen en tijdig koelen kunnen in principe (en bij voorkeur) allebei worden toegepast.

Tenslotte is ook voor een aantal maatregelen met betrekking tot de exploitatie een combinatiepakket geformuleerd, die in dit hoofdstuk het “chloor-maatregelen” pakket worden genoemd. Gezamenlijk wordt hiermee een flinke reductie op de kans bereikt, waardoor dit een positieve invloed op het PR en GR heeft.

8. Toepassing van het toetsingskader op drie bestemmingsplannen (voorbeelduitwerkingen)

8.1 Inleiding

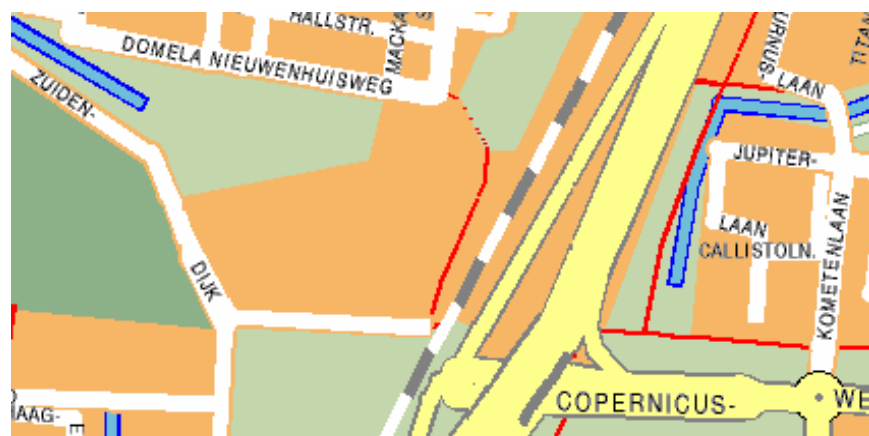
Het toetsingskader is beschreven in het rapport Toetsingskader Externe Veiligheid [37]. In dit hoofdstuk wordt dit toetsingskader toegepast voor een drietal bestemmingsplannen, d.w.z. in dit rapport wordt voor een drietal bestemmingsplannen de technisch inhoudelijke invulling gegeven van een of meerdere stappen van het toetsingskader. Voor de bestemmingsplannen Ufkesterrein in Dordrecht en Onderdijkserijweg in Zwijndrecht wordt stap 4 uitgevoerd: De externe Veiligheidstoets van het ontwerp bestemmingsplan. Tevens worden daarbij maatregelen aangereikt die kunnen worden toegepast bij een herontwerp/aanpassing van het plan. Voor deze twee bestemmingsplannen geldt namelijk dat er al een ontwerp bestemmingsplan ligt.

Voor het derde bestemmingsplan Spoorzone Dordrecht, geldt dat er nog geen ontwerpbestemmingsplan ligt. Voor dit plan worden de stappen 1 en 2 uitgevoerd.

8.2 Ufkesterrein

Omschrijving van het plan:

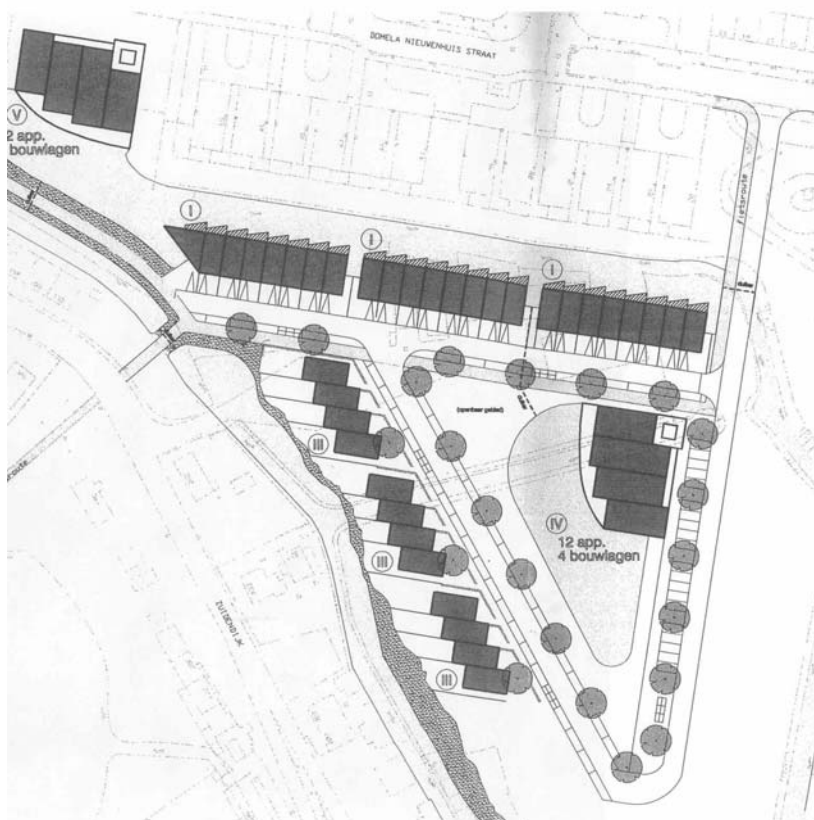
Het Ufkesterrein betreft een thans braakliggende voormalig bedrijventerrein tussen de Zuidendijk en de Domela Nieuwenhuisweg (zie kaart, Figuur 8-1).



Figuur 8-1 Kaartuisnede van het Ufkesterrein, Dordrecht.

Een schets van het plan is gegeven in figuur 8-2.

Voorbeelduitwerking bestemmingsplannen



Figuur 8-2 Planschets Ufkesterrein ([31]).

Het plan bestaat uit de ontwikkeling van 25 drive-in woningen (nr. I in Figuur 8-2), 12 woningen (III in Figuur 8-2), 2 x 12 appartementen (gebouw met 4 bouwlagen, nr. IV en V in Figuur 8-2).

De bebouwing begint op 200 meter vanaf het spoor.

Ter hoogte van het plan loopt een fietspad langs het spoor. Tussen het fietspad en de weg rondom de nieuwe wijk ligt een groenstrook en een slootje.

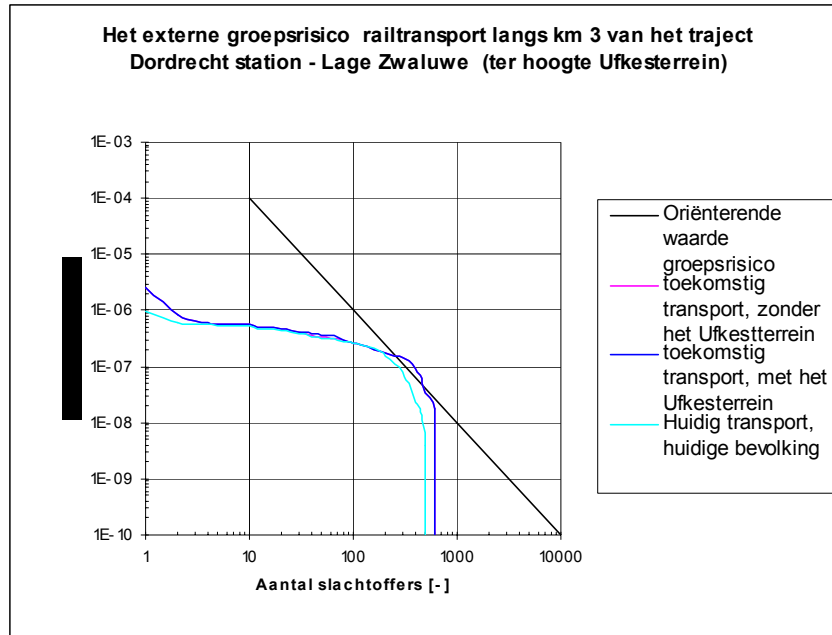
In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de voorgenomen verdeling van de bevolking/aanwezigen in het gebied.

Plaatsgebonden risico

De nieuw geplande bebouwing ligt op een afstand van minimaal 200 meter vanaf het spoor. Het plaatsgebonden risico ligt (uitgaande van de vervoersprognoses voor 2010) op dit trajectdeel op ca. 25 meter van het spoor. Er wordt dus voldaan aan het toetsingscriterium.

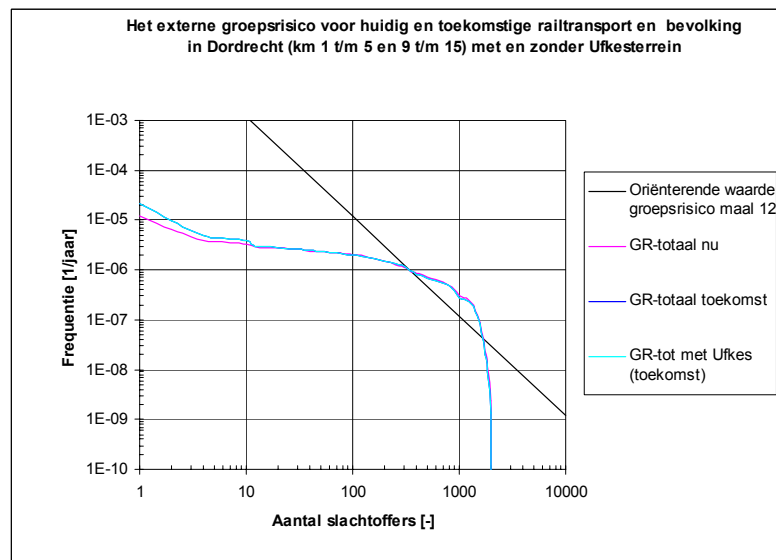
Groepsrisico

In onderstaande figuur is het groepsrisico voor het kilometertraject gegeven dat ter hoogte van het Ufkesterrein ligt.



Figuur 8-3 Externe groepsrisico ter hoogte van het Ufkesterrein.

Tevens is in onderstaande figuur het gesommeerde groepsrisico over het hele traject in Dordrecht gegeven.



Figuur 8-4 Gesommeerde externe groepsrisico voor Dordrecht, met en zonder Ufkesterrein.

In feite zijn maar twee lijnen te onderscheiden: de fN-curve voor de huidige situatie en die voor de toekomstige situatie. De lijnen voor de toekomstige situatie met en zonder Ufkesterrein vallen over elkaar heen. Hieruit blijkt dat de ontwikkeling van het Ufkesterrein geen (significante) invloed heeft op het groepsrisiconiveau. Ten opzichte van de huidige situatie stijgt het groepsrisico en komt ook boven de oriënterende waarde uit. Dit wordt echter veroorzaakt door de bevolkingsgroei die plaats vindt in het kader van andere, reeds goedgekeurde bestemmingsplannen.

De ontwikkeling van het Ufkesterrein kan worden gekenmerkt als een ontwikkeling die past in ontwikkelingsvariant 1, “het spoor als groene strook door de stad” (zie paragraaf 7.6). De ontwikkeling op zich past bij ontwikkelingen die bijdragen aan een situatie waarbij het groepsrisico onder de oriënterende waarde blijft. Andere ontwikkelingen (reeds goedgekeurde bestemmingsplannen) in de directe omgeving zorgen er echter voor dat er wel een overschrijding van de oriënterende waarde optreedt.

Maatregelen

Om het groepsrisico te verlagen, tot onder de oriënterende waarde zijn de volgende maatregelen cq. maatregelpakketten mogelijk:

- vermindering aantal transporten gevaarlijke stoffen;
- verbeterd spoor (combinatie van maatregelen, o.a. geen wissels, geen overwegen, hotboxdetectie);
- lagere snelheid in combinatie met ATB nieuwe generatie;
- ‘chloor’-maatregelen voor transport brandbare gassen;
- transport van brandbare gassen in bloktreinen;
- hittewerende bekleding op de tanks in combinatie met effectieve hulpverlening;
- tijdig ontruimen bij dreiging Warme BLEVE;
- tijdig koelen bij Warme BLEVE (door brandweer of sprinklers).

Zelfredzaamheid

Het bestemmingsplan wordt gerealiseerd op een nu braak liggend terrein. Voor dat deelgebied geldt dat er nog geen sprake is van enige noodzaak en invulling van zelfredzaamheid.

Voor de *infrastructurele mogelijkheden* voor het nieuwe gebied geldt:

- de (nieuwe) gebouwen (woningen/appartementen) voldoen aan het bouwbesluit;
- in nieuwe gebouwen is de regelbaarheid van de ventilatie goed. In de bouwvergunning kunnen hier ook eisen aan worden gesteld;
- uit het ontwerp van het gebied blijkt dat vluchtroute naar buiten in de meeste gebouwen aan de spoorzijde zit. Er is wel een weg die van het spoor afleid.

In grote lijnen wordt aan de vereisten voor de infrastructurale mogelijkheden voldaan, met uitzondering van de locaties van de uitgangen van verschillende gebou-

wen. Dit kan wellicht nog in de plannen worden aangepast. Voor bebouwing in de eerste zone vanaf het spoor is dit echter niet een vereiste in het referentieniveau.

Voor de *fysieke mogelijkheden* van de populatie geldt dat het gebied en de bestemming kan worden gekenmerkt als een gebied met een gemiddelde zelfredzaamheid. Binnen de 200 meter wordt echter niet gebouwd, waarmee de eis voor de zelfredzaamheid binnen deze 200 meter geen knelpunt is. referentieniveau

Voor de *mentale mogelijkheden* geldt dat voor het gebied de bewoners wel gericht kunnen worden geïnformeerd over de risico's en eventuele noodzaak tot ontruiming. Ook is het mogelijk om oefeningen te houden (voor bijvoorbeeld het gebouwen complex het dichtst bij het spoor). In principe is een hoog niveau van voorbereiding te bereiken in het gebied. Er zijn nu echter nog geen specifieke voorlichtingcampagnes voorzien. Wel geldt dat de alarmsirenes in het gebied goed zijn te horen.

Maatregelen

Maatregelen ter verbeteren van de zelfredzaamheid betreffen met name de verbetering van de voorbereiding op zelfredzaamheid van de burgers zelf. Hierbij zou minimaal de volgende maatregel moeten worden genomen:

- bevolking informeren en instrueren over de specifieke risico's en hoe hier op te reageren (middels zelfredzaamheid) en het regelmatig herhalen van deze boodschap.

Daar boven op kan nog worden gedacht aan:

- gebiedsgericht informatiepakket verspreiden, met daarin in specifieke informatie over vluchtroute, verzamelplaatsen, etc.;
- gebouwgerichte informatie verstrekken;
- regelmatig oefenen (jaarlijks) van de ontruiming van gebouwen in het gebied.

Beheersbaarheid

Ter hoogte van het Ufkesterrein ligt het spoor op maaiveldhoogte. Er zitten op die locatie geen geluidsschermen rondom het spoor (en deze zijn ook niet gepland). Langs het spoor ligt nu een fietspad. Dit blijft na realisering van het bestemmingsplan gehandhaafd. Door het pad iets te verbreden (maar wel af te sluiten met een door de hulpverleningsdiensten te bedienen paaltje), kan dit fietspad worden gebruikt om het spoor van zeer dicht te benaderen. De hulpverleningsvoertuigen kunnen op het fietspad zo dicht mogelijk (als veiligheidshalve kan worden toegelaten) bij het incident worden opgesteld.

Voor een ongeval op het spoor ter hoogte van het Ufkesterrein zal door de brandweer worden aangerezen vanuit de kazerne Oranjepark en kan de plaats van het ongeval binnen 8 minuten na melding worden bereikt.

Het fietspad, het groen en de parkeerplaatsen bij het appartementengebouw bieden genoeg ruimte voor het opstellen van hulpverleningsvoertuigen.

Voorbeelduitwerking bestemmingsplannen

Door de goede bereikbaarheid en de afwezigheid van geluidsschermen en goede opstel mogelijkheden kan men ook de gewenste hulpverleningsmiddelen inzetten. Bovendien ligt er een sloot naast het fietspad langs het spoor die gebruikt kan worden voor de watertoevoer, mits deze hiervoor geschikt wordt gemaakt.

Door realisatie van het plan neemt de schade wel iets toe (zie ook overzicht rest-effecten), maar niet dusdanig dat dit tot een significante stijging van de hulpvraag leidt.

Maatregelen

Ten aanzien van bereikbaarheid is er bij invulling van dit bestemmingsplan vanuit gegaan dat de voorgestelde maatregel ten aanzien van het fietspad in het plan wordt opgenomen. In zijn algemeenheid geldt dat er verbetering gewenst is in de alarmeringstijd en de snelheid van informatieverstrekking. Dit zijn niet zaken die alleen aan dit plan zijn gekoppeld. Daarnaast biedt het plan wel ruimte voor het aanleggen van een goede bluswatervoorziening. Dit zal wel in het plan moeten worden vastgelegd.

Resteffect

In onderstaande tabel worden de effecten weergegeven voor een aantal representatieve scenario's.

Tabel 8-1 Resteffecten met en zonder het Ufkesterrein.

Scenario's	(Rest)effect	Situatie zonder Ufkes	Situatie met Ufkes
Koude Bleve	doden	20	20
	gewonden (T1+T2) ¹	100	100
	gewonden T3	100	100
	schade[ha]	6/17/16	6/17/16
Warme BLEVE	doden	50	85
	gewonden (T1+T2)	250	425
	gewonden T3	250	425
	schade[ha]	13/24/27	13/24/27
Gaswolkbrand	doden	10	10
	schade[ha]	0.4/0/0	0.4/0/0
Fakkel	doden	1	1
	gewonden (T1+T2)	5	5
	gewonden T3	5	5
	schade[ha]	5	5
Toxische release (ammoniak instantaan)	doden	5	10
	gewonden (T1+T2)	20	40
	gewonden T3	80	160
	schade[ha]	-	-

Toelichting en maatregelen:

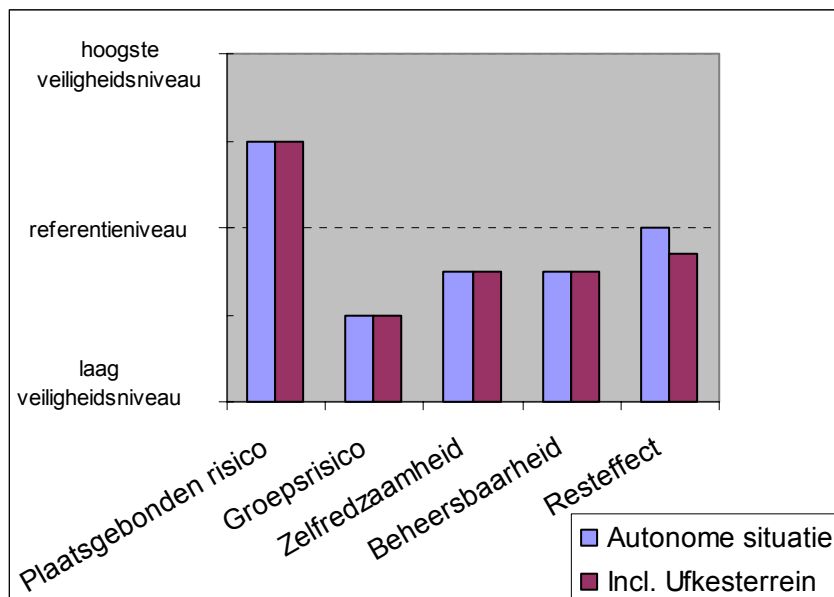
Het aantal doden en gewonden verandert alleen bij de scenario's Warme Bleve en het scenario met instantaan vrijkomen van ammoniak. Voor de andere scenario's geldt dat de nieuwe bebouwing van het Ufkesterrein niet binnen het schadegebied ligt. Bij de schadegebieden worden de oppervlaktes in hectares gegeven van respectievelijk de gebieden met 100% verwoest/50% verwoest/herstelbare schade. Schadebeperkende maatregelen die voor deze twee scenario's nog tot een reductie van de effecten (minder slachtoffers of minder materiele schade) kunnen lieden zijn:

- goed afsluitbare gebouwen (ventilatie afsluitbaar, t.b.v. van het ammoniak scenario);
- hitte- en splinterwerend glas en brandwerende muren.

¹ Voor het aantal gewonden wordt in de Leidraad Maatrap de verhouding 1: 5 voor het aantal doden versus het aantal T1 en T2 gewonden. Het aantal T1+T2 gewonden wordt gelijk verondersteld aan het aantal T3 gewonden. Voor ongevallen met giftige stoffen wordt een verhouding 1:4:16 voor dood:(T1+T2):T3 gehanteerd.

Samenvatting

Samengevat komt het Ufkesterrein als volgt uit de toetsing:



Figuur 8-5 Beoordeling veiligheidssituatie locatie Ufkesterrein met en zonder realisatie nieuw bestemmingsplan (in 2010).

Uit dit overzicht kan worden afgelezen dat realisatie van het bestemmingsplan Ufkesterrein geen wezenlijke verandering van de veiligheidssituatie teweeg brengt. Het overzicht laat ook zien dat verbetering van de veiligheid op de criteria groepsrisico, zelfredzaamheid en beheersbaarheid nodig is om de veiligheid op hetzelfde niveau te krijgen als het referentieniveau¹. In de tabel zijn ook maatregelen aangegeven die het resteffect kunnen reduceren. Hiervoor is geen vergelijking met een referentieniveau mogelijk.

¹ In de grafiek is de volgende schaalverdeling gehanteerd: het referentieniveau komt overeen met een 3 in de schaal op de ij-as van de grafiek. Bij een score boven de drie is de veiligheid dus hoger dan het referentieniveau en bij een score onder de drie ligt het veiligheidsniveau lager (= slechtere veiligheid).

Maatregel, voorziening of maatregel-pakket	Verantwoordelijke partij	Termijn voor realisering
Plaatsgebonden risico, geen aanvullende maatregelen nodig		
-		
Groepsrisico, een van de volgende maatregelen (a t/m h):		
vermindering aantal transporten gevaarlijke stoffen	Rijksoverheid	lange termijn
verbeterd spoor (combinatie van maatregelen, o.a. geen wissels, geen overwegen, hotboxdetectie)	Prorail	middenlange termijn
lagere snelheid in combinatie met ATB nieuwe generatie	Prorail	middenlange termijn
'chloor'-maatregelen voor transport brandbare gassen	Prorail, vervoerders	middenlange termijn
transport brandbare gassen in bloktreinen	Prorail	middenlange termijn
hittewerende bekleding op de tanks in combinatie met effectieve hulpverlening	Overheid (regelgeving) + vervoerders	middenlange termijn
tijdig ontruimen bij dreiging Warme BLEVE	Gemeente + Prorail	middenlange termijn
tijdig koelen bij Warme BLEVE (door brandweer of sprinklers)	Gemeente + Prorail	middenlange termijn
Zelfredzaamheid in ieder geval maatregel i, evt. aanvullend j t.m l):		
bevolking informeren en instrueren over de specifieke risico's en hoe hier op te reageren (middels zelfredzaamheid) en het regelmatig herhalen van deze boodschap	Gemeente	korte termijn
gebiedsgericht informatiepakket verspreiden, met daarin in specifieke informatie over vluchtroute, verzamelplaatsen, etc.	Gemeente	korte termijn
gebouwgerichte informatie verstrekken	Gemeente	korte termijn
regelmatig oefenen (jaarlijks) van de ontruiming van gebouwen in het gebied	Eigenaar.beheerder gebouwen (onder toezicht gemeente)	korte termijn
Beheersbaarheid (maatregelen m t/m o)		
snelle alarmering en informatievoorziening	Prorail en gemeente	korte termijn
weg (verbreed fietspad langs spoor)	Gemeente	korte termijn
Bluswatervoorziening	Gemeente	korte termijn
Resteffect (maatregelen p)		
Bouwkundige voorzieningen aan (nieuwe) gebouwen in bestemmingsplan: Hitte- en splinterwerend glas Brandwerende muren Afsluitbare ventilatie in gebouwen	Gemeente	korte termijn

Op basis van bovenstaande EV-toets kan het plan worden aangepast en worden ingediend bij de PPC (stap 5). Uitvoering van de stappen 5 tot en met 7 is geen onderzoeksvraag, maar zullen daadwerkelijk in de praktijk moeten worden uitgevoerd. In onderstaand kader is aangegeven hoe deze stappen eruit zouden kunnen zien.

Voorbeelduitwerking bestemmingsplannen

Voorbeeld vervolgstappen toetsingskader, afweging en besluitvorming:

Op basis van de EV-toets besluit de gemeente Dordrecht dat de uitkomst van de EV-toets geen reden is om het plan af te blazen of ingrijpend te wijzigen. Wel besluit men om op basis van de aanbevolen maatregelen het plan als volgt aan te passen:

- Het fietspad wordt ook toegankelijk gemaakt voor hulpverleningsdiensten
- Er wordt extra blusvoorziening aangelegd.

De gemeente besluit dat de kosteneffectiviteit van de hitte- en splinterwerende glas en brandwerende muren in en aan de gebouwen op meer dan 200 meter afstand van het spoor te laag is: deze maatregelen worden niet toegepast. Wel zullen eisen gesteld worden aan de afsluitbaarheid van de ventilatievoorzieningen.

Daarnaast besluit de gemeente om een informatiecampagne op te starten waarbij bewoners langs het spoor worden geïnformeerd over de risico's en de noodzaak voor zelfredzaamheid. Deze campagne zal voor de gehele spoorzone worden uitgevoerd en zich niet beperken tot de omgeving Ufkesterrein.

Tenslotte besluit de gemeente in te zetten op een verbetering van de alarmering en snelheid van opkomst bij spoorincidenten en zal hiertoe in samenwerking met Prorail een project opzetten waarin dit zal worden gerealiseerd. Dit project zal er toe moeten leiden dat snelle inzet van hulpverleningsdiensten bij het spoor mogelijk wordt en daardoor de schadelijke effecten kunnen worden gereduceerd. Dit zal een positief effect hebben op het groepsrisico, de zelfredzaamheid, de beheersbaarheid en het resteffect.

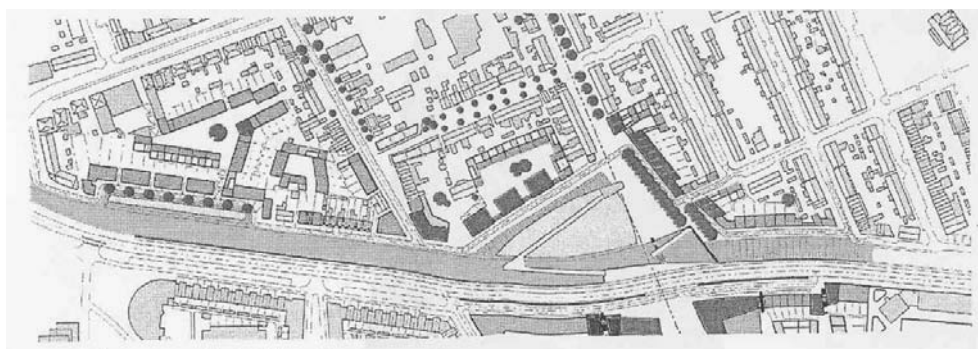
De gemeente is van mening dat door het nemen van deze maatregelen het veiligheidsniveau op de criteria zelfredzaamheid en beheersbaarheid voldoende verbeterd wordt. De nog resterende overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico is naar de mening van de gemeente geen belemmering om het plan door te laten gaan, om de volgende redenen:

- Het bestemmingsplan zelf zorgt niet voor een stijging van het groepsrisico
- Het spoortraject ter hoogte van het Ufkesterrein zal in het kader van de voorgenomen uitbreiding van de sporen (4-sporen, BIRK-aanvraag) tot een daling van het PR en GR leiden. De gemeente is hierover in overleg met Prorail en zal sterk aandringen op de realisatie van de viersporigheid.

Dit plan wordt ingediend bij de PPC. De PPC gaat hier mee akkoord

Vervolgens vindt binnen de gemeente een afweging plaats waarbij ook de economische effecten en stedelijke ontwikkelingsaspecten een rol spelen. De gemeente besluit dat de kosten die gepaard gaan met bovenstaande maatregelen verantwoord zijn, aangezien de meeste maatregelen ook voor andere locaties in Dordrecht van nut zijn. De gemeente besluit derhalve de bovengenoemde maatregelen te nemen en het bestemmingsplan als zodanig aan te passen.

het gebied kan worden geherstructureerd tot een stedelijke woonbuurt. Hierbij wordt een planconcept ontwikkeld zodanig dat sloop van bestaande woningen niet of nauwelijks nodig is en het bestaande stratenpatroon zoveel mogelijk wordt gehandhaafd. Volgens het voorlopig ontwerp van april 2002 zullen in totaal in dit gebied 160 –200 woningen bijgebouwd worden, waaronder mogelijk ook enkele woon-werk-woningen [30]. Daarnaast kan onderlangs de Onderdijkserijweg oppervlaktewater worden gerealiseerd, wat aansluit bij de doelstellingen van het Stedelijk Waterplan (afkoppeling regenwater en tot stand brengen van de verbinding tussen Walburg en Kort Ambacht waardoor doorstroming mogelijk is en wat verbetering van de waterkwaliteit tot gevolg heeft). Ook is in het voorlopig ontwerp de Emmastraat een autoluwe route ('Groene Loper') die het bestuurlijk knooppunt (gemeentehuis) met het culturele knooppunt verbindt. Aan het eindpunt van de Emmastraat wordt een park (Dijkpark) gerealiseerd. In onderstaande figuur is een overzicht van het voorlopig ontwerp (april 2002) opgenomen.



Figuur 8-7 Overzicht Ontwerp Onderdijkserijweg ([30]).

Het gebied ligt ten noorden van het spoor. Het spoor ligt hier enkele meters boven het maaiveld (vanwege de aanloop naar de brug over de Oude Maas) en is deels omgeven door geluidsschermen. Hierin zullen bij realisering van het plan geen wijzigingen optreden.

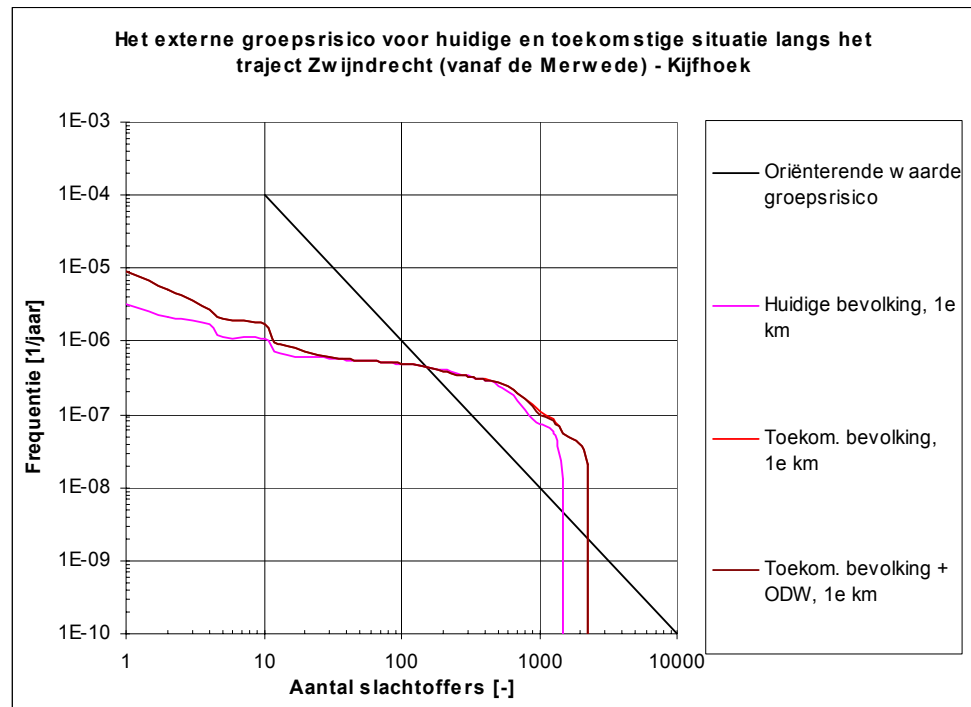
In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de voorgenomen verdeling van de bevolking/aanwezigen in het gebied.

Plaatsgebonden risico

De nieuw geplande bebouwing ligt op geruime afstand van het spoor. Het plaatsgebonden risico ligt (uitgaande van de vervoersprognoses voor 2010) op dit trajectdeel op ca. 25 meter van het spoor. Er wordt dus voldaan aan het toetsingscriterium.

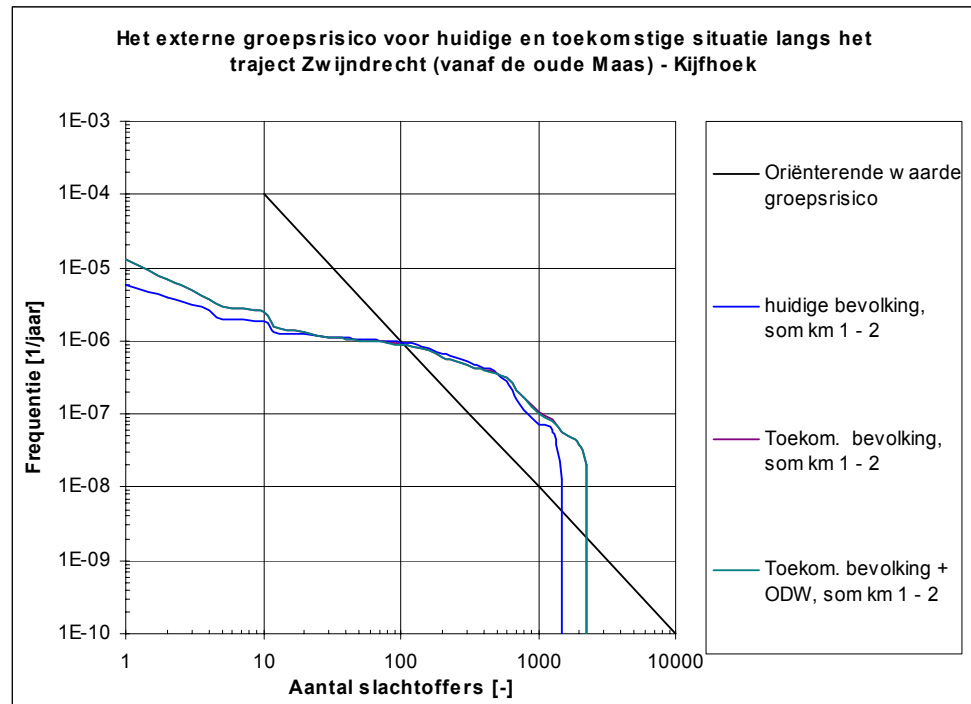
Groepsrisico

In onderstaande figuur is het groepsrisico voor het kilometertraject gegeven dat ter hoogte van de Onderdijkserijweg ligt (km 1 in Zwijndrecht).



Figuur 8-8 Externe groepsrisico ter hoogte van Onderdijkserijweg.

Tevens is in onderstaande figuur het gesommeerde groepsrisico over het hele traject in Zwijndrecht gegeven.



Figuur 8-9 Gesommeerde externe groepsrisico voor Zwijndrecht, met en zonder Onderdijkserijweg.

Hieruit blijkt dat de ontwikkeling van de Onderdijkserijweg geen (significante) invloed heeft op het groepsrisiconiveau. Zowel met als zonder Onderdijkserijweg, nu en in de toekomst, komt het GR boven de oriënterende waarde uit. Dit wordt echter niet veroorzaakt door de ontwikkeling van de Onderdijkserijweg maar door reeds bestaande bebouwing en andere ontwikkelingen in de buurt van dit km-traject.

De ontwikkeling “Onderdijske rijweg” kan worden geclassificeerd in ontwikkelingsvariant 2: Stedelijk wonen. De ontwikkeling betreft vervanging en renovatie. De bevolkingsdichtheid neemt niet toe, maar geeft in de huidige (of de al in ganggezette toekomstige) situatie een overschrijding.

Maatregelen

Om het groepsrisico te verlagen, tot onder de oriënterende waarde zijn, gezien de grootte van de overschrijding (factor 16 in de toekomstige situatie bij km 1), alleen zeer ingrijpende maatregelen voldoende effectief om het GR onder de oriënterende waarde te krijgen. Hierbij wordt gedacht aan een zeer grote reductie van het aantal transporten (factor 10-20 minder transporten) of maatregelen waarmee de warme BLEVE kan worden voorkomen. Maatregelpakketten die in dit kader zijn geïdentificeerd, zijn:

- ‘chloor’-maatregelen voor transport brandbare gassen, waarbij brandbare gassen alleen in bloktreinen worden vervoerd;
- hittewerende bekleding op de tanks in combinatie met effectieve hulpverlening
- tijdig ontruimen bij dreiging Warme BLEVE;
- tijdig koelen bij Warme BLEVE (door brandweer of sprinklers).

Voor de laatste drie maatregelen geldt dat wel dat deze alleen voldoende effectief zijn om het GR onder de oriënterende waarde te krijgen als de slaagkans van deze maatregelen nagenoeg 100% is.

De volgende maatregelpakketten kunnen ook worden toegepast om het GR te verlagen, maar zijn onvoldoende om het GR tot onder de oriënterende waarde te krijgen:

- verbeterd spoor (combinatie van maatregelen, o.a. geen wissels, geen overwegen, hotboxdetectie): de overschrijding is dan nog een factor 3;
- lagere snelheid in combinatie met ATB nieuwe generatie: de overschrijding is dan nog een factor 2.

Zelfredzaamheid

Het bestemmingsplan wordt gerealiseerd op een nu ook al grotendeels bewoond terrein. Ook nu is al sprake van de noodzaak tot zelfredzaamheid. Zonder aanvullende maatregelen zal de zelfredzaamheid in het gebied niet toe of afnemen. Hieronder worden de deelaspecten verder uitgewerkt.

Voor de *infrastructurele mogelijkheden* in het gebied geldt:

- de (nieuwe) gebouwen (woningen/appartementen) voldoen aan het bouwbesluit, voor de bestaande, veelal wat oudere woningen zal dit niet altijd het geval zijn;
- in nieuwe gebouwen is de regelbaarheid van de ventilatie goed. In de bouwvergunning kunnen hier ook eisen aan worden gesteld. Voor de bestaande, veelal wat oudere woningen zal dit over het algemeen niet het geval zijn;
- de vluchtroute naar buiten wisselt van gebouw tot gebouw. Er zijn zowel wegen van het spoor af als parallel aan het spoor.

De indeling van het gebied is in het huidige voorstel en in de huidige situatie is daarmee niet optimaal voor een snelle en veilige ontruiming.

Voor de *fysieke mogelijkheden* van de populatie geldt dat het gebied en de bestemming kan worden gekenmerkt als een gebied met een gemiddelde zelfredzaamheid.

Voor de *mentale mogelijkheden* geldt dat voor het gebied de bewoners nog niet gericht zijn geïnformeerd over de risico's en eventuele noodzaak tot ontruiming.

Maatregelen

Maatregelen ter verbeteren van de zelfredzaamheid betreffen verbetering van de infrastructuur en de verbetering van de voorbereiding op zelfredzaamheid van de burgers zelf.

Voor de verbetering van de *infrastructuur* geldt:

- de wegen layout aanpassen zodat wegen zoveel mogelijk loodrecht op het spoor staan, waardoor de mogelijkheid om van het spoor af te vluchten toeneemt;
- Afsluitbare ventilatie toepassen/vereisen in de nieuwe gebouwen/woningen en bestaande woningen op dit punt renoveren.

Voor de verbetering van de *zelfredzaamheid van de bevolking*:

- het plan herzien door in de eerste 200 meter kantoren te plaatsen in plaats van woningen.

Voor de verbetering van de *voorbereiding van de burgers* zou minimaal de volgende maatregel moeten worden genomen:

- bevolking informeren en instrueren over de specifieke risico's en hoe hier op te reageren (middels zelfredzaamheid) en het regelmatig herhalen van deze boodschap

Daar boven op kan nog worden gedacht aan:

- gebiedsgericht informatiepakket verspreiden, met daarin in specifieke informatie over vluchtroute, verzamelplaatsen, etc.;
- gebouwgerichte informatie verstrekken;
- regelmatig oefenen (jaarlijks) van de ontruiming van gebouwen in het gebied.

Beheersbaarheid

Ter hoogte van de Onderdijkserijweg ligt het spoor boven maaiveldhoogte en er zitten deels geluidsschermen rondom het spoor. De bereikbaarheid van een eventuele ongevallocatie op het spoor ter hoogte van de Onderdijkserijweg is daarmee slecht. Vanwege de moeilijke bereikbaarheid en te overbruggen afstand is ook de inzetbaarheid van middelen beperkt.

Voor een ongeval op het spoor ter hoogte van de Onderdijkserijweg zal door de brandweer worden aangereden vanuit de kazerne Develsingel en kan de plaats van het ongeval binnen 8 minuten na melding worden bereikt.

Voor het opstellen van hulpverleningsvoertuigen is binnen het gebied voldoende ruimte beschikbaar.

Door realisatie van het plan neemt de schade niet toe (zie ook overzicht rest-effecten), zodat ook de hulpvraag niet verder toeneemt. Bij de invulling van de middelen en de capaciteit is er vanuit gegaan dat er een beroep kan worden gedaan op mensen en middelen uit naburige regio's. Dit verandert niet ten opzichte van de huidige situatie. Van belang is wel om hier te vermelden dat de hulpvraag bij de extreme scenario's (bijvoorbeeld instantaan vrijkomen van ammoniak of een Warme BLEVE) dusdanig hoog is dat de hulpvraag de beschikbare regionale capaciteit ver overstijgt. Voor de medische hulpverlening zal zelfs een beroep moeten worden gedaan op capaciteit buiten Nederland.

Maatregelen

Ter verbetering van de *bereikbaarheid*:

- het aanleggen van een (eveneens verhoogd) pad naast het spoor, dat toegankelijk is voor de hulpverleningsdiensten.

of:

- Opgangen/trappen maken langs het talud, dat gebruikt kan worden door de hulpverleners om het spoor te benaderen, in combinatie met mogelijkheden om gewonden liggend te vervoeren. In dat geval blijft het wel noodzakelijk om een deel te voet af te leggen.

of:

- Om de hoogte te overbruggen kan wellicht ook gebruik worden gemaakt van hoogwerkers en ladderwagens van de brandweer.

Ter verbetering van de *inzetbaarheid van middelen*:

- verbetering water- en blusvoorzieningen langs het spoor, hierbij zou ook kunnen worden gedacht aan sprinklers. Bij toepassing sprinklers worden de beperkingen door de slechte bereikbaarheid ook weggenomen.

Capaciteit

- Gezien de zere hoge hulpvraag: afspraken over de beschikbaar te stellen capaciteit, bijstand uit andere regio's en benodigde alternatieve werkwijzen. Deze "maatregel" moet worden uitgevoerd in het kader van de besluitvorming rond de toepassing van de Leidraad Operationele Prestaties in de regio.

Voorbeelduitwerking bestemmingsplannen

Resteffect

In onderstaande tabel worden de effecten weergegeven voor een aantal representatieve scenario's.

Tabel 8-2 Resteffecten met en zonder Onderdijkserijweg.

Scenario's	(Rest)effect	Situatie zonder ODR, nu	Situatie zonder ODR, toekomst	Situatie met ODR
Koude Bleve	doden	40	605	605
	gewonden (T1+T2) ¹	200	3025	3025
	gewonden T3	200	3025	3025
	schade[ha]	6/17/16	6/17/16	6/17/16
Warme BLEVE	doden	300	870	895
	gewonden (T1+T2)	1500	4350	4475
	gewonden T3	1500	4350	4475
	schade[ha]	13/24/27	13/24/27	13/24/27
Gaswolkbrand	doden	5	430	430
	schade[ha]	0.4/0/0	0.4/0/0	0.4/0/0
Fakkel	doden	0-2	25	25
	gewonden (T1+T2)	5	125	125
	gewonden T3	5	125	125
	schade[ha]	5	5	5
Toxische release (ammoniak instantaan)	doden	20	90	95
	gewonden (T1+T2)	80	360	380
	gewonden T3	320	1440	1520
	schade[ha]	-	-	-

Toelichting:

Het aantal slachtoffers stijgt in de toekomstige situatie voor alle scenario's, doordat op een aantal locaties het aantal aanwezigen vlakbij het spoor drastisch toeneemt.

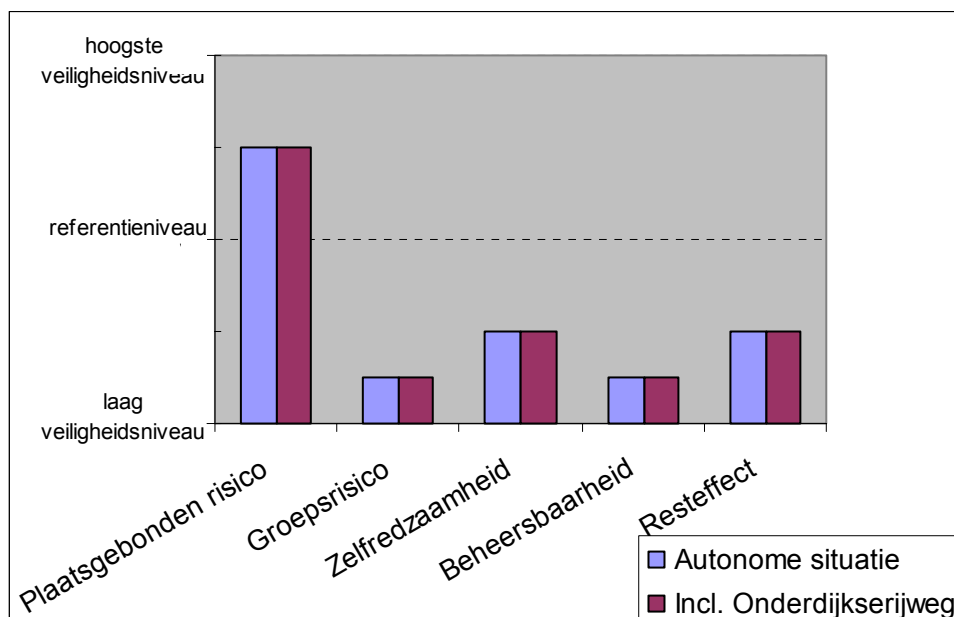
In vergelijking met de toekomstige situatie, verandert als gevolg van de Onderdijkse rijweg het slachtofferaantal alleen bij de scenario's Warme Bleve en instantaan vrijkomen van ammoniak. Voor de andere scenario's geldt dat de nieuwe bebouwing van de Onderdijkse rijweg wel (deels) binnen het schadegebied ligt, maar geen significante stijging in het slachtofferaantal ten gevolg heeft. Dit komt doordat een grote hoeveelheid aanwezigen langs het spoor in de toekomstige situatie bepalend is voor het aantal slachtoffers.

¹ Voor het aantal gewonden wordt in de Leidraad Maatrap de verhouding 1: 5 voor het aantal doden versus het aantal T1 en T2 gewonden. Het aantal T1+T2 gewonden wordt gelijk verondersteld aan het aantal T3 gewonden. Voor ongevallen met giftige stoffen wordt een verhouding 1:4:16 voor dood:(T1+T2):T3 gehanteerd.

Bij de schadegebieden worden de oppervlaktes in hectares gegeven van respectievelijk de gebieden met 100% verwoest/50% verwoest/herstelbare schade

Samenvatting:

Samengevat komt de Onderdijkse rijweg als volgt uit de toetsing:



Figuur 8-10 Beoordeling veiligheidssituatie locatie Onderdijkserijweg met en zonder realisatie nieuw bestemmingsplan (in 2010).

Uit bovenstaande figuur wordt duidelijk dat de knelpunten met name liggen op de criteria Beheersbaarheid en Zelfredzaamheid en het Groepsrisico. Het resteffect is ook zeer ongunstig. Hierbij moet tevens worden opgemerkt dat het bestemmingsplan geen wezenlijke verandering in de veiligheidssituatie teweeg brengt. In onderstaande tabel zijn de verschillende maatregelen aangegeven waarmee met name de score op de criteria groepsrisico, zelfredzaamheid, beheersbaarheid en resteffect kan worden verbeterd.

Maatregel, voorziening of maatregelpakket	Verantwoordelijke partij	Termijn voor realisering
Plaatsgebonden risico, geen aanvullende maatregelen nodig		
-		
Groepsrisico, een van de volgende maatregelen (a t/m e):		
a. vermindering aantal transporten gevaarlijke stoffen	Rijksoverheid	lange termijn
b. 'chloor'-maatregelen voor transport brandbare gassen, in combinatie met transport	Prorail, vervoerders	middenlange termijn

Maatregel, voorziening of maatregelpakket	Verantwoordelijke partij	Termijn voor realisering
brandbare gassen in bloktreinen		
c. hittewerende bekleding op de tanks in combinatie met effectieve hulpverlening	Overheid (regelgeving) + vervoerders	middenlange termijn
d. tijdig ontruimen bij dreiging Warme BLEVE	Gemeente + Prorail	middenlange termijn
e. tijdig koelen bij Warme BLEVE (door sprinklers)	Gemeente + Prorail	middenlange termijn
Reductie groepsrisico, maar niet tot onder OW (maatregelen f, g, h)		
f. verbeterd spoor (combinatie van maatregelen, o.a. geen wissels, geen overwegen, hot-boxdetectie)	Prorail	middenlange termijn
g. lagere snelheid in combinatie met ATB nieuwe generatie	Prorail	middenlange termijn
h. transport brandbare gassen in bloktreinen	Prorail	middenlange termijn
Zelfredzaamheid in ieder geval maatregel i, j, k, evt. aanvullend l, m, n):		
i. wegen layout aanpassen, zodat vluchtroute loodrecht op het spoor komt te staan	Gemeente	korte en middenlange termijn
j. het plan herzien en alleen kantoorbouw binnen de eerste 200 meter inplannen	Gemeente	korte en middenlange termijn
k. bevolking informeren en instrueren over de specifieke risico's en hoe hier op te reageren (middels zelfredzaamheid) en het regelmatig herhalen van deze boodschap	Gemeente	korte termijn
l. gebiedsgericht informatiepakket verspreiden, met daarin in specifieke informatie over vluchtroute, verzamelplaatsen, etc.	Gemeente	korte termijn
m. gebouwgerichte informatie verstrekken	Gemeente	korte termijn
n. regelmatig oefenen (jaarlijks) van de ontruiming van gebouwen in het gebied	Eigenaar.beheerder gebouwen (onder toezicht gemeente)	korte termijn

Maatregel, voorziening of maatregelpakket	Verantwoordelijke partij	Termijn voor realisering
Beheersbaarheid (maatregelen o,p, q, r, s)		
o. snelle alarmering en informatievoorziening	Prorail en gemeente	korte termijn
p. verbetering bereikbaarheid door: - aanleggen pad naast spoor - extra opgangen, trappen - hoogwerkers beschikbaar stellen	Gemeente	korte termijn
q. Bluswatervoorziening	Gemeente	korte termijn
r. sprinklers	Prorail	middenlange termijn
s. Knelpunt t.a.v. hulpverleningscapaciteit "oplossen" (in het kader van Leidraad Operationele Prestaties)	Gemeente	korte termijn
Resteffect (maatregelen t)		
t. Bouwkundige voorzieningen aan (nieuwe) gebouwen in bestemmingsplan: - Hitte- en splinterwerend glas - Brandwerende muren - Afsluitbare ventilatie in gebouwen aanbrengen	Gemeente	korte termijn

8.4 Spoorzone Dordrecht

Het bestemmingsplan Spoorzone Dordrecht betreft het Dordtse deel van het Spoorzone Dordrecht-Zwijndrecht zoals beschreven in [32]. In onderstaande kaart is het gebied aangegeven.



Figuur 8-11 Kaartuitsnede van de het project Spoorzone Dordrecht.

In het plan zijn de volgende deelgebieden aangegeven:

1. Middengebied Dordrecht (Weeskinderendijk)
De oprit van de Stadsbrug doorsnijdt een deels verlaten bedrijventerrein. Aan de noordzijde ligt eveneens een verlaten emplacement van de NS. Aan de Weeskinderendijk staan een honderdtal woningen.
2. Driehoek Brandt Buijsstraat
Dit deelgebied wordt eveneens doorsneden door de oprit van de Stadsbrug. De rest is hoofdzakelijk groen met losse bebouwing (woonwagens, verenigingsgebouwen, gemaal).
3. Handelskade
Op deze strook tussen de Laan der Verenigde Naties en de rivier zijn de afgelopen jaren kantoren en garagebedrijven gebouwd.
4. Ampèrestraat (de Put)
Dit bedrijventerrein is gesitueerd op een laaggelegen terrein in de oksel van de afrit van de A16.
5. Glazenstraat
Het grootste deel van dit gebied is in gebruik door een transportbedrijf gespecialiseerd in grote transporten. Langs de Nijverheidsstraat liggen bedrijven die deel uitmaken van het bedrijventerrein Louter Bloemen. Centraal Knelpunt is de krappe ontsluiting van de westelijke industrieterreinen via de Mijlweg.

De doelstelling van het project Spoorzone is dat er meer kantoren en werkgelegenheid wordt gecreëerd in dit gebied (met name centrum-stedelijke en modern-

grootschalige kantoorontwikkelingen). De doelstelling is om in de gehele spoorzone (inclusief het Zwijndrechtse deel) totaal 200.000 m² bvo kantoren, woningen en andere functies te realiseren in een periode van ca. 20 jaar. In [32] zijn de doelstellingen en de randvoorwaarden die gelden voor de ontwikkeling van dit gebied uitgebreid beschreven. Een precieze invulling van het gebied is momenteel nog niet bekend.

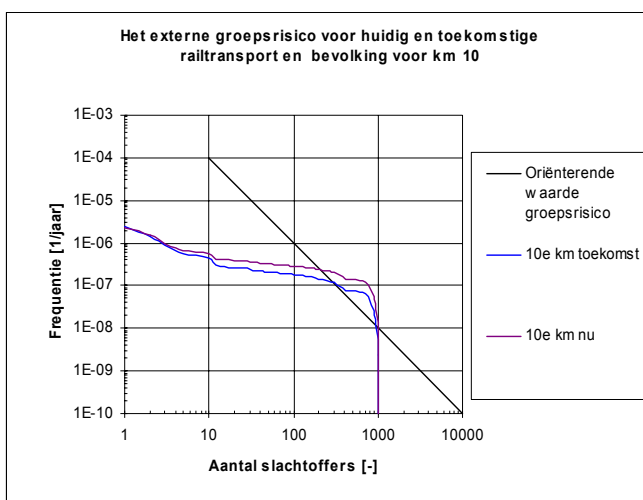
Bij de toetsing van dit plangebied met het toetsingskader zal met name worden gekeken of met behulp van het toetsingskader richtlijnen of randvoorwaarden geformuleerd kunnen worden. In de toetsing zal rekening worden gehouden met de bevolkingsgegevens zoals deze zijn weergegeven in bijlage 3. In feite wordt voor dit bestemmingsplan dus stap 1 en 2 van het toetsingskader uitgevoerd: het vaststellen van de huidige veiligheidssituatie en het geven van veiligheidsrichtlijnen voor de verdere uitwerking van de plannen.

Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico ligt (uitgaande van de vervoersprognoses voor 2010) op dit trajectdeel op ca. 25 meter van het spoor. Bebouwing zal dus buiten deze zone moeten worden gehouden, tenzij er plasbepurende maatregelen worden getroffen of brandwerende muren worden geplaatst.

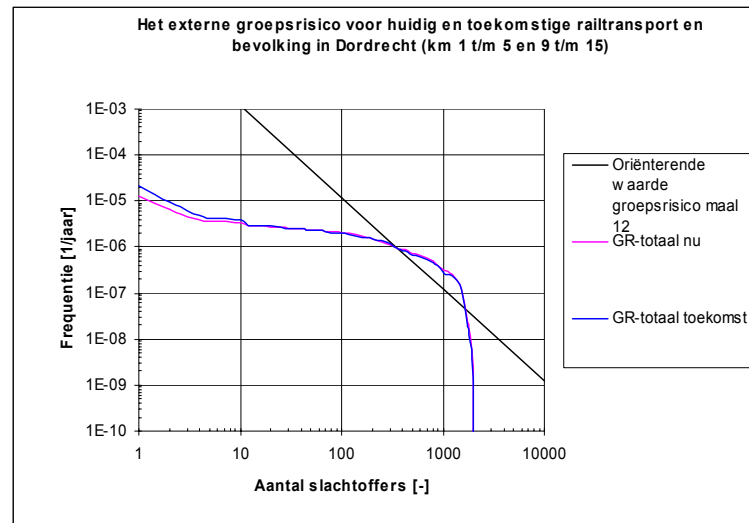
Groepsrisico

In onderstaande figuur is het groepsrisico voor het kilometertraject gegeven dat ter hoogte van de Spoorzone ligt (km 10 in Dordrecht). Hierbij moet worden opgemerkt dat deze kilometer nog een vertekend beeld geeft: in feite is het groepsrisico nog hoger, maar door de gekozen kilometerindeling ligt een klein deel van het traject op de brug en heeft dus geen omliggende bevolking. Bij een kilometerkeuze vanaf de brug zou dus een nog groter groepsrisico ontstaan.



Figuur 8-12 Externe groepsrisico ter hoogte van de Spoorzone.

Tevens is in onderstaande figuur het gesommeerde groepsrisico over het hele traject in Dordrecht gegeven.



Figuur 8-13 Gesommeerde externe groepsrisico voor Dordrecht.

Hieruit blijkt dat er nu reeds sprake is van een overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico. Elke uitbreiding binnen een straal van ruim 200 meter van het spoor zal tot verdere uitbreiding van het groepsrisico leiden.

Maatregelen

Om het groepsrisico te verlagen, tot onder de oriënterende waarde, is het treffen van een van de volgende maatregelpakketten nodig:

- ‘chloor’-maatregelen voor transport brandbare gassen;
- vervoer brandbare gassen alleen in bloktreinen;
- verbeterd spoor (combinatie van maatregelen, o.a. geen wissels, geen overwegen, hotboxdetectie);
- lagere snelheid in combinatie met ATB nieuwe generatie;
- hittewerende bekleding op de tanks in combinatie met effectieve hulpverlening;
- tijdig ontruimen bij dreiging Warme BLEVE;
- tijdig koelen bij Warme BLEVE (door brandweer of sprinklers).

Voor de laatste drie maatregelen geldt dat wel dat deze alleen voldoende effectief zijn om het GR onder de oriënterende waarde te krijgen als de slaagkans van deze maatregelen nagenoeg 100% is.

Zelfredzaamheid

Met name binnen de eerste 200 meter zullen strenge eisen worden gesteld aan de zelfredzaamheid.

Voor de *infrastructurele mogelijkheden* in het gebied houdt dit in dat:

Voorbeelduitwerking bestemmingsplannen

- de (nieuwe) gebouwen moeten voldoen aan het bouwbesluit;
- in nieuwe gebouwen moet de regelbaarheid van de ventilatie goed zijn. In de bouwvergunning kunnen hier ook eisen aan worden gesteld;
- de vluchtroute naar buiten dient van het spoor af te zijn gericht. De wegenstructuur in het gebied moet vluchten van het spoor af makkelijk mogelijk maken.

Ten aanzien van de *fysieke mogelijkheden* van de populatie geldt dat met name in de eerste 200 meter van het spoor een grote zelfredzaamheid gewenst is. Dit betekent dat invulling met kantoren de voorkeur heeft. Nog beter is om het gebied in de eerste 200 meter helemaal niet op te vullen.

Voor de *mentale mogelijkheden* geldt dat voor het gebied de bewoners/gebruikers wel gericht kunnen worden geïnformeerd over de risico's en eventuele noodzaak tot ontruiming. Ook is het mogelijk om oefeningen te houden (voor bijvoorbeeld het gebouwen complex het dichtst bij het spoor). In principe is een hoog niveau van voorbereiding te bereiken in het gebied. Dit vergt de volgende maatregelen:

- bevolking informeren en instrueren over de specifieke risico's en hoe hier op te reageren (middels zelfredzaamheid) en het regelmatig herhalen van deze boodschap;
- gebiedsgericht informatiepakket verspreiden, met daarin in specifieke informatie over vluchtroute, verzamelplaatsen, etc.;
- gebouwgerichte informatie verstrekken;
- regelmatig oefenen (jaarlijks) van de ontruiming van een gebied.

Beheersbaarheid

Ter hoogte van de Spoorzone ligt het spoor boven maaiveldhoogte. De bereikbaarheid van een eventuele ongevallocatie op het spoor ter hoogte van de Spoorzone is daarmee slecht. Maatregelen om dit te verbeteren zijn:

- het aanleggen van een (eventueel verhoogd) pad naast het spoor. Dit pad zou bijvoorbeeld ook als fietspad kunnen worden gebruikt;
- Opgangen/trappen maken langs het talud, dat gebruikt kan worden door de hulpverleners om het spoor te benaderen. In dat geval blijft het wel noodzakelijk om een deel te voet af te leggen;
- Om de hoogte te overbruggen kan wellicht ook gebruik worden gemaakt van hoogwerkers en ladderwagens van de brandweer.

Voor een ongeval op het spoor ter hoogte van de Spoorzone zal door de brandweer worden aangereden vanuit kazerne Oranjepark kan de plaats van het ongeval binnen ca. 8 minuten na melding worden bereikt.

Voor het opstellen van hulpverleningsvoertuigen dient binnen het gebied voldoende ruimte gereserveerd te worden.

Tenslotte dient voldoende bluswater aanwezig te zijn.

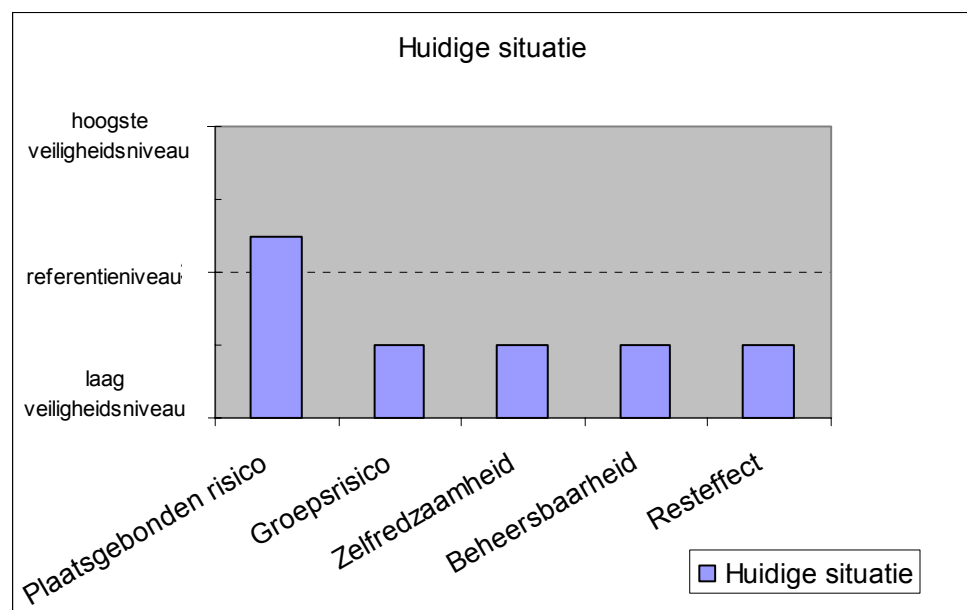
Voorbeelduitwerking bestemmingsplannen

Resteffect

Om de resteffecten op vergelijkbaar niveau te houden als in de huidige situatie, zal met name het aantal aanwezigen in de eerste 200 meter vanaf het spoor beperkt moeten blijven. Het merendeel van de slachtoffers en de ergste schade valt binnen deze 200 meter.

Samenvatting richtlijnen, benodigde maatregelen ten aanzien van veiligheid:

De beoordeling van de veiligheid van de huidige situatie is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 8-1 Beoordeling veiligheid huidige situatie Spoorzone Dordrecht.

Hierop aansluitend zijn in bovenstaande beschouwing de volgende veiligheidscondities voor toekomstige ontwikkelingen in het Spoorzone Dordrecht gebied vastgesteld:

Ten aanzien van het criterium *plaatsgebonden risico*

- Geen kwetsbare bestemmingen binnen de 25 meter van het spoor

Om het *groepsrisico* te verlagen:

- een van de volgende maatregelen:
 - geen bebouwing binnen de eerste 200 meter van het spoor
 - verbeterd spoor (combinatie van maatregelen, o.a. geen wissels, geen overwegen, hotboxdetectie)
 - lagere snelheid
 - ‘chloor’-maatregelen voor transport brandbare gassen
 - vervoer brandbare gassen in bloktreinen
 - hittewerende bekleding op de tanks in combinatie met effectieve hulpverlening
- tijdig ontruimen bij dreiging Warme BLEVE

Voorbeelduitwerking bestemmingsplannen

- tijdig koelen bij Warme BLEVE

Ten behoeve van de *zelfredzaamheid*:

- de (nieuwe) gebouwen moeten voldoen aan het bouwbesluit
- in nieuwe gebouwen moet de regelbaarheid van de ventilatie goed zijn. In de bouwvergunning kunnen hier ook eisen aan worden gesteld.
- de vluchtroute naar buiten dient van het spoor af te zijn gericht. De wegenstructuur in het gebied moet vluchten van het spoor af makkelijk mogelijk maken.
- In de eerste 200 meter vanaf het spoor alleen functies die gepaard gaan met gebruik door mensen met een hoge zelfredzaamheid. Bijvoorkeur geen bebouwing in de eerste 200 meter.
- De bevolking informeren en instrueren over de specifieke risico's en hoe hier op te reageren (middels zelfredzaamheid) en het regelmatig herhalen van deze boodschap
- eventueel:
 - gebiedsgericht en/of gebouwgerichte informatiepakket verspreiden, met daarin in specifieke informatie over vluchtroute, verzamelplaatsen, etc.
 - regelmatig oefenen (jaarlijks) van de ontruiming van een gebied

Ten behoeve van de *beheersbaarheid*:

- een van de volgende maatregelen (bijvoorkeur a):
 - a. het aanleggen van een (eveneens verhoogd) pad naast het spoor. Dit pad zou bijvoorbeeld ook als fietspad kunnen worden gebruikt.
 - b. Opgangen/trappen maken langs het talud, dat gebruikt kan worden door de hulpverleners om het spoor te benaderen. In dat geval blijft het wel noodzakelijk om een deel te voet af te leggen
 - c. Om de hoogte te overbruggen kan wellicht ook gebruik worden gemaakt van hoogwerkers en ladderwagens van de brandweer.
- Aanleggen bluswatervoorziening, eventueel sprinklers als snelle blussing anders niet te regelen is
- Aanleggen opstelplaats voor hulpverleningsvoertuigen

Ten behoeve van het beperken van de *resteffecten*:

- Bijvoorkeur geen bebouwing in de eerste 200 meter van het spoor.
- Gebouwen voorzien van hitte- en splinterwerend glas
- Gebruik van brandwerende muren

9. Aanbevelingen

In het voorgaande hoofdstuk is het toetsingskader toegepast voor een drietal bestemmingsplannen:

- Voor de bestemmingsplannen Ufkesterrein in Dordrecht en Onderdijkserijweg in Zwijndrecht is stap 4 uitgevoerd: De externe Veiligheidstoets van het ontwerp bestemmingsplan. Tevens zijn daarbij maatregelen aangereikt die kunnen worden toegepast bij een herontwerp/aanpassing van het plan.
- Voor het derde bestemmingsplan Spoorzone Dordrecht, geldt dat er nog geen ontwerpbestemmingsplan ligt. Voor dit plan zijn de stappen 1 en 2 uitgevoerd.

De overige stappen kunnen in het kader van deze studie niet worden uitgewerkt, gezien de gewenste doorlooptijd van het project. Aanbevolen wordt wel om, zodra het voorgestelde toetsingskader bestuurlijk is vastgesteld, een traject in te gaan waarbij alle stappen van het toetsingskader worden doorlopen voor alle relevante bestemmingsplannen en het verloop van deze stappen te monitoren. Op basis van de ervaringen hiermee, kan besloten worden tot aanpassing en vervolmaking van het toetsingskader. Aangezien de ontwikkeling van het toetsingskader een landelijke pilot is, is het zinvol om de methodiek ook toe te passen in enkele andere steden en deze ervaringen te betrekken in de evaluatie.

Door middel van opdoen van ervaring met het toetsingskader kan ook meer inzicht worden verkregen in de waarde van de in dit rapport opgenomen referentieniveaus. Op basis van deze ervaring kan tot bijstelling van de referentieniveaus worden gekomen. Met name een beschouwing van de haalbaarheid en een gevoeligheidsanalyse van de verschillende referentieniveaus wordt hierbij van belang geacht.

Het gebruik van nieuwe criteria in het toetsingskader, zoals het kwantificeren van het aantal gewonden, de materiële schade en de mate van zelfredzaamheid van een populatie binnen een gebied, brengt met zich mee dat tegen de grenzen van de huidige kennis op het gebied van risicomodellering is aangelopen: goede modellen voor het kwantificeren van gewonden, materiële schade en de het schadereducerend effect van maatregelen zijn thans niet beschikbaar. In het toetsingskader wordt nu gewerkt met vuistregels. Aanbevolen wordt om de kennis op dit gebied verder uit te breiden, zodat beter gefundeerde conclusies kunnen worden getrokken en de invloed van (effectreducerende) maatregelen beter kan worden onderbouwd

10. Referenties

- [1] Spoorbundel; Overzicht van de problematiek van externe veiligheid veroorzaakt door doorgaand vervoer in de Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht in relatie tot de ruimtelijke ontwikkeling, Provincie Zuid Holland, Den Haag december 2002.
- [2] Risicoberekeningen vervoer gevaarlijke stoffen op de vrije baan en op het emplacement Dordrecht, SAVE, jan. 2000.
- [3] Project veiligheidsstudie spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht; Projectopdracht, Dordrecht, kenmerk LvB / december 2002.
- [4] TNO-Offerte nr. 882, Veiligheidsstudie van de spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht, 20 januari 2003.
- [5] RiskCurves, Softwarepakket voor de uitvoering van kwantitatieve risicoanalyses, versie 2.62.04, TNO-MEP, Afdeling Industriële Veiligheid, 2002.
- [6] Brief van Railned (J. van Soest) aan de Brandweer Dordrecht (L. van Biene), d.d. 14 november 2002, kenmerk RnT 191.
- [7] Paarse boek, Guidelines for quantitative risk assessment, Committee for the Prevention of Disasters, CPR-18E, The Hague, The Netherlands, First edition, 1999.
- [8] Handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen, ISBN 90 322 7141 5, VNG Uitgeverij Den Haag, 1998.
- [9] Nota Risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen (RNVGS), brief aan de Tweede Kamer, min. V&W, 1995-1996, 24 611, nr. 2.
- [10] Europese Norm: Railway application – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), EN 50126: 1999.
- [11] Europese Norm: Railway application – Safety related electronic systems for signalling, EN 50129: 2000 (draft version).
- [12] E-mail van Prorail (Monique Berrevoets) aan TNO-MEP (Karina Jap A Joe), d.d.6 maart 2003.

-
- [13] Gele boek,, Methoden voor het berekenen van fysische effecten van het incidenteel vrijkomen van gevaarlijke stoffen (vloeistoffen en gassen), Directoraat Generaal van de Arbeid. CPR-14, 1997.
- [14] Interview met Prorail Railverkeersleiding, afdeling spoorwegveiligheid en calamiteitenorganisatie, dhr. Herman Feldman, d.d. 7 april 2003.
- [15] Interview met de Geneeskundige Hulp bij Ongevallen en Rampen (GHOR), dhr. A. Blok, d.d. 7 april 2003.
- [16] Interview met NS Stations, Facility Manager voor Dordrecht en Zwijndrecht, dhr. A. Kraan, d.d. 7 april 2003.
- [17] NS Stations, Randstad Zuid, Ontruimingsplan Dordrecht, juni 2002.
- [18] Telefonisch gesprek met dhr. A. Heerema, Prorail, d.d. 16 april 2003.
- [19] Interview met Brandweer Dordrecht (dhr. W. Visser) en Brandweer Zwijndrecht (dhr. T. van Dam, J. Zondervan, en D. Vermeulen), d.d. 15 april 2003.
- [20] Gesprek met Max Ungerer, Prorail, d.d. 11 april 2003.
- [21] Eindrapport van de Raad voor Transportveiligheid: “Botsing tussen twee reizigerstreinen in Dordrecht, 28 november 1999”, Den Haag, mei 2001.
- [22] Onderzoek naar de verhouding van optreden van koude en warme BLEVE’s, Kamperveen, Molag, concept-rapport, TNO, augustus 2002.
- [23] Ontruimingsplan Dordrecht, NS Stations, juni 2002.
- [24] Groene boek, Methoden voor het bepalen van mogelijke schadeaan mensen en goederen door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen. CPR 16. Directoraat Generaal van de Arbeid. Eerste druk 1990.
- [25] E-mail van Railned (J. van Soest) aan TNO-MEP (K. E. Jap a Joe), d.d. 20 mei 2003.
- [26] © Basistopografie Dordrecht en Zwijndrecht 2003.
- [27] Gesprek met Herman Feldman, Prorail Railverkeersleiding, d.d. 6 juni 2003.
- [28] Ontwikkel de Spoorzone, oplegnotitie BIRK-aanvraag Drechtsteden, 15-02-02.

- [29] Interview met brandweer Dordrecht, de heren M. Mödersheim, Hoofd repressie en OVD en E. van Dee, bevelvoerder, dd. 5-6-2003.
- [30] Stadscentrum Zwijndrecht: een tussenstand. Uitwerking visie Stadscentrum van september 2001.
- [31] Planschetsen Ufkesterrein, versie 2-12-2002.
- [32] Transformatie Spoorzone Dordrecht-Zwijndrecht, ruimte voor stedelijke ontwikkeling. Nota van uitgangspunten, 16-10-2002, Gerrichhauzen en partners i.o.v. de Drechtsteden.
- [33] Explosion hazards and evaluation. Baker, W.E., P.A. Cox, P.S. Westine, J.J. Kulesz & R.A. Strehlow, Amsterdam, Elsevier, 1983, 807 pp.
- [34] Verslag workshop Veiligheidsstudie Spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht van 13 mei 2003.
- [35] Leidraad Maatramp, ministerie van BZK.
- [36] Leidraad Operationele Prestaties, ministerie van BZK.
- [37] Toetsingskader Externe Veiligheid, TNO-rapport R2004/105, Wiersma, Molag, Ekelenkamp TNO-MEP, Apeldoorn, maart 2004.

11. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Brandweer Dordrecht / Regionale Brandweer ZHZ
t.a.v. de heer R.O. van Pol

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ir. T. Wiersma (TNO-MEP)
Ir. M. Molag (TNO-MEP)
Ir. drs. K. E. Jap A Joe, MTD (TNO-MEP)
Ing. N.T. Le (TNO-MEP)
Ir. S. Suddle (TU Delft)

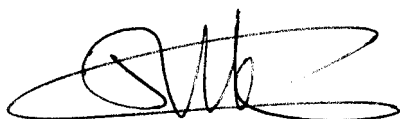
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

TU Delft en TNO Bouw (Bijlage 1)

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:


februari 2003 – december 2003

Ondertekening:



Ir. T. Wiersma
projectleider

Goedgekeurd door:



Ir. J.J. Meulenbrugge
afdelingshoofd

Bijlage 1 **Bouwkundige en constructieve maatregelen**

Ir. S.I. Suddle TU Delft (Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen)

1.1 Inleiding

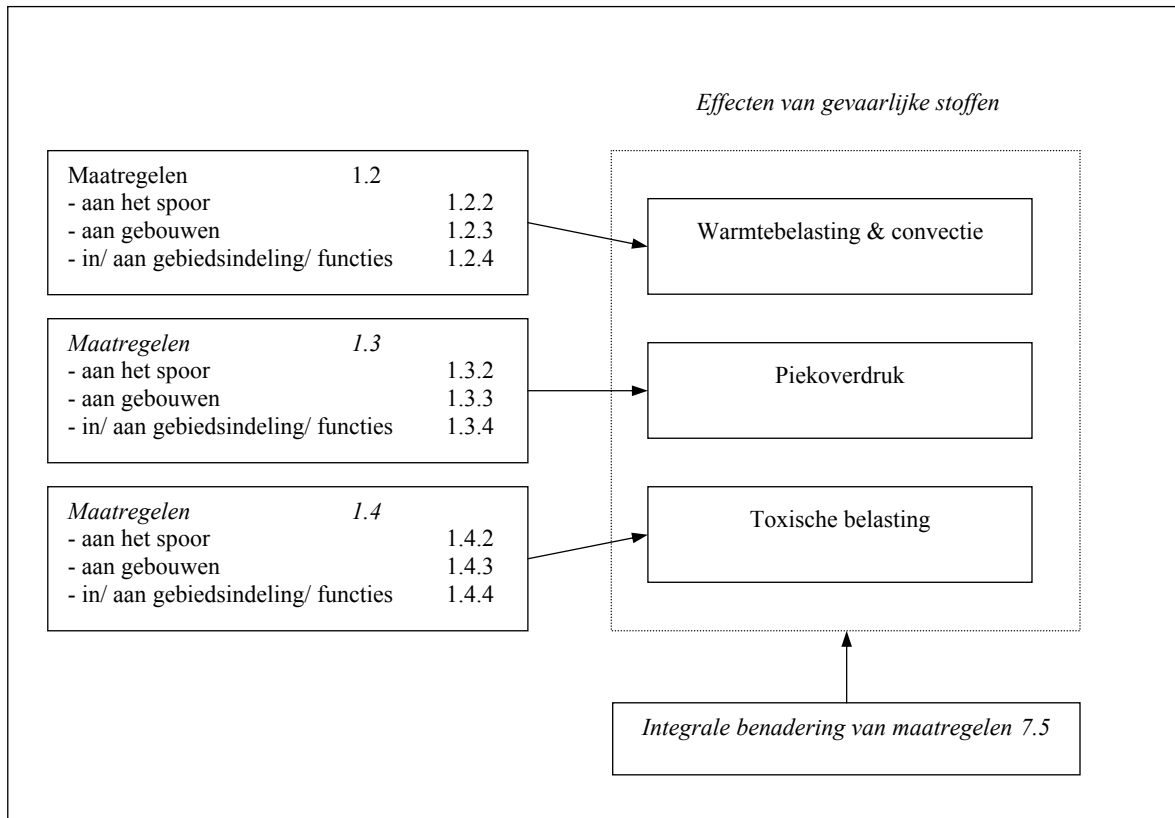
Naast de eerder genoemde maatregelen uit de veiligheidsketen in het interim-rapport van TNO [8] kunnen ook andere soorten maatregelen worden opgesteld. Deze maatregelen kunnen stedenbouwkundig, bouwkundig ofwel constructief van aard zijn en worden toegepast om risico's te verkleinen [4,15]. Stedenbouwkundige maatregelen zijn maatregelen die voornamelijk inspelen op de indeling van de ruimte naast de sporen in stedelijke context. Hierbij kan gedacht worden aan het realiseren c.q. combineren van bepaalde functies met het al aanwezige spoor. Bouwkundige en constructieve maatregelen kunnen getroffen worden in of aan gebouwen in de nabijheid van het spoor, aan het spoor zelf aan de trein of combinaties van het genoemde. Combinaties van deze maatregelen en maatregelen uit een andere tak van de veiligheidsketen zijn ook mogelijk, en kunnen het risicoreducerend effect aanzienlijk vergroten.

De bouwkundige en constructieve maatregelen aan gebouwen of aan de omgeving kunnen er niet voor zorgen dat de kans op een incident met transport van gevaarlijke stoffen wordt verkleind, maar kunnen de kansen op vervolgsценario's verkleinen. Hiermee worden de consequenties van een incident kleiner en op deze wijze kan het uiteindelijke risico alsnog verkleind worden. Bouwkundige en constructieve maatregelen aan het spoor daarentegen, ook wel bronmaatregelen genoemd (bijv. ontsporingsgeleiding), kunnen de kans op een incident met transport van gevaarlijke stoffen wel beïnvloeden.

In het interim-rapport van TNO [8] worden vier categorieën van stoffen genoemd die samen het grootste deel van het risico bepalen, te weten: brandbare vloeistoffen, toxische vloeistoffen, brandbare gassen en toxische gassen. De schadeontwikkeling bij het vrijkomen van brandbare vloeistoffen is een plasbrand van 300 m² of 600 m² [8]. Hierbij gaat het voornamelijk om de warmtestraling en convectie. Bij brandbare gassen zijn de hoge warmtestraling bij BLEVE en de overdruk als het hoofdeffect te beschouwen. Bij toxische vloeistoffen en toxische gassen is de toxische belasting (de concentratie van de stof in de lucht) en de blootstelling (tijdsduur) aan deze stof van belang. Als het voorgaande wordt beschouwd, kan er een onderscheid gemaakt worden in maatregelen die inspelen op een drietal effecten van gevaarlijke stoffen:

- De warmtebelasting (en convectie)
- De piekoverdruk bij explosies
- De toxische belasting

Bij de uitwerking van deze maatregelen wordt binnen deze effecten een nadere indeling van de maatregelen gemaakt. Er worden maatregelen aangedragen voor het spoor, voor gebouwen en voor de gebiedsindeling/ functies. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1.1.



Figuur 1.1 Maatregelen spelen in op de effecten van de gevaarlijke stoffen en kunnen in verschillende gebieden worden getroffen.

Voor sommige maatregelen geldt dat ze voor een bepaald soort effect van een gevaarlijke stof effectief zijn, terwijl ze tegelijkertijd een negatieve werking hebben voor andere soorten effecten. Derhalve is per maatregel een onderscheid gemaakt in soorten effecten. Per maatregel is aangegeven op welke afstand van de calamiteit vandaan de maatregel toepasbaar is. Ook is een inschatting van de haalbaarheid en de kosten van de maatregelen besproken. Bij de effectiviteit van maatregelen gaat het om reële inschattingen, want exacte uitkomsten kunnen alleen door nader onderzoek achterhaald worden als precieze gegevens over luchtstromingen, plaatsgebonden eigenschappen, etc. bekend zijn.

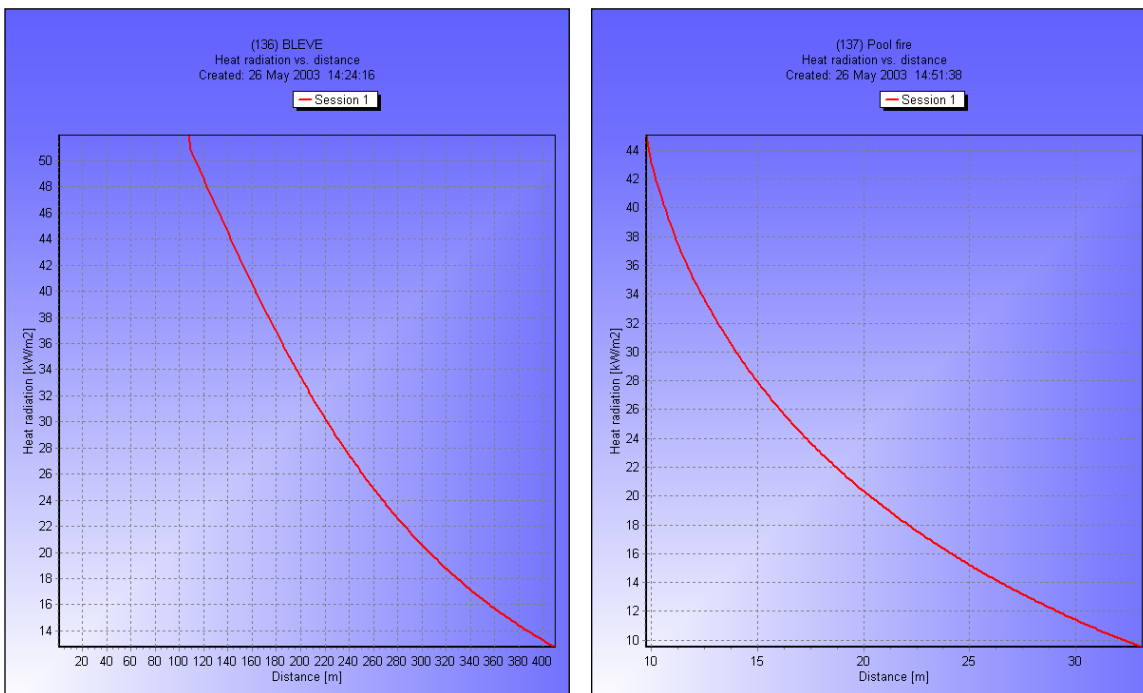
Bij de kosten dien men rekening te houden met het gebruik van de kostengegevens in een concreet geval. De kosten hangen altijd sterk af van de lokale omstandigheden. Dit zal zeker in een stedelijke omgeving het geval zijn. De gegeven kostenindicaties zijn ontleend aan ramingen voor soortgelijke constructies in bepaalde omstandigheden en geëxtrapoleerd uit het rapport [18]. Er zijn geen specifieke ramingen uitgevoerd voor de principeoplossingen. In verband hiermee moet rekening worden gehouden met een nauwkeurigheid van $\pm 30\%$. Voor de bepaling van een aantal kosten wordt verwezen naar bijlage 1b.

De opbouw van dit hoofdstuk is in figuur 1.1 weergegeven en is als volgt: in paragraaf 1.2 worden de maatregelen tegen warmtestraling en convectie besproken. Vervolgens worden in paragraaf 1.3 maatregelen opgesomd tegen piekoverdruk. De maatregelen in paragraaf 1.4 spelen in op de toxische belasting. Tenslotte wordt in paragraaf 1.5 een integrale tabel gepresenteerd met de maatregelen, waarin de geschatte kosten van de maatregelen en eventuele nadelen worden besproken.

1.2 Maatregelen tegen de warmtebelasting en convectie

1.2.1 Inleiding

Bij brandbare vloeistoffen wordt ervan uitgegaan dat er een karakteristieke plas van maximaal 600 m² ontstaan [8]. Bij brandbare gassen zijn een aantal hoofdscenario's te onderscheiden waartegen maatregelen kunnen worden getroffen. Tegen de fakkelbrand en de gaswolkbrand kan men dezelfde maatregelen treffen. De BLEVE is qua warmtestraling maatgevend ten opzichte van de plasbrand. Het warmtestralingniveau van een BLEVE is veel hoger en intenser dan een calamiteit met een brandbare vloeistof. Complexe berekeningen met warmtestraling als functie van de afstand van de calamiteit zijn door TNO opgesteld (zie bijlage 2). In figuur 1.2 is de warmtestraling voor de BLEVE en de plasbrand uitgezet tegen de afstand.



Figuur 1.2 Warmtestraling bij een warme BLEVE (links) en plasbrand (rechts) uitgezet tegen de afstand tot de calamiteit [Bron: TNO-MEP, Effects, versie 5.5].

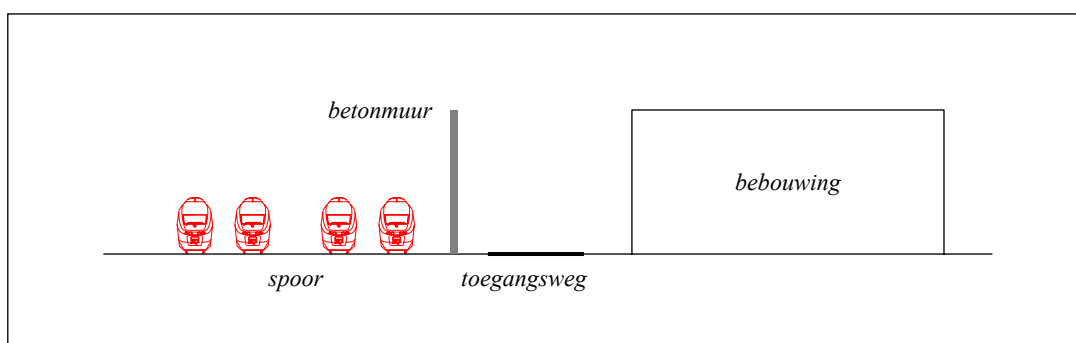
1.2.2 Maatregelen aan het spoor (lay-out)

1.2.2.1 Brandwerend betonmuur langs het spoor

Bij brandbare vloeistoffen kan men er simpelweg voor zorgen dat het plasgebied zich niet uitspreidt over een groot oppervlak. Wil men de plas gescheiden houden van de bebouwing, dan kan men denken aan een maatregel waarbij een brandwerende muur van beton vlak naast het spoor wordt geplaatst en waarachter de bebouwing gerealiseerd kan worden.

Voldoende brandwerendheid en dikte van de muur kunnen ervoor zorgen dat het effectgebied bij plasbranden sterk te reduceren is tot enkele meters vanaf het spoor. De hoogte van de muur is afhankelijk van de eisen van de gemeente, de hoogte van bebouwing, de normen etc. Voor de brandwerendheid van de muur dient men NEN-6069 en NEN 6072 in acht te nemen [9,10]. Meestal wordt de eis voor de brandwerendheid van constructies gesteld op 90 of 120 minuten. Omdat een dergelijk muur grote warmtestraling moet absorberen, kan er een eis voor de brandwerendheid op 120 minuten gesteld worden.

Bij een plasbrand kan een betonnen muur er voor zorgen dat de maximaal optredende warmtestraling van 44 kW/m^2 gereduceerd kan worden met 90 % achter de muur¹. Het probleem bij deze maatregel is echter de convectie (stroming van warmte met luchtstromen). Hiervoor dient de muur voldoende hoog te zijn. Dit kan gesteld worden op minimaal een aantal keer de hoogte van de langsrijdende treinen. Mensen in het gebouw achter deze muur worden dus enigszins blootgesteld aan de warmtebelasting. Men dient rekening te houden met de gevels van gebouwen achter deze muur. Deze mogen geen licht ontvlambare materialen in de gevel van het gebouw opgenomen worden.



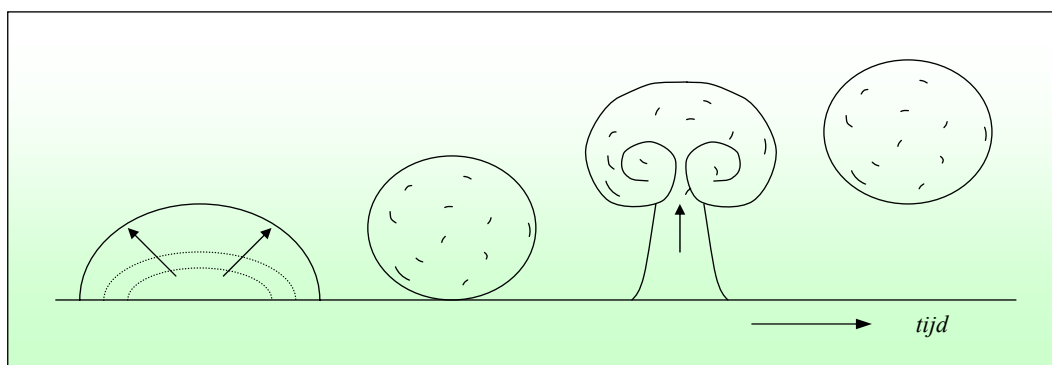
Figuur 1.3 Betonmuur langs het spoor.

¹ Brainstorm TNO: ing. Bas Knol

Voor de BLEVE is deze muur minder effectief, omdat zowel de omvang als de warmte-intensiteit van een BLEVE veel groter zijn dan van een plasbrand. Bovendien zijn bij de ontwikkeling van een BLEVE, die te verwachten is bij het vervoerde volume (gebruikelijk is 50 ton LPG per tankwagon), de afmetingen van de vuurbal van zodanige omvang (200-300 meter), zie figuur 1.4, dat aangenomen kan worden dat de vuurbal altijd over een betonmuur heen zal reiken. Althans als er van wordt uitgegaan dat de afmetingen van deze muur ook binnen enige realistische grenzen moeten vallen.

In de betonmuur naast het spoor kan men ook vluchtdeuren aanbrengen (bijv. h.o.h. 60 m) voor eventuele hulpverlening bij een calamiteit op het spoor. Dit heeft geen invloed op de beschermende werking van de muur. Het bijkomende voordeel van deze lay-out verandering van het spoor is dat het geluid veroorzaakt door treinen enigszins gedempt kan worden.

Een nadeel van deze muur is dat het in het zicht van de bewoners staat.



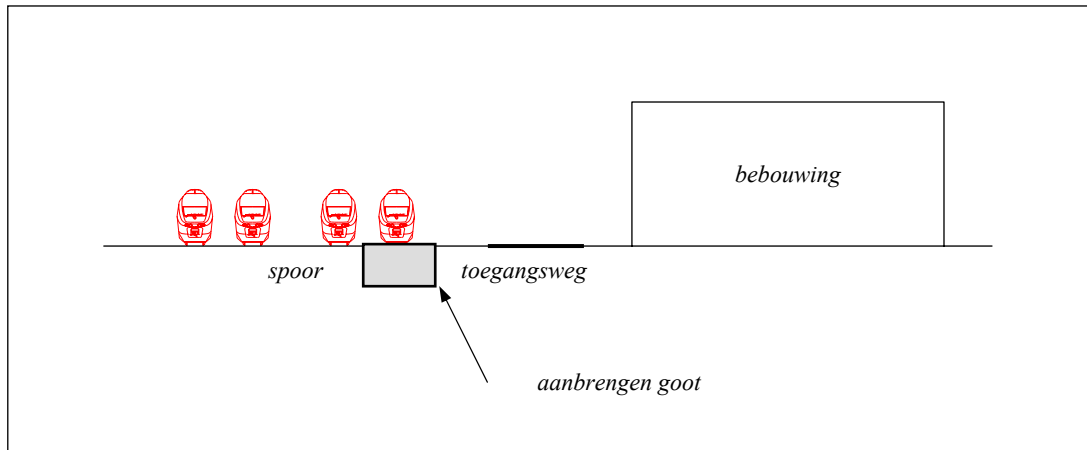
Figuur 1.4 De ontwikkeling van een BLEVE in de tijd (in open lucht).

Deze maatregel is korte termijn te realiseren en de kosten bedragen ongeveer € 250,-/m² muur [16]. Stel dat deze muur 5 meter hoog is dan zijn de kosten per kilometer gelijk aan € 1.250.000/km muur.

1.2.2.2 Aanbrengen van een goot

Men kan het plasgebied bij brandbare vloeistoffen ook inperken door het opvangen van deze gelekte vloeistof. Deze maatregel verkleint het effectgebied van plasbranden, maar is niet effectief voor de BLEVE. Hierdoor wordt de lay-out onder het spoor waarover vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, veranderd. Men kan een goot met dwarsschotten aanbrengen vlak onder/naast het spoor, die de gelekte brandbare vloeistof kan opvangen en mogelijk koelen. Hierdoor kan een effectgebied bij een plasbrand sterk gereduceerd worden (tot enkele meters vanaf het spoor). De reductie hangt af van de afmetingen en de geometrie van de goot. De warmtestraling van 35 kW/m² zal hierdoor lokaal optreden onder het spoor. De warmtestralingscontour van 10 kW/m², waarbij een letaliteit van 1% optreedt [8],

zal op deze wijze gereduceerd worden van een afstand van 39 meter tot enkele meters van de plaats waar de calamiteit optreedt. Deze contour wordt in het TNO interim-rapport [8] beschouwd als de buitenste contour bij een plasbrand. Ook bij deze maatregel dient men rekening te houden met convectie, zoals besproken in paragraaf 1.2.2.1. Bovendien moet men rekening houden met het feit dat de plasbrand over een grote lengte in de lengte richting van het spoor kan spreiden.

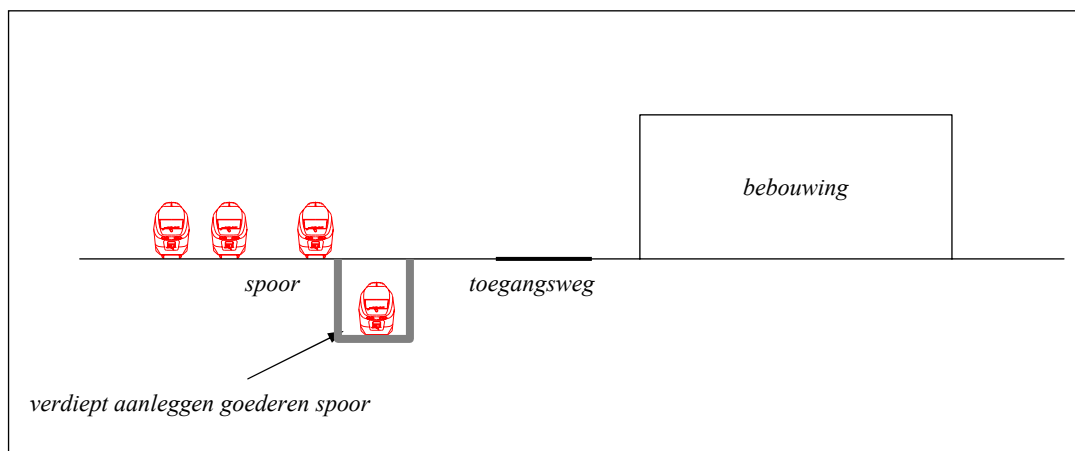


Figuur 1.5 Aanbrengen goot voor het opvangen van vloeistof.

Opgemerkt dient te worden dat het aanbrengen van de goot over een grote afstand is in de praktijk moeilijk op korte termijn te realiseren. Voor deze plasbeperkende maatregel kan men additioneel een installatie naast/onder het spoor plaatsen, die de gelekte vloeistof kan koelen. Dit houdt echter hoge investeringskosten in. Geschat wordt dat deze lager zullen zijn dan de maatregelen "verdiept aanleggen van het spoor".

1.2.2.3 Verdiept aanleggen van het spoor

In plaats van het aanbrengen van een goot, kan men ook kiezen voor het verdiept aanleggen van het spoor. Dit kan beperkt blijven tot het spoor waarover vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt. De verdiepte ligging van het spoor kan op zichzelf als een goot werken.



Figuur 1.6 Verdiept aanleggen spoor met goederen vervoer.

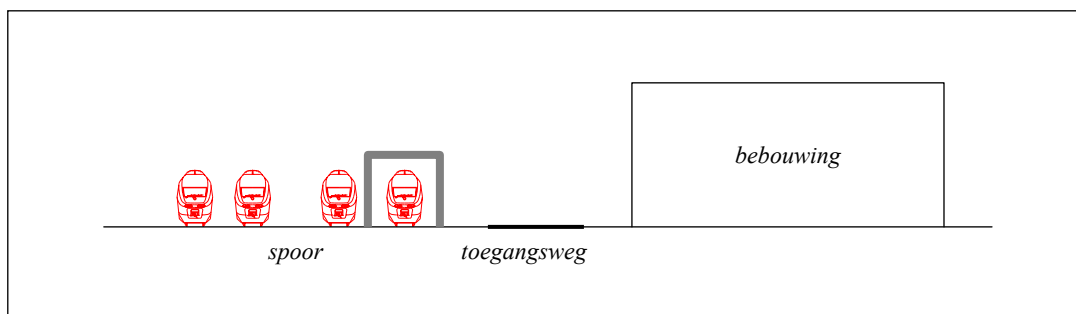
De warmtestralingcontour van 10 kW/m^2 is op dergelijke wijze sterk te reduceren naar enkele meters vanaf het spoor bij plasbranden. Ook hierbij geldt dat er convectie optreedt. Wel moet men gevels die dicht bij het spoor liggen (over een afstand van 10 – 30 meter) voldoende brandwerend maken om de resterende warmtestraling van maximaal 10 kW/m^2 op te kunnen nemen. Voor de BLEVE heeft deze maatregel minder tot geen effect (zie paragraaf 1.2.2.2). Ook bij deze maatregel dient de convectie niet uit het oog verloren te worden, zoals besproken in paragraaf 1.2.2.1.

Deze maatregel kan ook toegepast worden tegen piekoverdruk. Hierdoor wordt het aandeel van de drukgolf dat in de lucht voortplant sterk gereduceerd. Aandacht voor de grondschok dient niet uit het oog verloren te worden, maar deze is van kleiner orde grootte dan de luchtschok. Met de verdiepte ligging van het spoor kunnen een aantal positieve effecten bereikt worden, zoals ontsporingsgeleiding bij eventuele ontsporingen en het opvangen van vloeistof. Hierbij moet men denken aan dwarsschotten voor verspreiding en eventueel explosie veilige opvangreservoirs.

Het nadeel van deze maatregel is dat het pas op middellange tot lange termijn te realiseren is, gelet op de benodigde tijd voor voorbereiding en uitvoering. Bovendien is deze oplossing relatief duur. De kosten van de verdiepte ligging van het spoor kunnen geschat worden op € 50.000.000,= per kilometer [16]. Tevens moet er rekening gehouden worden met explosiegevaar van de damp die in het verdiepte spoor kan ontstaan.

1.2.2.4 Overkappen spoor vervoer van gevaarlijke stoffen

Bij de voorgaande maatregelen was voornamelijk convectie een aspect dat lastig te controleren was. De convectie is de stroming van warmte met luchtstromen. Deze stroming kan gescheiden worden van de bebouwing, indien deze opgesloten wordt. Een andere type maatregel om de warmtestraling en convectie tegen te gaan, is het overkappen van sporen over een zo groot mogelijke lengte, voornamelijk de gebieden waarnaast men in de toekomst bebouwing wil realiseren. Bij het overkappen kan men overwegen brandwerende bekleding aan te brengen. Eén en ander is afhankelijk van het brandscenario en de gestelde criteria t.a.v. schade en instorting. Voldoende brandwerendheid van bijv. 90 of 120 minuten van de tunnelwanden van de overkapping is aan te raden¹ (zie ook Bouwbesluit). Bij het overkappen van sporen wordt niet alleen de warmtestraling geabsorbeerd, maar blijft ook de convectie van warme lucht in de tunnel, waardoor in ieder geval de omliggende bebouwing niet hieraan wordt blootgesteld. Het is overigens wel de vraag of het verstandig is om de convectie binnen de tunnel te houden in verband met de interne veiligheid in de tunnel. Het overkappen van sporen waarover het vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, leidt tot een veel kleiner effectgebied van calamiteiten dan wanneer de sporen niet zijn overkapt. Op enkele meters van de tunnel wordt het warmtestralingsniveau bij deze maatregel met meer dan 90% gereduceerd². Dit geldt voor zowel de plasbranden als de warmtestraling van de BLEVE. Hierdoor kan bebouwing plaatsvinden vlak naast de overkapping, dus binnen de spoorzone.



Figuur 1.7 "Normaal" overkappen van het spoor.

Het nadeel van het overkappen is dat deze maatregel duur is en alleen op middellange tot lange termijn kan worden gerealiseerd. Bovendien nemen de interne risico's in de overkapping te allen tijde toe. De afname van risico's naast het spoor door het verkleinen van het effectgebied gaat namelijk altijd ten koste van de interne veiligheid in de tunnel [1]. De mensen in de tunnel, zowel personeel als reizigers, kunnen slachtoffer worden bij een calamiteit veroorzaakt door gevaarlijke stoffen. Derhalve dienen voor de veiligheid van mensen in de tunnel additionele veiligheidsmaatregelen te worden toegepast, zoals ventilatie, voldoende vluchtwegen en zelfredzaamheidsmogelijkheden en dient de tunnel bij voorkeur slechts voor vervoer van gevaarlijke stoffen worden gebruikt.

² ing. Bas Knol (TNO-Bouw)

Bij het overkappen van het spoor moet men rekening houden met het scenario explosie. Indien de tunnel niet voldoende sterk ontworpen is, treedt bij een explosie naast de mogelijke vuurbal (BLEVE) en de schokgolfeffecten ook brokstukuitworp (afkomstig van de overkapping) op [2,5]. De brokstukuitworp kan zonder additionele maatregelen afstanden van meer dan 100 meter bereiken [2]. Dit extra fenomeen werkt risicoverhogend.

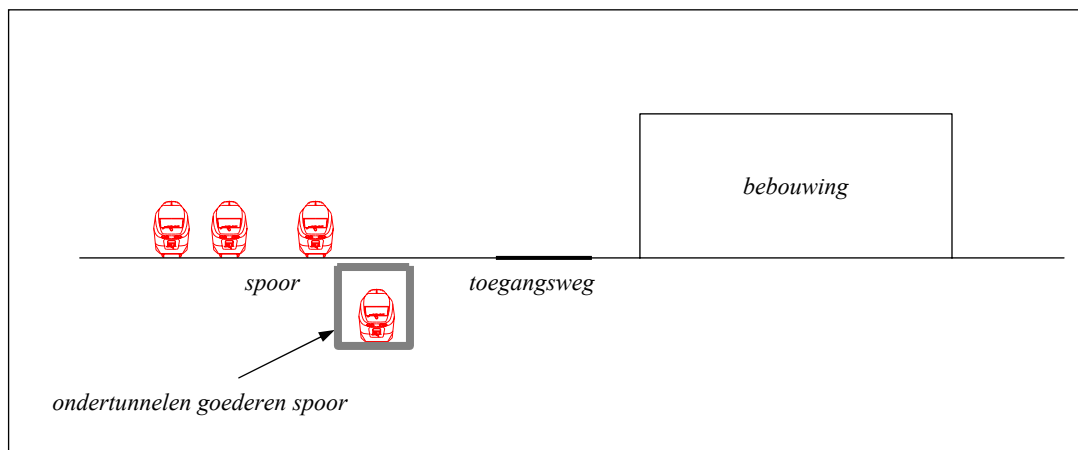
Tevens kan een gaswolk door de opsluiting zware explosie-effecten opleveren. In plaats van een gaswolkbrand moet dan rekening gehouden worden met een gaswolkexplosie (zie figuur 6.7 in interim rapport TNO-MEP [8]), die zich mogelijk als gevolg van opsluiteffecten kan ontwikkelen tot een krachtige deflagratie of zelfs een detonatie [2,5]. Het explosie effect is wellicht te beperken door het toepassen van een soort "plofdak", het dak wordt opgeofferd om de rest van de constructie te behouden. Hierbij dient men te kiezen voor een zeer licht dakconstructie, die zo snel weggeblazen kan worden dat er tijdens de drukopbouw van de gasexplosie (tienden van seconden)drukontlasting kan plaatsvinden. Bij deze maatregel is het essentieel dat de wanden constructief overeind te blijven. Men is op de hoogte van een explosie in de buitenlucht [2] of een 1-dimensionale voortplanting van een drukgolf in de tunnel [19]. Echter, het grensgebied van flexibiliteit van constructies als maatregel in tunnels voor het reduceren van de drukgolf tot op heden is hier nauwelijks onderzoek naar gedaan.

De toepasbaarheid van een plofdak bij overkappingen hangt af van vele parameters. Nader onderzoek is onontbeerlijk voor de toepasbaarheid van de plofdakconstructie als effectieve maatregel tegen gasexplosies. Op dergelijke wijze kan bepaald worden of bouwen boven en naast sporen, waarbij een gasexplosie kan voorkomen, mogelijk is.

De kosten van de overkapping van het spoor kunnen geschat worden op € 40.000.000,= per kilometer [16].

1.2.2.5 Ondertunnelen spoor vervoer van gevaarlijke stoffen

Men kan in plaats van het verdiept aanleggen van het spoor of het overkappen van het spoor ook het spoor ondertunnelen. De voor -en nadelen van het ondertunnelen zijn reeds beschreven in 1.2.2.4. Echter deze maatregel is duurder dan wanneer een spoor op het maaiveld niveau wordt overkapt. De kosten van deze maatregel is in bijlage 1b verwerkt. Deze bedragen ongeveer € 110.000.000,=/km [18]

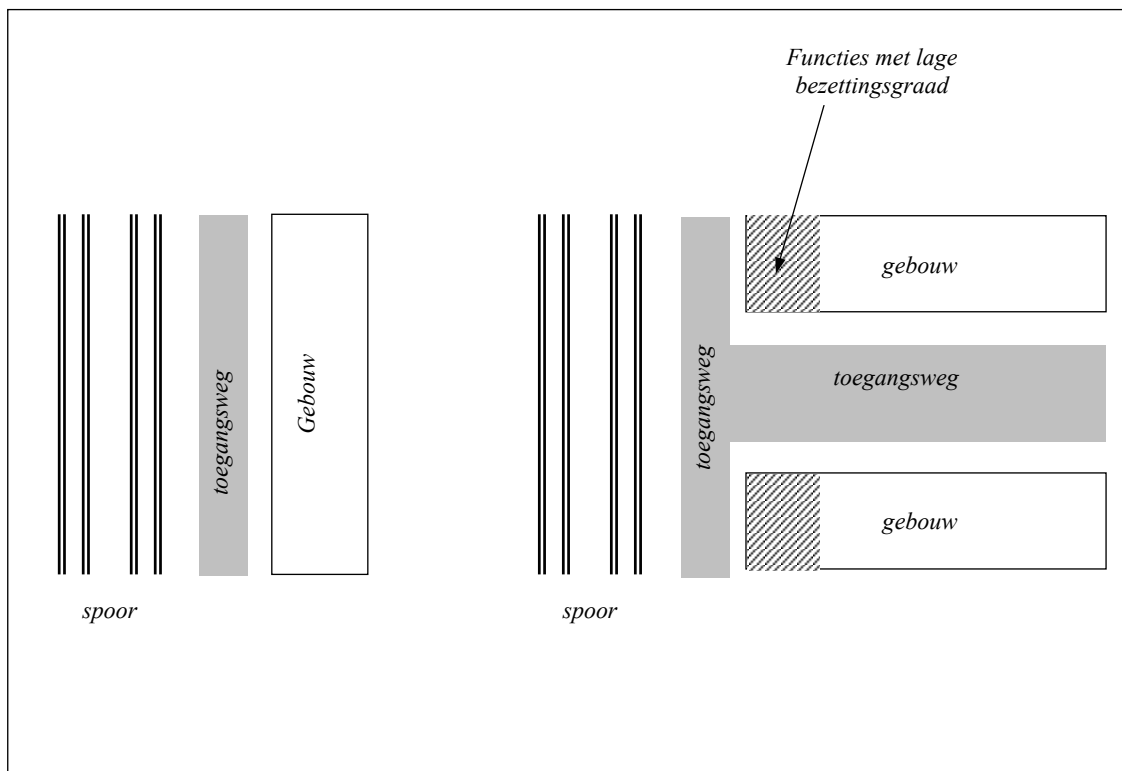


Figuur 1.8 Ondertunnelen van het spoor.

1.2.3 Maatregelen aan gebouwen

1.2.3.1 Functionele indeling van gebouwen langs het spoor

Een maatregel die men kan treffen om zo min mogelijk mensen in het effectgebied bloot te stellen aan warmtebelasting van een plasbrand, is het wijzigen van de functionele indeling van gebouwen langs het spoor. Een stedenbouwkundige maatregel hiertegen kan het bouwen van gebouwen zijn die niet evenwijdig aan, maar loodrecht op het spoor liggen. Hierdoor wordt er een veel kleinere oppervlakte blootgesteld aan warmtestraling. Met deze maatregel is bovendien een makkelijke toegang voor hulpdiensten naar het spoor gerealiseerd.



Figuur 1.9 Kleiner effectgebied creëren door de functionele indeling langs het spoor aan te passen door het gebouw loodrecht op de richting van het spoor te plaatsen.

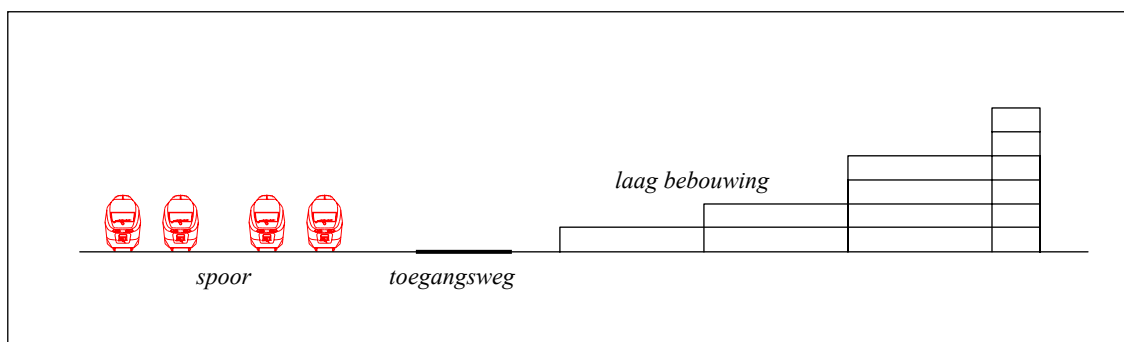
Een toevoeging hierbij is het gebouw zodanig in te delen dat aan de spoorzijde en in het effectgebied van een plasbrand een lage bezettingsgraad van mensen heerst. De functies met een lage bezettingsgraad fungeren als een bufferzone voor mensen in het gebouw. Hierbij kan gedacht worden aan sanitaire functies, bergingen, trappenhuisen, parkeergarages van het gebouw, etc. Bij trappenhuisen moet men er tevens rekening mee houden dat er meerdere vluchtroutes in het gebouw aanwezig zijn, vanwege ontvluchten van het gebouw.

Deze maatregel kan men combineren met het aanbrengen van hittewerende muren of hittewerend glas ($50 \times 50 \text{ cm}^2$ van 36 mm dik, met een maximale hittewerende belasting van 50 kW/m^2 [20]) aan de zijde van het spoor. Verder dienen de vluchtwegen van het gebouw zich niet aan de zijde van het spoor te bevinden.

Het grote voordeel van deze maatregel is dat het lage relatief investeringskosten met zich meebrengt, terwijl het wel leidt tot een effectieve risico-vermindering voor mensen in het gebouw t.a.v. warmtestraling bij een plasbrand. Voor de warmtestraling van een BLEVE is deze maatregel echter niet effectief.

1.2.3.2 Functionele indeling van het gebouw

Een variant op de vorige maatregel is de keuze om het deel langs het spoor als laagbouw te realiseren en na een afstand van 30 meter over te gaan op verdiepingsbouw. Deze maatregel is zeer effectief voor plasbranden, maar niet voor een BLEVE. Functies behorend bij deze laagbouw dienen een lage bezettingsgraad te hebben en kunnen o.a. bergingen, garages en dergelijke zijn. De mensen die zich bevinden in de verdiepingsbouw worden op dergelijke wijze minder blootgesteld aan warmtebelasting (slachtofferreductie van 99%).



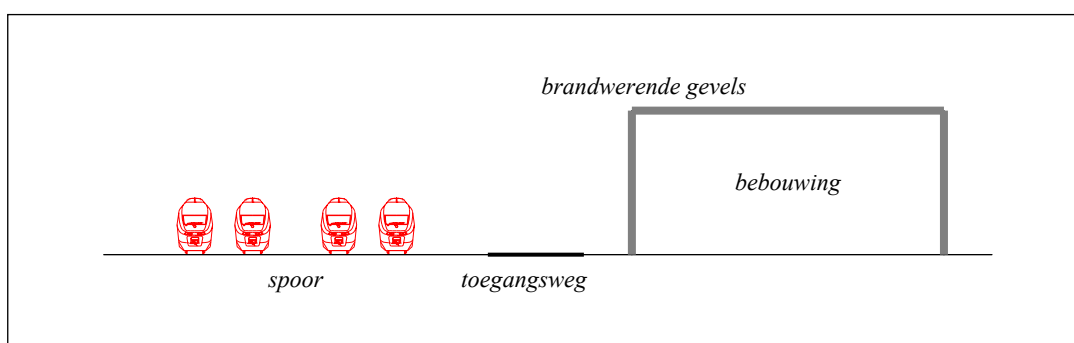
Figuur 1.10 Functionele indeling van het gebouw aanpassen door lage bebouwing (met een kleine bezettingsgraad) vlak er naast en vervolgens hoger.

Het voordeel van deze (stede)bouwkundige maatregelen is, dat deze geïntegreerd kunnen worden in het ontwerp bij nieuwbouwplannen. Bovendien brengt dit nauwelijks extra kosten met zich mee.

1.2.3.3 Brandwerende gevels aan gebouwen

Om bescherming te bieden aan mensen in het gebouw, kan men de gevels en daken van gebouwen voldoende brandwerend maken. Deze maatregel kan voor zowel de plasbranden, als de BLEVE's qua warmtestraling effectief zijn. Afhankelijk van de brandwerendheidseis kunnen gevels aan de zijde van het spoor al dan niet voorzien zijn van ramen. Bovendien kan er sprake zijn van brandoverslag indien de brand op het spoor niet snel wordt geblust. Derhalve zijn brandwerende gevels (90 – 120 minuten, al naar gelang de eisen van de gemeente) bij bebouwing langs het spoor noodzakelijk op een afstand van 30 – 310 meter van het spoor. De afstand van 310 meter volgt uit figuur 1.2 (links), waarbij bij een BLEVE een warmtestraling van 10 kW/m^2 resteert. Men moet ook rekening houden met het feit dat de constructie van het gebouw niet mag bezwijken indien de brandwerende gevel van de bebouwing belast wordt met warmtestraling.

Tevens wordt er van uitgegaan dat de brandweer snel ter plaatse is. Hierdoor zal de blootstelling aan warmtestraling voor mensen in gebouwen met 90% afnemen³. Voor kleinere afstanden tot het spoor zal dit percentage niet gehaald worden in verband met de hoge mate van warmte-intensiteit en convectie. Bij een afstand vanaf de 310 meter van het spoor af behoeven maatregelen zoals het toepassen van een brandwerende gevel aan gebouwen niet te worden toegepast, omdat dit gebied buiten de 10 kW/m² contour zal vallen (zie figuur 1.2).



Figuur 1.11 Brandwerende gevels van gebouwen.

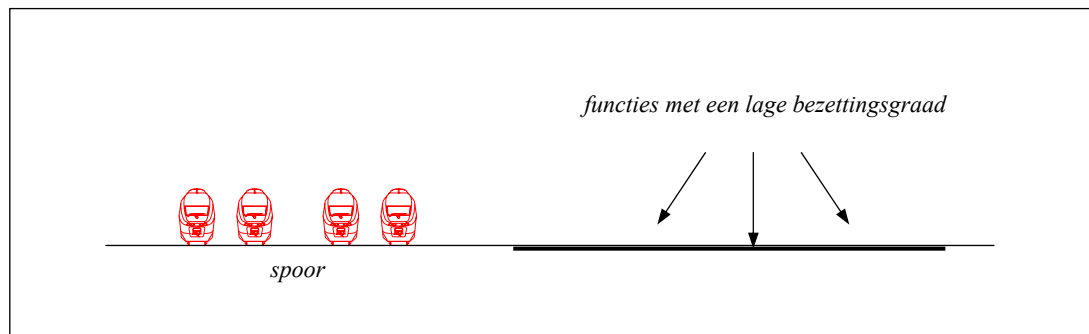
Deze maatregel is in het ontwerp van nieuwbouwwoningen te integreren, maar is relatief duur. De kosten van een brandwerende gevel bedragen ongeveer € 200,- per m² geveloppervlakte⁴.

1.2.4 Maatregelen in en aan gebiedsindeling/functies

Een maatregel waarmee zo min mogelijk mensen aan warmtestraling worden blootgesteld, omvat het realiseren van functies met een lage bezettingsgraad van mensen. Hierdoor kan men in de spoorzone het aantal slachtoffers beperken bij een calamiteit op het spoor. Men kan kiezen voor functies van bouwwerken die niet of nauwelijks en met minder mensen tegelijk worden bezocht.

³ ing. Bas Knol (TNO-Bouw)

⁴ ir. H. De Boer (TU Delft CiTG)



Figuur 1.12 Functies met lage bezettingsgraad naast het spoor.

Bij een dergelijke stedenbouwkundige maatregel kan gedacht worden aan het realiseren van parkeergarages/ -plaatsen, een park, recreatieve functies met een lage bezettingsgraad, begraafplaatsen, tuinen etc. Wellicht is het interessant om parkeergarages van de binnenstad te verplaatsen naar zones langs het spoor, zodat men nieuwbouw op die oude parkeerplaatsen kan realiseren.

Bij dergelijke functies is het aantal aanwezige mensen per dag per tijdstip veel lager dan wanneer het zou gaan om woningen, winkels en/ of kantoren. Immers, hoe minder mensen zich per oppervlakte in het effectgebied bevinden, des te kleiner het groepsrisico.

Deze maatregel heeft lage realiseringkosten. Het nadeel is wel dat er relatief weinig opbrengsten tegenover staan.

1.3 Maatregelen tegen de piek overdruk

1.3.1 Inleiding

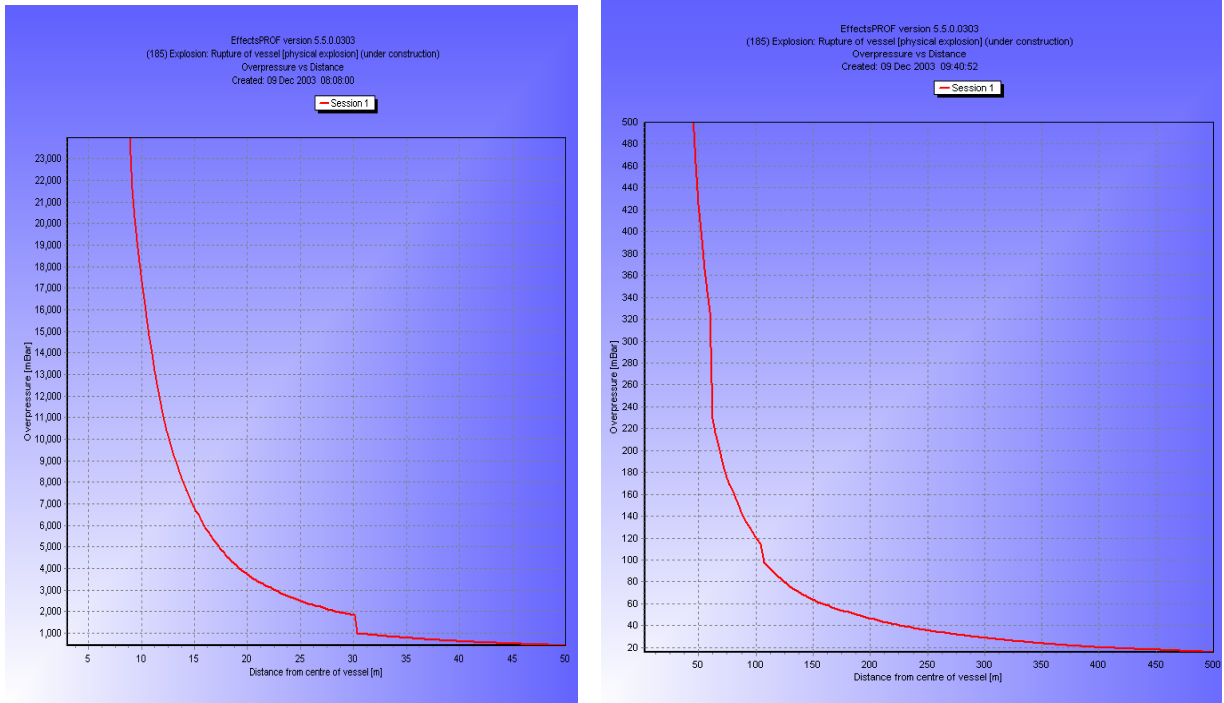
Over het algemeen worden brandbare gassen vloeistof tot vloeistof verdicht vervoerd. In dat geval vindt instantaan vrijkomen plaats in de vorm van een BLEVE, waarbij het vrijgekomen gas direct ontsteekt. Bij vertraagde ontsteking van instantaan vrijgekomen gas zal een gaswolkbrand ontstaan die gepaard gaat met een drukgolf [8]. Naarmate de afstand vanaf de calamiteit groter wordt, worden de drukgolf effecten kleiner (zie figuur 1.13). Als de grafiek van figuur 1.13 vergeleken wordt met tabel 1.1, dan kan er opgemerkt worden dat bij een overdruk van minder dan 1 bar, standaard constructies kunnen bezwijken. Dit wordt volgens de output van TNO-MEP (figuur 1.13) al bereikt op een afstand van 30 meter (1bar \cong 100 kPa) van het ongeluk. Baker [2] omschrijft de typische schade voor bepaalde belastingniveaus als volgt:

Tabel 1.1 *Typische schade voor bepaalde schokgolven (invallend) [2].*

Druk [kPa]	Schade
1	ruitbreuk
3	beperkte lichte structurele schade
8	behoorlijke schade aan huizen, onbewoonbaar
10	stalen frame constructie licht verdraaid
15	gedeeltelijk instorten van dak en muren
35-50	totaal instorten van huizen
50	instorten van stalen frame constructies
70	totaal instorten van niet-versterkte constructies

Explosiebestendig ontwerpen is heel duur en leidt tot een forse constructiedikte. Deze maatregelen kunnen meestal geen volledige bescherming geven vanwege de hoge druk, maar kunnen wel degelijk bijdragen aan risicoreductie. Bij maatregelen tegen piekoverdruk kan eveneens gedacht worden aan een tweetal hoofdgroepen van maatregelen, te weten maatregelen aan het spoor en maatregelen aan het gebouw.

Ook kan gedacht worden aan combinaties hiervan. Het hoofdeigenschap van de maatregelen is dat de beschermende laag voldoende massa en/ of voldoende plasticiteit moet bezitten. Alleen op deze manier kunnen de schokgolfeffecten gereduceerd worden.



Figuur 1.13 De piekoverdruk als functie van de afstand (bij een Warme Bleve) [Bron: TNO-MEP].

1.3.2 Maatregelen aan het spoor (lay-out)

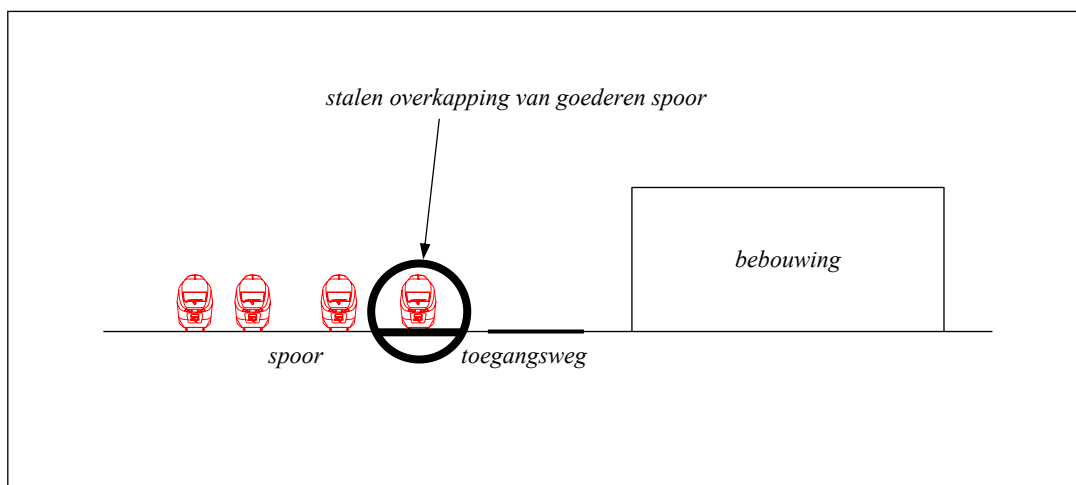
1.3.2.1 In "staal" overkappen van spoor met vervoer gevaarlijke stoffen

Standaard maatregelen aan het spoor (zoals het overkappen van sporen met "standaard" beton) of maatregelen aan gebouwen in de omgeving (20-30m), zijn nauwelijks effectief in verband met de hoge piekdruk. Dit omdat brokstukkenworp over een grote afstand mogelijk is. Bijkomend hierbij is dat bij het overkappen rekening gehouden dient te worden met het feit dat de wanden van de tunnel voldoende in staat moeten zijn om de drukgolf op te kunnen nemen [17]. Een standaard betonwand van 30 cm dik en van betonklasse B35 kan men niet meer toepassen. Men moet rekenen op een veel grote constructiedikte van meer dan 1 meter⁵. In 1982 is een onderzoek naar vervoer gevaarlijke stoffen door tunnels uitgevoerd door Rijkswaterstaat Directie Sluizen en Stuwen, te Utrecht en Openbare werken Bruggebureau, te Brussel [17]. Hierin werden schaalproeven (1:3) uitgevoerd naar energieabsorberende constructies binnen tunnels. De proeftunnel was 27 meter lang en had een vierkante inwendige doorsnede van 1,80x1,80 m².

Bovendien moeten er additionele voorzieningen getroffen worden, zoals een hitte-terende laag op de tunnelwanden en integriteit van de constructie d.m.v. een tweede draagweg. Dergelijke voorzieningen zijn noodzakelijk voor de veiligheid van mensen in de tunnel.

Wil men de infrastructuur zodanig overkappen dat de gaswolkexplosie binnen de tunnel blijft, dan dient men de tunnelwanden van minimaal enkele cm's dik staal of gelijkwaardig te vervaardigen. De meest voor de hand liggende oplossing is om alleen het goederenspoor in staal te overkappen, zoals weergegeven in figuur 1.14.

⁵ Prof.dr. B.J.M. Ale (TU Delft/NIBRA)



Figuur 1.14 In "staal" overkappen van het spoor.

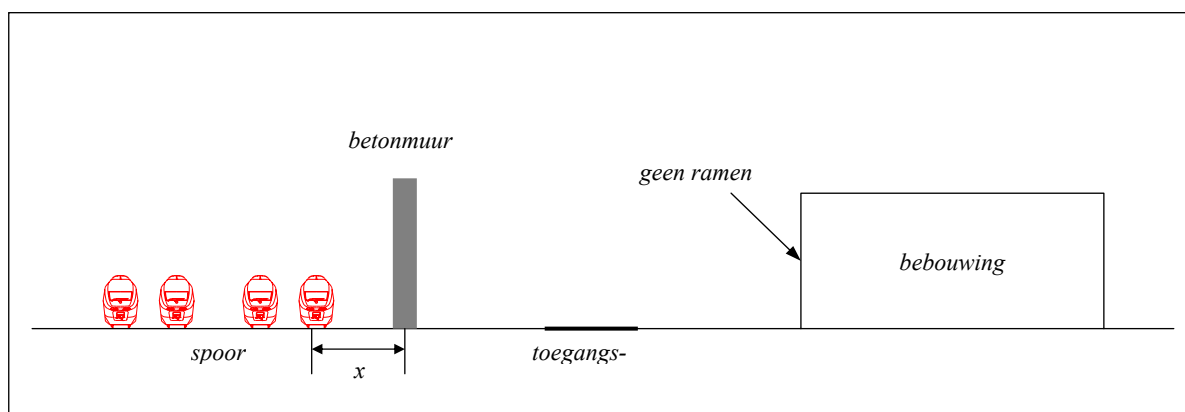
De tunnel wordt dan een lange sterke koker, die grote blasteffecten binnen de tunnel kan opvangen en die tevens een mogelijke gaswolk explosie of zelfs een detonatie binnen de tunnel houdt. Deze maatregel is theoretisch gezien zeer effectief voor de piekoverdruk. Deze maatregel biedt de mogelijkheid om direct naast sporen te kunnen bouwen. De explosie wordt gecontained en de explosie-effecten kunnen alleen bij de tunnelmonden plaatsvinden.

Deze maatregel is zeer duur en in de praktijk moeilijk te realiseren. Geschat wordt dat de kosten voor een dergelijk maatregel hoger zullen zijn dan bij een boortunnel. Volgens [18] zijn de kosten voor het aanleggen van een explosiebestendige tunnel € 250.000.000,= per kilometer. Men moet wel rekening houden met het feit dat de buis gaat fungeren als detonatiebuis. Hierbij kunnen de gevolgen bij mondingen aanzienlijk zijn [2]. Derhalve dienen de tunnelmonden zich te bevinden in voldoende buitenstedelijk gebied, zodat de schade en risico voor de bevolking minimaal is.

1.3.2.2 Een zware muur langs het spoor

Een andere maatregel die men kan treffen tegen de piekoverdruk, is het plaatsen van een zware muur. Deze kan ofwel van voldoende dik beton zijn, ofwel van voldoende dik staal. Hiedoor kan de schokgolf enigszins gereduceerd worden, waardoor er vlak achter deze muur gebouwd kan worden. Hoe groter de afstand van bebouwing tot deze muur, des te minder effect deze muur heeft. Een schokgolf wordt nooit volledig tegengehouden. Vanwege de hoge druk zal hij altijd om de muur heen buigen, hoewel de schokgolfeffecten wel direct achter de muur behoort

lijk gereduceerd zijn⁶. Er moet rekening gehouden worden met het feit dat de muur geen brokstukken aflevert bij een explosie. Verder dient de gevel van het gebouw achter deze muur in staat te zijn om de resterende piekoverdruk op te kunnen nemen. Afhankelijk van de hoogte van de muur en de afstand tot de bebouwing, kan de maatregel een reducerend effect hebben van 0 tot 80%⁶. Indien de bebouwing dicht achter de muur gerealiseerd is, is de reductie het grootst, maar na een afstand vanaf 2 à 3 keer de hoogte van de muur wordt deze reductie 0%⁶. De bebouwing op zich zelf kan ook zorgen voor de reductie. Dit hangt af van veel parameters (zie paragraaf 1.3.2.3).



Figuur 1.15 (Beton) muur langs het spoor; gevel met extra constructiedikte.

Past men beton toe, dan is deze maatregel in de praktijk relatief eenvoudig en goedkoop te realiseren. Bij staal is dat niet het geval. Een nadeel is wel dat het uitzicht belemmerd wordt van de mensen die zich bevinden bij het spoor.

Om een idee te krijgen wat de afmetingen van de muur kunnen zijn, zijn in bijlage 1b een aantal berekeningen uitgevoerd tegen de piekoverdruk. Stel dat de afstand vanaf de calamiteit tot de muur x meter is (zoals aangegeven in figuur 1.15). Hiermee kunnen de afmetingen van de muur grofweg met een quasistatische berekening worden bepaald. De dimensionering tegen piekoverdruk van de muur is berekend op 4 afstanden van de calamiteit vandaan, namelijk 17, 25, 35 en 45 meter voor drie soorten muren, te weten een betonmuur, een massieve stalen muur en een samengestelde stalen muur (voor beschrijving zie bijlage 1b). Een samengestelde muur kan de hoeveelheid staal per vierkante meter sterk reduceren. Deze muur bestaat uit twee wanden die verbonden zijn met elkaar met dwarsschotten. De resultaten zijn in tabel 1.2 weergegeven.

Bij deze berekening zijn er een aantal aannames gedaan. Allereerst is de hoogte van de muur gesteld op 10 meter, dit in verband met een realistische waarden voor het moment dat optreedt aan de voet van de muur. Hoe hoger de muur, des te hoger het moment dat de fundering moet opnemen. Immers, het maximale moment in de

⁶ mw.ir. Ans van Doormaal (TNO-PML)

fundering neemt kwadratisch toe met de hoogte van de muur. Een hoogte van 10 meter voor de muur komt overeen met laagbouw bestaand uit een begane grondvloer, 1^e en 2^e verdieping (maximaal). Mede door het feit dat de gegevens over de impuls ontbreken is er een quasistatische berekening gemaakt voor de muur met een bovengrens van de DLF (Dynamic Load Factor) = 2 (volgens Baker [2] zijn de uitkomsten aan de conservatieve kant). De berekening is uitgevoerd per meter muur en is gebaseerd op de lineair elasticiteitstheorie en is dus zeer conservatief. Wellicht kan een berekening gebaseerd op plasticiteitsleer de afmetingen iets verkleinen, waardoor een stuk economischer kan worden ontworpen. Echter, dit is niet in de scope van dit onderzoek. Voor de berekening van de betonmuur is uitgegaan van een betonkwaliteit van B95.

Tabel 1.2 *Indicatie constructie dikten van beton en staal bij een hoogte van 10 meter met een quasistatische berekening.*

Afstand x [m]	Dikte Beton muur [cm]	Dikte stalen muur [cm] (massief)	Dikte stalen muur [cm] (samengesteld)
17	100	40 (3140 kg/m ²)	150 (180 kg/m ²)
25	75	30 (2355 kg/m ²)	100 (150 kg/m ²)
35	40	15 (1178 kg/m ²)	50 (75 kg/m ²)
45	20	6 (471 kg/m ²)	25 (55 kg/m ²)

1.3.2.3 Twee (betonnen) muren langs het spoor en zware muren van gebouwen

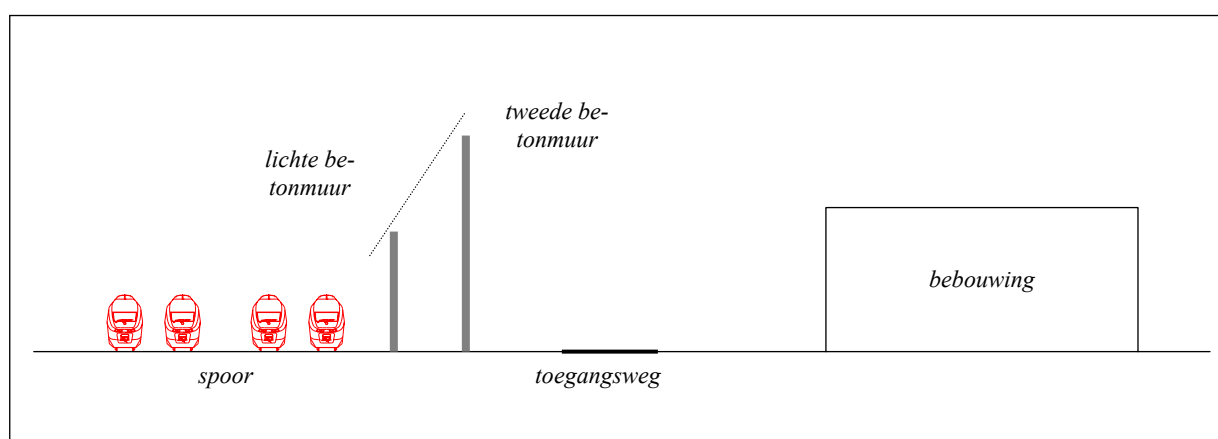
Een ander maatregel die men kan treffen tegen de piekoverdruk, is het plaatsen van twee (betonnen) muren langs het spoor, waarbij de eerste en de tweede muur de schokgolf richten (naar boven en in tegengestelde richting). Ook hier geldt dat een schokgolf nooit volledig wordt tegengehouden en altijd om de muur heen zal buigen. Op grote afstand heeft deze maatregel op de schokgolfeffecten nauwelijks effect, maar dan heeft de afstand reeds voor afname van de sterkte van de schokgolf gezorgd. De eerste muur zal onder de schokgolfeffecten opbreken. De tweede (veel hogere) muur vangt echter de brokstukken op en moet daarom hoger zijn dan de eerste.

Alleen uit nader onderzoek kan blijken wat de gewenste en minimale hoogte van de muur en het effect hiervan is. Bovendien moet de gevel achter deze muur de resterende druk nog eens kunnen weerstaan.

Afhankelijk van de resterende druk en de plaats van bebouwing dient de gevel hierop te worden gedimensioneerd. De effectiviteit van deze maatregel hangt af van verschillende parameters. Zogenaamde blastwallen kunnen een reductie in

piekdruk opleveren van tussen de 0 en 80%⁷. Direct achter de wal is de reductie het grootst (zie opmerkingen vorige sub-paragraaf). De reductie neemt af met de afstand van de wal tot beschouwde locatie. Deze afstand is slechts een van de parameter die bepaalt hoe groot de reductie is. Andere parameters zijn:

- de grootte van de explosie, en met name de impuls van de schokgolf;
- de hoogte van de muur;
- de afstand tussen muur en explosie.



Figuur 1.16 Twee betonmuren langs het spoor.

Het voordeel van deze maatregel is dat het op korte tot middellange termijn te realiseren is. Bovendien zijn de kosten lager, want de constructiedikten van deze muren zijn niet zwaar in vergelijking met de constructiedikten van slechts één muur.

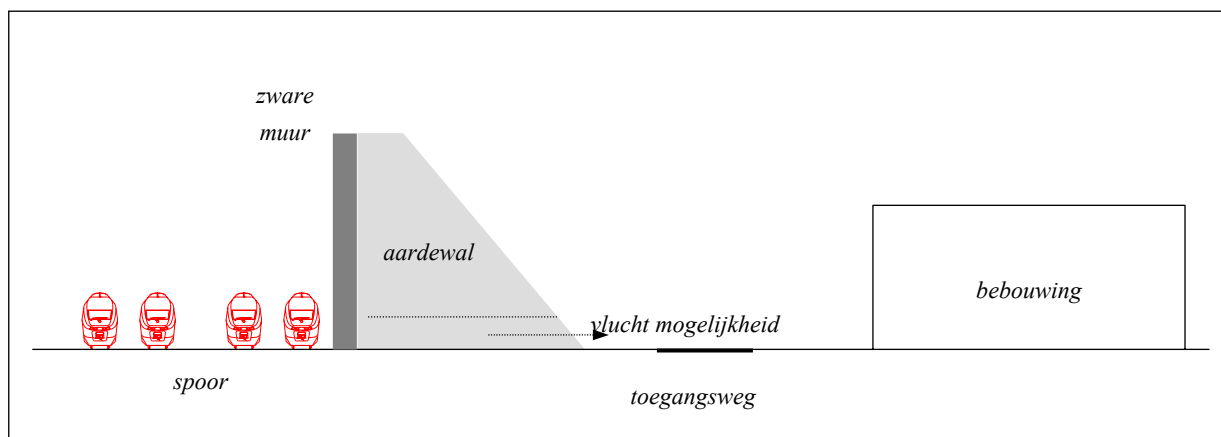
Het nadeel van deze maatregel is overeenkomend met die van de maatregel behandeld in 1.3.3.2. Te weten: de belemmering van het zicht aan een zijde.

1.3.2.4 Eén muur met aardewal langs het spoor

Men kan in plaats van twee betonnen muren ook een grondkerende muur met daarachter een aardewal langs het spoor realiseren. De aardewal dempt nu de brokstukuitworp. De afscherpende werking tegen de schokgolf hangt af van de hoogte van de muur en de afstand tot de bebouwing. Een grondkering die niet bestaat uit opbrekend materiaal zoals beton verdient de voorkeur, omdat dit veel minder brokstukken geeft. Denk bijvoorbeeld aan Hesco's (afbeeldingen zie onder) gevuld met zand.

⁷ mw.ir. Ans van Doormaal (TNO-PML)

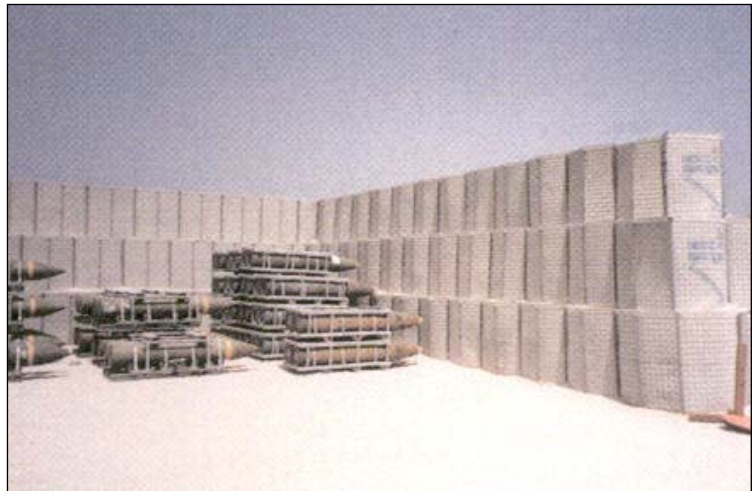
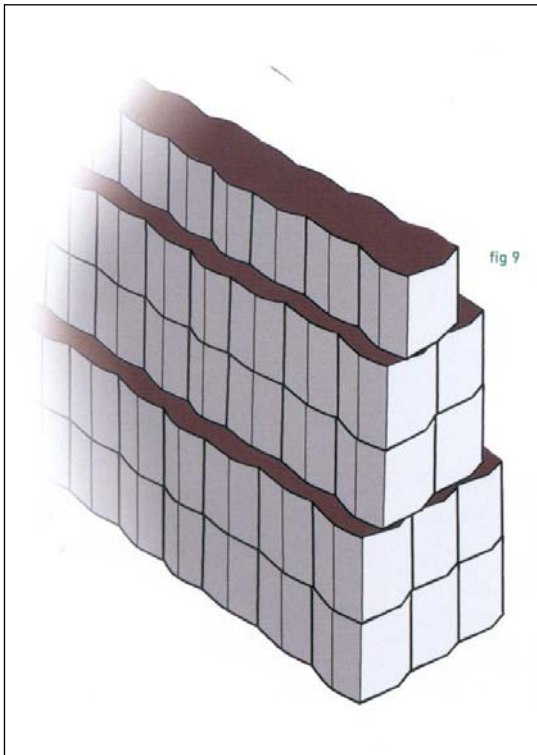
Ten aanzien van de effectiviteit van deze maatregel varieert de reductie van de piekdruk ook van 0 tot 90 %, afhankelijk van o.a. de geometrie van de aardewal, de hoogte van de muur etc. In deze aardewal kunnen vluchtmogelijkheden voor mensen op het spoor worden opgenomen. De vluchtmogelijkheden kan men realiseren door een aparte constructie in de aardewal op te nemen.



Figuur 1.17 Zware betonmuren langs het spoor gecombineerd met een aardewal.

Het voordeel van deze maatregel is dat het relatief eenvoudig te realiseren is. Dit kan geschieden op korte tot middellange termijn. Deze maatregel is duurder dan slechts één muur langs het spoor, want er dient ook een grote hoeveelheid grond geplaatst te worden.

Foto's Hesco's [Bron: TNO-PML]



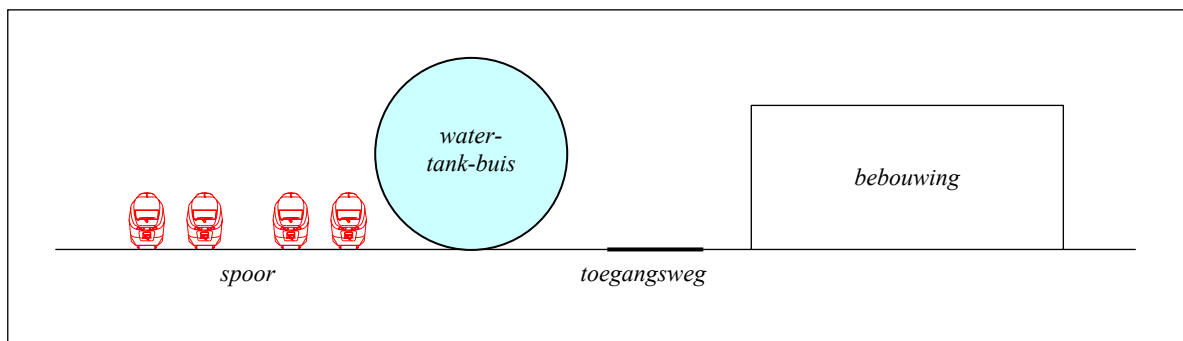
1.3.2.5 Verdiept aanleggen van spoor

Voor de beschrijving van deze maatregel wordt verwezen naar paragraaf 1.2.2.2.

1.3.2.6 Watermitigatie

Een van de maatregelen waar men onderzoek naar doet, is watermitigatie. Water reduceert de explosie-effecten en vormt zelf geen gevaarlijke brokstukken. Praktische toepassingen zijn er echter nog weinig, omdat het water gecontained moet worden. Een optie hiervoor is een waterpijp. De waterpijp fungeert dan als een soort vangrail naast het spoor, die de drukgolf moet reduceren bij een explosie. Daarnaast zal het vrijkomende water als blusmiddel kunnen fungeren. Indien water niet het ideale blusmiddel is, kan een ander vulmiddel worden gekozen of voor toevoegingen aan het water (ook i.v.m. het tegengaan van dood water = ontstaan van bacteriën etc. in water).

Uit theoretisch oogpunt is een dergelijke maatregel zeker interessant; brokstukken kunnen na een explosie niet gelanceerd worden. Omdat deze maatregel nog in ontwikkeling is, kan het gerealiseerd worden pas op middellange tot lange termijn. De doorsnede van de water-tank-buis dient nader onderzocht te worden. Tevens zijn de kosten van een dergelijke maatregel nu nog moeilijk in te schatten.

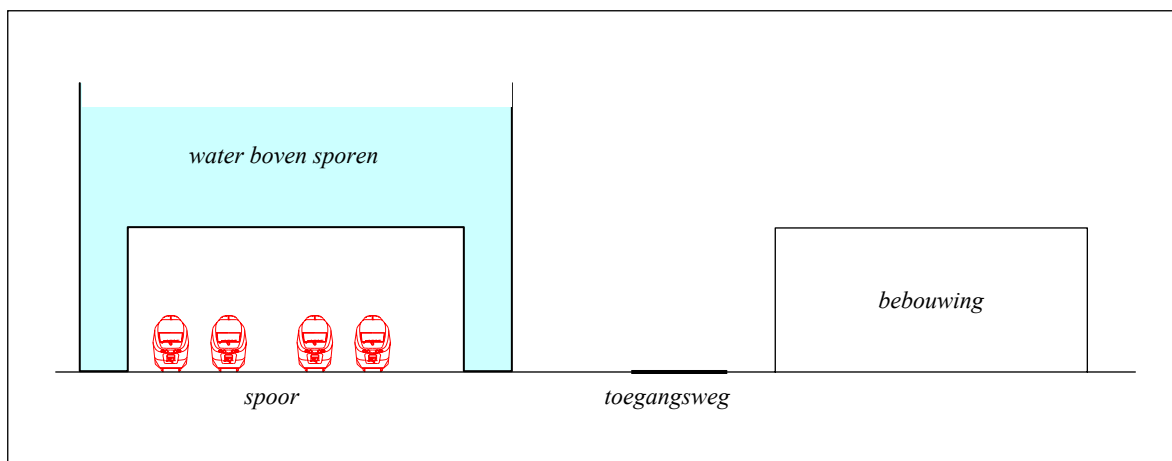


Figuur 1.18 Watertank-buis naast het spoor.

1.3.2.7 Water over sporen

Een andere toepassing van water als maatregel is het aanbrengen van een soort bad met water over de sporen heen. Bij een explosie vliegt het water over de stad in plaats van brokstukken en is de gevolgschade velen malen beperkter dan wanneer de explosie in open lucht of in een tunnel zou plaatsvinden. Ook hier geldt dat weg spattend water bij een explosie nauwelijks gevaar oplevert voor mensen in de buurt. Hiermee kan het aantal dodelijke slachtoffers gereduceerd worden met ruim 90% [11], omdat mensen niet worden geraakt door zware brokstukken, maar door water. Proeven met watermitigatie zijn op kleine schaalniveau uitgevoerd. Het

resultaat van deze proeven is dat de schokgolf gereduceerd kan worden met 50 %⁸. Hoe dit uitpakt op groot schaalniveau is echter niet bekend. Derhalve, dient met hiermee ook rekening te houden. Dit is een zeer effectieve maatregel. Vanzelfsprekend dient de invloed van de container constructie beschouwd te worden.



Figuur 1.19 Water boven sporen.

Architectonisch en wellicht ook stedenbouwkundig kan deze maatregel een grote impuls geven aan nieuwe ontwikkelingen van deze tijd. Men kan op dergelijke wijze het water boven sporen gebruiken als een recreatieve aangelegenheid. Echter, de haalbaarheid van deze maatregel kan ter discussie gesteld worden, want niet op elke locatie kan een dergelijk maatregel toegepast worden. Omtrent de realisatie kan vermeld worden dat deze op middellange tot lange termijn kan geschieden.

Bij deze maatregel dient echter tevens rekening gehouden te worden met gas opsluiting in de gecreëerde tunnel.

1.3.3 Maatregelen in en aan gebouwen

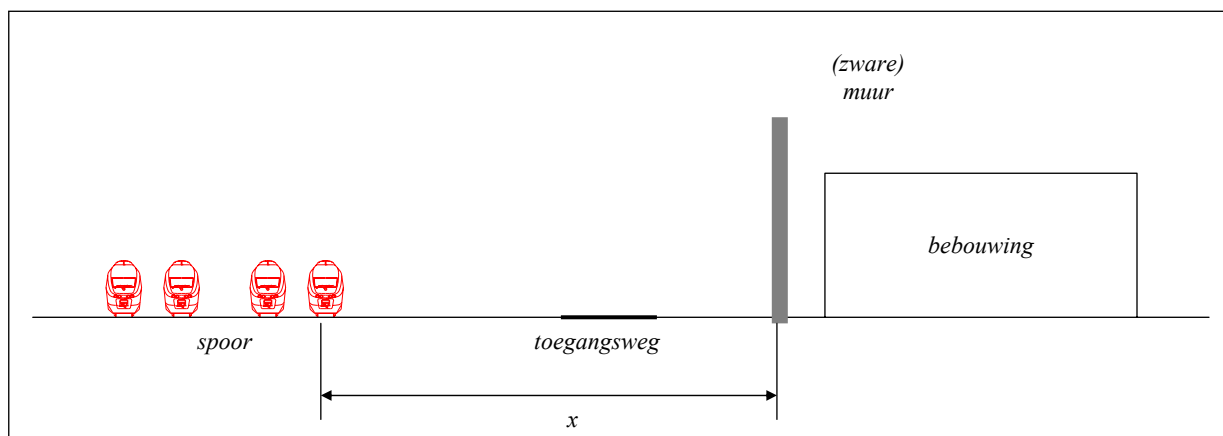
1.3.3.1 Muur voor gebouwen

Een maatregel die men kan treffen, is het plaatsen van een (zware) muur voor gebouwen. Hierbij dient deze muur voor het reduceren van de drukgolf bij piekoverdruk. Indien op een afstand van 30 meter van het spoor af (volgens figuur 1.13) gebouwd wordt, dan heerst op dat moment een druk van ongeveer 25 kPa (= 0,25 bar). Op dat moment kunnen (volgens tabel 1.1) daken en muren van huizen gedeeltelijk instorten. Als er voor gezorgd wordt dat de muur vlak voor het gebouw geplaatst wordt, dan kan dit leiden tot een reductie van de drukgolf van 0 tot 80%⁹.

⁸ mw.ir. Ans van Doormaal (TNO-PML).

⁹ mw.ir. Ans van Doormaal (TNO-PML).

Dit hangt uiteraard af van de geometrie en het materiaal van de muur en het gebouw erachter. De muur kan bestaan uit beton of staal of combinaties hiervan. Hoe groter de afstand tussen het spoor en de bebouwing, des te minder zwaar de muur hoeft te zijn. Ook hier geldt dat de gevels en daken van de bebouwing gedimensioneerd moeten worden op de resterende druk achter de muur.

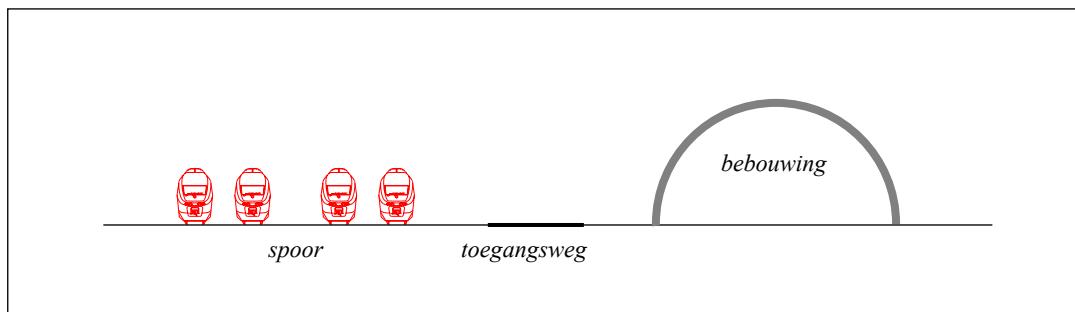


Figuur 1.20 Muur voor het gebouw.

Deze maatregel is relatief eenvoudig en goedkoop te realiseren en kan tijdens het ontwerp worden meegenomen c.q. geïntegreerd. Het grote nadeel van deze muur is vanzelfsprekend; het uitzicht aan de spoorzijde van het gebouw wordt compleet belemmerd. Voor de verdere beschrijving van de relatie tussen de geometrie van de muur en de afstand x tot de calamiteit, wordt verwezen naar paragraaf 1.3.2.2.

1.3.3.2 Bunkers als gebouwen

Wil men niet de infrastructuur overkappen maar maatregelen treffen aan gebouwen, dan verdient dat speciale aandacht. Gebouwen die normaal gesproken ontworpen worden op horizontale en verticale krachtafdracht (statische belastingen), moeten nu juist ontworpen worden op zeer hoge drukniveau's (dynamische belastingen). Gebouwen zullen niet alleen duur worden, maar ook architectonisch erop achteruit gaan en zullen moeilijk een stedenbouwkundige inpassing krijgen. Gebouwen gaan meer de vorm van bunkers aannemen om dergelijke hoge drukeffecten op te kunnen nemen. Bunkers, die normaliter toegepast worden voor kernenergie en voor militaire doeleinden, kunnen voldoende bescherming bieden bij het optreden van een rampscenario.



Figuur 1.21 Bunkers als gebouwen.

Wil men de grote piekdrukken van 2 bar reduceren voor mensen in het gebouw bij een afstand van kleiner dan 30 meter (volgens figuur 1.13), dan nemen de constructiedikten fors toe. Hiermee nemen de (meer)kosten per gebouw enorm toe. Een dergelijk bunker kost al gauw tientallen miljoenen euro's¹⁰.

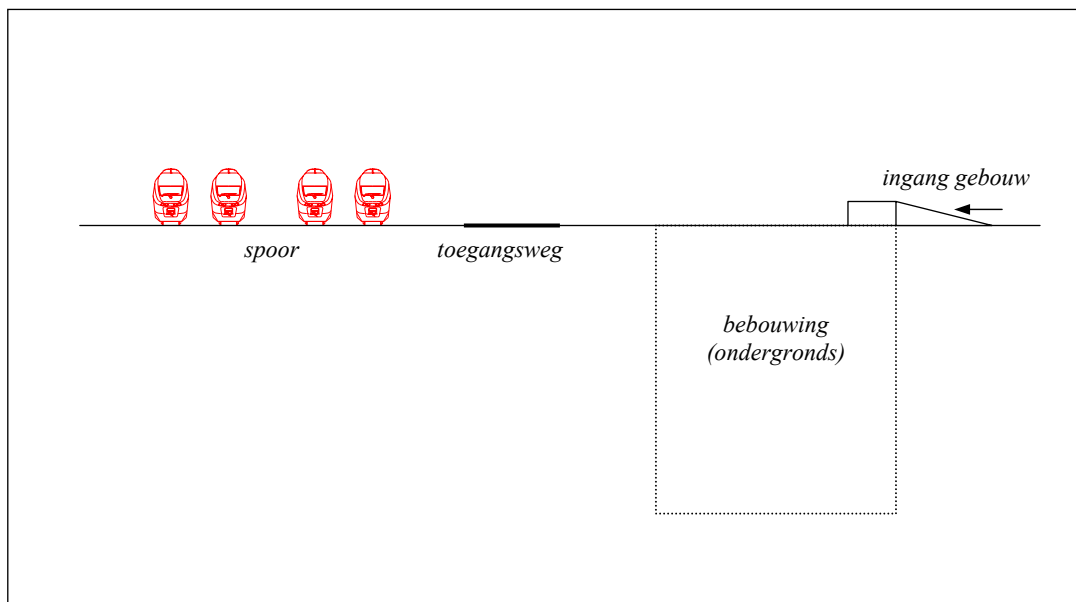
1.3.3.3 Gebouw ondergronds realiseren

Traditioneel worden gebouwen bovengronds gebouwd. In Japan zijn echter op verschillende locaties gebouwen ondergronds gerealiseerd [12], o.a. vanwege het ruimtegebrek. In Montreal (Canada) zijn zelfs complete winkelcentra onder de grond gerealiseerd vanwege het klimaat met lage temperaturen. Men kan dergelijke concepten ook in de nabijheid van het spoor waarover vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt toepassen, waarbij gebouwen niet bovengronds, maar ondergronds worden gerealiseerd.

Een kanttekening hierbij is dat men in het algemeen (nog) niet gewend is om in dergelijke ruimtes te wonen of te werken, maar zo'n concept draagt wel degelijk bij aan de verkleining van risico's voor mensen in het gebouw. Verschillende bouw fysieke aspecten vragen wel speciale aandacht en ook hier zal moeten worden bezien in hoeverre men aan alle eisen van het Bouwbesluit kan voldoen.

Drukgolven en de hoge hittestraling zijn bij een dergelijke oplossing van geringer belang. Wel moet rekening gehouden worden met een (relatief kleine) grondschok. Ook de ingang en lichttoetreding moeten in ogenschouw genomen worden.

¹⁰ Militaire Dienst Delft.



Figuur 1.22 Gebouwen ondergronds realiseren.

Deze oplossing is bij uitstek geschikt voor sporthallen, discotheken, parkeergarages, archief ruimten, opslagruimten en andere vormen van industriële toepassingen. Tevens kan een atrium voor de nodige verlichting zorgen; wel dient rekening gehouden te worden met de gevolgen van een dergelijke opening (wellicht dat een kleine wand er voor een uitkomst kan bieden).

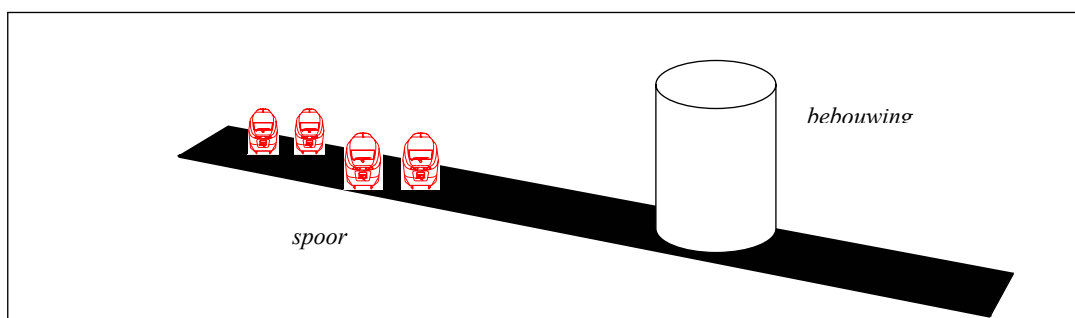
Het nadeel van deze maatregel is dat deze uitvoeringstechnisch problemen met zich kan meebrengen in verband met een relatieve hoge grondwaterstand in Nederland. Mede door de uitvoering zal dit type gebouw duurder zijn dan gebouwen boven het maaiveld.

1.3.3.4 Cilindervorm van het gebouw

Bij voldoende afstand van ca. 60 meter van het spoor af, waarbij de piekdruk is afgenomen tot minder dan 30 kPa (volgens figuur 1.13), kan men ook nog eens de drukgolf effecten reduceren door het gebouw te ontwerpen met een bijzondere geometrie. Volgens Saleh & Adeli [13] kan hierbij gedacht worden aan een cilindervorm van het gebouw¹¹. Hierdoor wordt deels de drukgolf om de constructie heen geleid, deels wordt deze gereduceerd, omdat ronde kokervormige doorsneden de grootste traagheidsmomenten hebben (zie ook [3]).

¹¹ Dr.ir. P.H. Waarts (TNO-Bouw)

Ook hierbij geldt dat nader onderzoek noodzakelijk is om uitspraken te doen over de constructiedikten. Zeker is dat de gevel niet een standaard betonnen spouw van 20 cm is, maar een zwaardere constructie, waarin staal en beton kunnen worden gecombineerd. Afstand tot het spoor is ook hier van belang.



Figuur 1.22 Cilinder vorm van gebouwen.

1.3.3.5 Blast resistant glazing (explosie bestendig glas)

Naast maatregelen aan (de vorm van) de gevel kan men maatregelen treffen aan de ramen van het gebouw, vanaf ca. 60 meter van de plaats van de calamiteit [3]. Men kan zgn. blast resistant glas, ofwel explosion resistant glazing, toepassen. Deze glassoort bestaat uit 2 of 3 lagen, waarbij de binnenste laag is gelamineerd. Deze glassoort varieert in dikte van 3 tot 5 cm [3]. Het blast resistant glas kan een piekdruk van maximaal 200 kPa opnemen. Bij het toepassen van blast resistant glazing op zulke afstanden van de calamiteit vandaan, dient men ook rekening te houden met de constructie van gebouwen. Volgens tabel 1.1 kan de bebouwing er omheen instorten bij 70 kPa.

Voor normaal glas daarentegen geldt een drempelwaarde voor bezwijken van 1 kPa. Bij 10 kPa ligt volgens tabel 1.1 en [2] alle beglazing eruit. Dit kan echter alleen op voldoende afstand van de explosie gerealiseerd worden, namelijk ca. 100 meter, volgens figuur 1.13. Op afstanden kleiner dan 30 meter van de calamiteit mogen ramen niet eens toegepast worden. Gaat men verder van de calamiteit (meer dan 60 meter) vandaan bouwen, dan kan men op een kleine oppervlakte van maximaal 50x50 cm² blast resistant glazing toepassen¹². Indien men kiest voor een groter glasoppervlakte, neemt de kans toe dat deze bezwijkt bij een zelfde piekdruk.

Bij voldoende afstand (ca. 30 meter), waarbij de piekoverdruk kleiner dan 200 kPa (volgens figuur 1.13), bezwijkt de blast resistant glazing niet volgens Johnson [3]. Echter de kosten van een dergelijk maatregel zijn hoog (ongeveer € 1000,= per m² gevel oppervlakte¹²). Deze maatregel is in de praktijk goed realiseerbaar, maar

¹² ir. H. De Boer (TU Delft CiTG)

duur. Bij blast resistant glazing treedt er een verbetering om de piekoverdruk te kunnen weerstaan op van een factor 200. Hiertegenover staat de stijging van de kosten per m² gevel oppervlakte met een factor 20.

Wil men toch gebouwen vlak naast het spoor realiseren over de kritieke afstand kleiner dan ongeveer 30 meter bij een druk groter dan 200 kPa (volgens figuur 1.13), dan zal men gebouwen moeten ontwerpen die absoluut geen (explosiebestendige) ramen in de gevels bevatten.

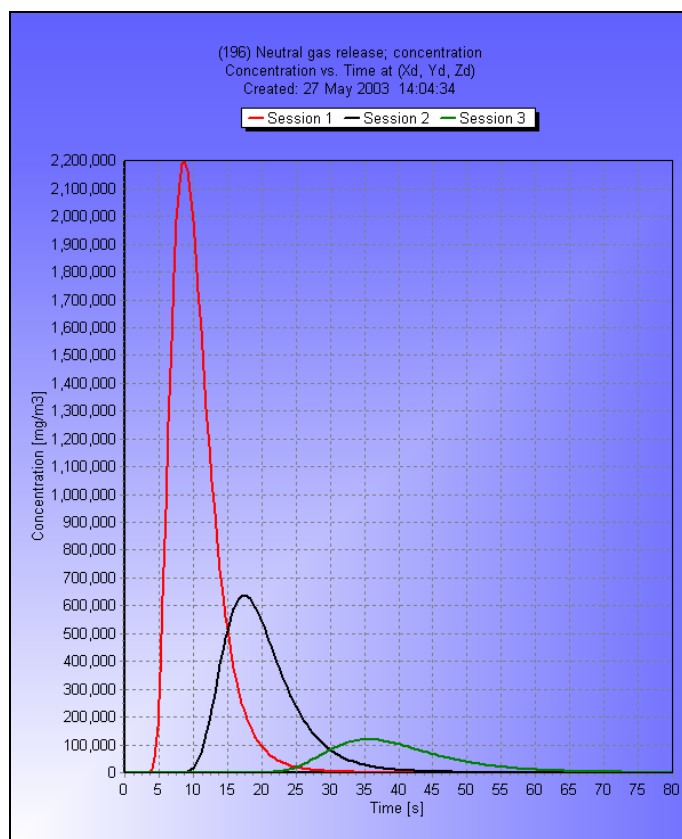
1.3.4 Maatregelen aan gebied/functionies

Voor de beschrijving van deze maatregel wordt verwezen naar paragraaf 1.2.4. Een bijkomend probleem is dat er naast het spoor niet intensief bebouwd mag worden. Dit zou kunnen leiden tot het opsluiten van gas in de bebouwde omgeving, waardoor alsnog een explosie in de bebouwde omgeving kan plaatsvinden. Dit is aan de orde als er geen muren zijn die voorkomen dat zware gassen zich tussen de gebouwen verspreiden.

1.4 Maatregelen tegen toxische gassen

1.4.1 Inleiding

Bij toxische belasting, hetzij door vloeistoffen, hetzij door gassen, is het van belang dat de lucht van de dampwolk niet het gebouw binnendringt. Dit kan voorkomen worden door een tweetal hoofdvarianten aan maatregelen. Er kunnen maatregelen getroffen worden aan het spoor en er kunnen maatregelen in en aan gebouwen getroffen worden. Als voorbeeld wordt de concentratie van chloor in lucht uitgezet tegen de tijd met als variabele de afstand [Bron: TNO-MEP], zie ook bijlage 2.



Figuur 1.24 De concentratie van chloor in lucht uitgezet tegen de tijd met als variabele de afstand van de calamiteit vandaan 50 m (rood), 100 m (zwart) en 200 m (groen) [Bron: TNO-MEP].

1.4.2 Maatregelen aan het spoor (lay-out)

1.4.2.1 Overkappen van sporen

Als eerste maatregel kan gedacht worden aan het overkappen van de sporen over een zo groot mogelijke afstand (ver buiten de stedelijke contouren). Mocht er een calamiteit met toxische stoffen plaatsvinden, dan is het de bedoeling de dampwolk binnen de tunnel te houden (zie figuur 1.5). Hiervoor zijn wel geavanceerde detectietechnieken nodig, die een mogelijke lekkage in de tunnel lokaliseren en vervolgens additionele maatregelen in werking stellen die de dampwolk in de tunnel houden. Bovendien is het essentieel dat de calamiteit onmiddellijk wordt doorgemeld aan hulpverleningsdiensten na een detectie. Hierdoor kan de brandweer alert zijn. Deze maatregelen kunnen bestaan uit mechanische afsluitingen van de tunnelmonden of zgn. watergordijnen aan de tunnelmonden. De effectiviteit van een dergelijke maatregel tegen toxische gassen voor mensen langs het spoor is zeer groot, want de blootstelling voor mensen bij een mogelijke calamiteit op het spoor is nihil. Hiertegenover staat dat de maatregel erg duur is.

Het voordeel van deze maatregel is, dat bij een eventuele calamiteit op het spoor met toxische belasting er vlak naast sporen gebouwd kan worden (bijv 5 meter vanaf de overkapping). Immers, de mensen in de gebouwen naast het spoor worden niet blootgesteld aan toxische stoffen bij een calamiteit op het spoor.

Hierdoor kan de blootstelling gereduceerd worden tot meer dan 90%¹³. Overigens dient men geen gebouwen te realiseren aan de tunnelmonden in verband met een mogelijke blootstelling aan toxische gassen bij een mogelijke ramp.

De nadelen zijn de hoge kosten en de drukopbouw die bij gasopsluiting kan plaatsvinden, zoals eerder besproken in paragraaf 1.2.2.4.

1.4.3 Maatregelen in en aan gebouwen

1.4.3.1 Luchtdicht bouwen

Een andere soort maatregel die de fysieke afscheiding van de gaswolk en de lucht in gebouwen mogelijk maakt, is het doorvoeren van duurzame en tegen de neven-effecten van de calamiteit bestendige dichtingsmaatregelen aan gebouwen naast het spoor, in combinatie met directe afsluiting van de ventilatievoorzieningen na aanvang van een calamiteit. Met een dergelijke bouwkundige maatregel is zeer veel effectiviteit te behalen. Aanwezige personen verbruiken dan het luchtvolume die in gebouwen aanwezig is. Het gemiddelde luchtvolume bij woon- en kantoorfuncties volstaat voor enkele uren. Omdat de gaswolk toch geleidelijk zal binnendringen, dient men binnen die periode te zorgen voor het wegnemen van de gaswolk of voor ontruiming op verantwoorde wijze.

Perfect luchtdichte gebouwen bestaan niet. Desalniettemin kan men zorgen voor een zo goed mogelijke luchtdichte afsluiting van het gebouw ten opzichte van de buitenlucht. Op deze wijze is de blootstelling (concentratie toxische stof in de lucht) en dus het risico voor mensen in het gebouw t.a.v. toxische stoffen gedurende een zekere periode na de calamiteit aanzienlijk te beperken. Gebouwen worden niet echt luchtdicht ontworpen. Nieuwe woningen hebben bijvoorbeeld een gemiddelde qv_{10} -waarde van $80 \text{ dm}^3/\text{s}$. Er zijn echter al woningen met $10\times$ zo lage waarden gerealiseerd. Hierdoor kan de blootstelling van toxische gassen een factor 10 afnemen! Bij het bouwen langs het spoor zal men moeten streven naar dergelijke luchtdichtheden¹⁴.

Wil men gebouwen ontwerpen waarbij er zo min mogelijk buitenlucht in het gebouw kan binnentreden, dan dient men vooral de gevels en daken van het gebouw

¹³ Prof.dr. B.J.M. Ale (TU Delft/NIBRA)

¹⁴ ing. Bas Knol (TNO-Bouw)

zodanig te ontwerpen dat die luchtdicht zijn. Men kan hiermee rekening houden tijdens het ontwerp van het gebouw. Voor het zo goed mogelijk afscheiden van de buitenlucht dienen de gevels voegdicht te zijn en de beweegbare delen (ramen, deuren en roosters) in hoge mate kierdicht. Gevels van gebouwen dienen zo min mogelijk voegen te bevatten.



Figuur 1.25 Een betongevel.

Hoe meer voegen in de gevel van het gebouw, des te groter de kans op het niet luchtdicht zijn van het gebouwen des te groter het risico voor mensen in het gebouw. Het zo min mogelijk toepassen van voegen kan geschieden door grote (klassieke) betonelementen te gebruiken met goede dichtingselementen op de scheidingsen, in plaats van metselwerk en/of plaatmateriaal als materiaal voor de gevel. Bovendien dient men gevels toe te passen die een zo klein mogelijke thermische beweging hebben, want dan is de kans op het optreden van oneffenheden tussen gevelelementen en de voegen het kleinst.

Het toepassen van gevels waarmee met de buitenlucht wordt geventileerd wordt ten strengste afgeraden. Zodoende kan de buitenlucht alsnog het gebouw binnendrin-

gen. Een belangrijke toevoeging voor het luchtdicht houden van het gebouw, is dat de voegen regelmatig (bijv. twee keer per jaar) met behulp van o.a. infrarood technieken gecontroleerd te worden, wat ook extra kosten met zich meebrengt. De maatregel aan de gevel gaat gepaard met architectonische beperkingen voor het gebouw.

Het zo goed mogelijk afdichten van het gebouw is een zogenaamde passieve maatregel, waarbij men uitgaat van een zo lang mogelijk gebruik van de aanwezige lucht in het gebouw. Immers, als het gebouw voor 1 tot 2 uur niet geventileerd zal worden met buitenlucht, zal het gaan stinken¹⁵. Wordt deze meer dan 6 tot 12 uur niet geventileerd, dan kunnen er problemen met de ademhaling ontstaan. Deze tijdsperioden hangen af van de hoeveelheid mensen en het aantal m³ in het gebouw. In extreem luchtdichte gebouwen dient voor de normale omstandigheden een betrouwbaar ventilatiesysteem te worden toegepast dat automatisch een bepaald minimum handhaaft, omdat de basisventilatie door ondichtheden nihil is.

Daarnaast dient extra aandacht te worden besteed aan een goede en tijdige afsluiting van alle ventilatievoorzieningen direct bij aanvang van een calamiteit, om indringing van de gaswolk in de ruimte tegen te gaan. Beide stellen extra eisen aan het ventilatiesysteem.

Indien een gaswolk blijft hangen voor één uur (zie figuur 1.26; de concentratie van waterstofsulfide in lucht), dan kan bij een qv10-waarde van 8 dl/s maximaal 28,8 m³ lucht van buiten het gebouw binnendringen. Hoe verder het gebouw van de calamiteit vandaan staat, hoe minder de concentratie van de toxische stof in de lucht (zie bijlage 2). Bij een afstand van 50 - 100 meter vanaf de calamiteit is de concentratie van de toxische stof in de lucht na een minuut ongeveer gelijk aan 10 – 20 mg/m³. Hierdoor kan maximaal 288 – 576 mg toxische gas in het gebouw terechtkomen. Dit betekent dat de blootstelling en dus de maximale concentratie in het gebouw van bijv. 20x20x10 meter maximaal 0,072 – 0,144 mg/m³ kan zijn. Indien deze waarde onder de maximaal aanvaardbare waarde kan blijven [6,7] waarbij er geen vergiftiging optreedt, kan worden aangenomen dat het percentage voor de slachtofferreductie gelijk is aan 90-100% binnen het gebouw. Hiervoor geldt wel dat de qv10-waarde van 8 dl/s wordt behaald. Wil men dit reductiepercentage verhogen, dan dient men een aangepast ventilatiesysteem toe te passen, zoals beschreven in het vervolg. Bij grotere afstanden dan 100 meter is de concentratie toxische stof kleiner. Daar hoeft dan niet een additioneel ventilatiesysteem toegepast te worden.

¹⁵ ing. Bas Knol (TNO-Bouw)

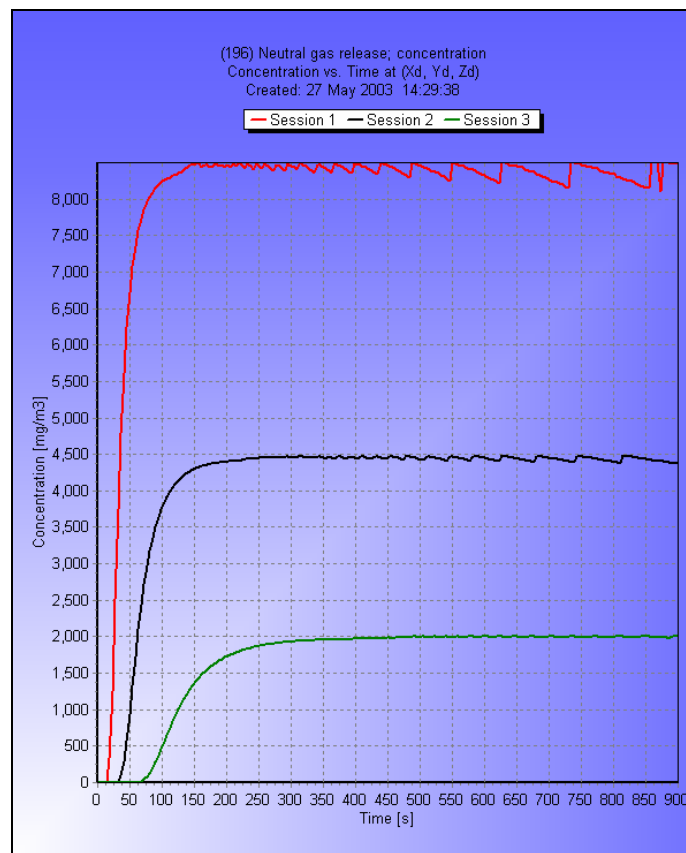
1.4.3.2 Luchtdicht bouwen gecombineerd met een aangepast ventilatiesysteem

Naast het "afdichten" van het gebouw kan men speciale voorzieningen treffen aan het ventilatiesysteem. Elk gebouw dient te worden geventileerd voor het (langdurig) verblijf van mensen in het gebouw. Indien er echter niet kan worden geventileerd met lucht van buitenaf, is het van belang goede filtratie van de binnenlucht toe te passen. Om indringing van verontreinigde buitenlucht tegen te gaan, dient een overdruk van tenminste zo'n 10 Pa te worden gehandhaafd [6]. Bij hoogbouw dient dit nog meer te zijn. Om dit te bereiken, zal er altijd sprake zijn van luchtverlies. Dit moet worden aangevuld met zuivere lucht. Men kan dit doen door behalve filtratie van de binnenlucht, ook filtratie van (enige) buitenlucht te verzorgen. De eisen die aan zo'n filtratiesysteem moeten worden gesteld zijn echter hoog.

Dergelijke oplossingen zijn van belang indien er een calamiteit met een lang hangend toxisch gas plaatsvindt (zie figuur 1.26). Dan kan het passieve scenario alsnog fataal zijn voor mensen in het gebouw. Als in de tussentijd geen ontruiming op verantwoorde wijze kan plaatsvinden, kan men overstappen op een maatregel, waarbij in het gebouw een aantal aangewezen vertrekken met gefilterde of zuivere lucht geventileerd worden. Een dergelijk ventilatiesysteem wordt toegepast bij onder meer onderzeeërs, atoombunkers, bacteriologische centra en operatiezalen en is duur in aanschaf.

Een alternatief is het maken van (vrijwel) hermetisch afsluitbare, inpandige verzamelvertrekken voor groepen personen, waarin via persluchtcilinders een minimaal benodigde luchtstroom wordt aangezuiverd. Eén cilinder met een inhoud van 50 kg is toereikend om maximaal 3 personen een etmaal te laten overleven. Het effect van deze maatregel, die het nuttigst is voor de bebouwing vlak naast het spoor (20 – 100 meter), komt overeen met een slachtofferreductie van 95-100% voor mensen binnen gebouwen.

Een nadeel van een dergelijke maatregel is dat er veel ruimte binnen het gebouw verloren gaat aan hermetisch afsluitbare ruimten of aan (ventilatie)installaties, omdat de gassen moeilijk te filteren zijn. Bovendien is het een dure oplossing per gebouw. Hierdoor is het aan te raden om zeker geen aparte woningen te realiseren maar juist verdiepingsbouw of rijtjes woningen, die één of twee speciaal te ventileren verzamelvertrekken hebben voor een groep mensen.



Figuur 1.26 De concentratie van waterstofsulfide in lucht uitgezet tegen de tijd met als variabele de afstand 50 m (rood), 100 m (zwart) en 200 m (groen) [Bron: TNO-MEP].

De schadelijkheid van deze concentraties wordt in het interim-rapport beschreven (zie tabel 6.16 en 6.17 van [3]).

1.4.4 Maatregelen aan gebiedsindeling/functionies

Voor de beschrijving van deze maatregel wordt verwezen naar paragraaf 1.2.4. Het is gunstig dat er minder personen aanwezig zijn, maar voor de personen die in de buitenlucht aanwezig zijn kan een dergelijk ramp fataal zijn.

1.4.5 Persoonsgebonden maatregelen

Volledigheidshalve kunnen gasmaskers worden genoemd om tegen een calamiteit met toxisch gas te beschermen. Echter, een dergelijke maatregel wekt meestal een negatieve perceptie ten aanzien van veiligheid op bij bewoners in de nabijheid van het spoor. Verder kan het onderhoud en onwetendheid met het juiste gebruik tot

problemen leiden. Afhankelijk van scenario's is moeilijk in te schatten welke consequenties dat heeft voor de slachtofferreductie van mensen in gebouwen.

1.5 Integrale benadering van de maatregelen

In deze paragraaf worden de genoemde maatregelen opgesomd. Hierbij is per belasting en blootstelling de effectiviteit aangegeven. Sommige maatregelen zijn voor een bepaald belastingstype gunstig, terwijl ze voor andere belastingen geen effect of zelfs in sommige gevallen een negatief effect hebben. Zo is het overkappen van het sporen, waarover vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, zeer gunstig voor warmtebelasting/convectie en toxische stoffen, terwijl het negatieve effecten oplevert voor de piekoverdruk. Bovendien nemen de interne risico's in de tunnel toe. Echter, indien men ook maatregelen kan treffen tegen de piekoverdruk in die overkapping – door bijv. het toepassen van energieabsorberende constructie, zoals een flexibel dak bij van de overkapping -, dan kan dit een maatregel zijn voor alle soorten scenario's die kunnen optreden veroorzaakt door vervoer gevaarlijke stoffen. Met een dergelijke maatregel kan naast het waarborgen van de veiligheid van de mensen in de omgeving van het spoor ook het economische belang behartigd blijven. Verder kan er worden opgemerkt dat “plofdaken”, een effectieve maatregel tegen gasexplosies niet zijn toegepast en dat, voor zover bekend, nog geen onderzoek naar het “plofdak” als potentiële beveiligingsmaatregel is uitgevoerd. Onderzoek is nodig omdat een plofdak in principe een goede beveiligingsmethode is, maar de effectiviteit is sterk afhankelijk van verschillende factoren. Derhalve wordt aanbevolen om de plofdakoptie verder te onderzoeken en uit te werken.

Dit hoofdstuk toont duidelijk aan dat maatregelen tegen de warmtestraling/convectie en toxische belasting zeker toepasbaar zijn, terwijl de maatregelen tegen de piekoverdruk veel moeilijker in de praktijk te realiseren zijn. Hierdoor nemen de constructiediktes van gebouwen fors toe. Maatregelen aan het gebouw zijn voor toxische stoffen zeer effectief. Deze kunnen er voor zorgen dat, ongeacht het effectgebied, de toxische belastingen klein worden, zodat het risico voor mensen in het gebouw veel kleiner is dan zonder maatregelen. Maatregelen tegen de warmtestraling van de BLEVE, die op een grotere afstand van de calamiteit vandaan maatgevend is voor het aantal slachtoffers ten opzichte van de piekoverdruk, kunnen slechts aan gebouwen getroffen worden in verband met de (grote) omvang van de vuurbal. Desalniettemin is het relevant om maatregelen te treffen tegen de piekoverdruk, wil men dicht bij het spoor bebouwing realiseren. Bij een BLEVE verandert de warmtestraling nauwelijks voor de eerste 100 meter van de calamiteit vandaan. Het is de vraag of bij bestaande bebouwing dergelijke maatregelen reeds zijn getroffen.

De in dit hoofdstuk beschreven maatregelen kunnen en moeten onderling gecombineerd worden. Hierdoor kunnen zij effectiever zijn dan bij toepassing van slechts één op zich zelfstaand maatregel. Verder moeten maatregelen geïntegreerd worden in het ontwerpproces van nieuwbouwprojecten. Een voorbeeld hiervan is het reali-

seren van rijtjeswoningen /verdiepingsbouw met één of twee verzamelvertrekken (zoals beschreven in 1.4.3.2 tegen toxische gassen en een muur voor deze woningen tegen de piekoverdruk. Dit kan eventueel gecombineerd worden met brandwerende gevels tegen de warmtestraling van een BLEVE.

In dit hoofdstuk is getracht om een algemeen beeld te geven over de effectiviteit van maatregelen. Hierbij kon niet altijd één vast getal gegeven worden omtrent de effectiviteit van de maatregel, maar slechts een bandbreedte. Om precieze uitspraken te doen over het reducerend effect bij (combinaties van) maatregelen zijn uitgebreide kwantitatieve berekeningen nodig. Tevens dienen de resultaten en effecten van de maatregelen vergeleken te worden met de investeringskosten van de maatregelen.

Om een algemeen beeld te geven omtrent de kosten van de maatregelen, is er per maatregel een inschatting gemaakt van de investeringskosten (zie ook [16]). Uitgebreid onderzoek is echter noodzakelijk om precieze gegevens hiervan te kunnen benoemen. Derhalve dient het hoofdzakelijk als indicatie van de kosten.

Verder is de haalbaarheid en de tijdstermijn van maatregelen in de navolgende tabel opgenomen.

Overzicht maatregelen

Tabel 1.2: Overzicht maatregelen.

Maatregel	Effectiviteit Warmte-straling	Effectiviteit piekoverdruk	Effectiviteit toxische belasting	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Indicatie Kosten maatregel	Nadelige effecten
Brandwerende betonnen muur langs het spoor	++ (plasbrand) 0 (BLEVE)	0	0	Gemeente	Kort	€ 1,3*10 ⁶ /km	Slecht uitzicht Architecto-nisch niet fraai - slecht uitzicht/overzicht
Plasbeperkende maatregel: "goot" onder het spoor	++ (plasbranden) 0 (BLEVE)	0	0	Pro-Rail	Midden, Lang	€ 10*10 ⁶ /km	
Verdiept aanleggen van het spoor	++ (plasbranden) +(BLEVE)	++	0	Pro-Rail	Lang	€ 50*10 ⁶ /km	
"Normaal" overkappen van de sporen	++	-	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 40*10 ⁶ /km	Explosie in tunnel
Ondertunnelen van goederen spoor	+	+	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 110* 10 ⁶ /km	In praktisch Moeilijk realiseerbaar, explosie in tunnel
Gebouw loodrecht op het spoor	+(plasbranden) 0 (BLEVE)	0	0	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort, midden	Opnemen tijdens ontwerpfase	
Gebouw met functies met lage bezettingsgraad aan zijde spoor (aula, sanitaire voorzieningen)	+(plasbranden) 0 (BLEVE)	0	0	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort, midden	Opnemen tijdens ontwerpfase	Architecto-nisch minder fraai
Brandwerende gevels gebouwen	++ (plasbranden) +(BLEVE)	0	0	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort, midden	€ 200/ m ² gevel oppervlakte	
Funcities met een kleine bezettingsgraad in het gebied vlak langs het spoor (bv. parkeergarages, park)	+	+	+	Gemeente Dordrecht/Zwijndrecht	Kort, midden	€ 10 ⁵ /km	Lage opbrengsten
In "staal" overkappen van goederen spoor	++	++	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 250*10 ⁶ /km	In praktisch Moeilijk realiseerbaar, explosie in tunnel
Zware muur langs spoor	+(plasbranden) 0 (BLEVE)	+	0	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 1,3*10 ⁶ /km	Esthetisch minder fraai

Maatregel	Effectiviteit Warmte-straling	Effectiviteit piekoverdruk	Effectiviteit toxische belasting	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Indicatie Kosten maatregel	Nadelige effecten
Twee betonnen muren naast spoor	+ (plasbranden) 0 (BLEVE)	+	0	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 1,5*10 ⁶ /km	Esthetisch minder fraai
Aarde wal naast spoor in combinatie met betonnen muur	+ (plasbranden) 0 (BLEVE)	+	0	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 2*10 ⁶ /km	Esthetisch minder fraai
Water mitigatie pijp langs spoor	++	+	0	Pro-Rail	Midden	???	
Water over sporen	++	++	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 10 ⁸ /km ???	
Zware muur voor gebouwen	++ (plasbranden) 0 (BLEVE)	++	0	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO, Gemeente	Integreren in ontwerp	Hangt af van geometrie	Zicht belemmerd
Bunkers als gebouwen	++	++	++	Gemeente, BOWOTO	Kort, midden	€50*10 ⁶ / gebouw	Niet realistisch in context stedelijke ontwikkeling
Gebouw ondergronds	++	++	++	Gemeente, BOWOTO	Integreren in ontwerp	€50*10 ⁶ / gebouw	Perceptie mensen
Ronde vorm gebouw	+	+	+	Gemeente, BOWOTO	Integreren in ontwerp	€5*10 ⁶ / gebouw	Werkt bij grote afstand vanaf spoor
Blaas- en explosie resistent glazing	+	+	0	Gemeente, BOWOTO	Kort, midden	€2*10 ⁷ /m ² gevel-oppervlak	Werkt bij grote afstand vanaf spoor
Grote betonnen gevel-elementen, minder voegen + controle voegen	0	0	+	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO, ontwikkelaar	Kort	€ 50,-/m ² geveloppervlak	Architecto-nische beperkingen
Luchtdicht bouwen gecombineerd met ventilatiesysteem	0	0	++	Ingenieurs-bureaus, BOWOTO	Kort	€10 ⁶ , - per gebouw	Veel ruimte per gebouw verloren aan installaties
Gasmaskers	0	0	+	Gemeente	Kort	€ 500,- per masker	Onhandig-heid op den duur Negatieve perceptie

- = Verslechtering IR

++ = Substantiele verbetering IR

0 = geen effect + = Geen verbetering IR

Bepaling kosten deels door [14]

BOWOTO = Bouw en Woning Toezicht

1.6 Literatuur

[1]

Suddle, S.I., Th. S. de Wilde, B.J.M. Ale, The 3rd dimension of risk contours in multiple use of space, *Proceedings of Congress 23rd ESReDA SEMINAR 2002 on Decision Analysis: Methodology and Applications for Safety of Transportation and Process Industries*, Delft University, The Netherlands, November 18 - 19, 2002, 12 pp.

[2]

Baker, W.E., P.A. Cox, P.S. Westine, J.J. Kulesz & R.A. Strehlow, *Explosion hazards and evaluation*. Amsterdam, Elsevier, 1983, 807 pp.

[3]

Johnson, N.F., *European Blast Resistant Glazing Standards The shock tube and range tests compared*, Glass in Building, CWCT, University of Bath, March, 1999, pp. 263 – 268.

[4]

Suddle, S.I., Beoordeling veiligheid bij Meervoudig Ruimtegebruik, *Cement*, Volume 54, no. 1/2002, februari 2002, pp. 73 - 78.

[5]

Cooper, Paul W. & Kurowski, Stanley R., *Introduction to the technology of explosives*, Cambridge: VCH, 1996, 204 pp.

[6]

A.C. van der Linden, *Bouwfysica*, 5e dr, 2e opl, Utrecht, Thieme Meulenhoff, 2000, ISBN 90-212-9114-2, 283 pp.

[7]

Taylor, J.R., *Risk Analysis for Process Plant, Pipelines and Transport*, St. Edmundsbury Press, Denmark, First edition, 1994, 449 pp.

[8]

Jap A Joe, K.E., T. Wiersma & M. Molag, *Veiligheidsstudie spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht, Interimrapportage 3*, TNO-MEP, R 2003

[9]

NEN 6069:1997 *Experimentele bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen*.

[10]

NEN 6072, *Rekenkundige bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen, staalconstructies*.

[11]

Brainstorm TNO-TU Delft, 20 mei 2003, met mw.ir. M. Nelisse, ir. A. van Doormaal, ir. M. Vullings, ing. B. Knol, ir. S.I. Suddle.

[12]

www.multiplespaceuse.com

[13]

Saleh, A. & H. Adeli, *Optimal control of adaptive building structures under blast loading*, Mechatronics, Volume 8, 1998, pp. 821 - 844.

[14]

Eenhedsprijzen van D3BN voor diverse werken, D3BN, Den Haag, januari 2001.

[15]

Suddle, S.I., *Kan Meevoudig Meer Veilig?*, Congresverslag, De Ondergrondse & TU Delft, ISBN 90-9016076-0, juni 2002, 68 pp.

[16]

Inpassing van Rijkswegen in stedelijke omgeving, Een vergelijking van zeven technische mogelijkheden, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Bouwdienst Rijkswaterstaat, 26 april 1996, 52 pp.

[17]

Onderzoek vervoer gevaarlijke stoffen door tunnels, Samenvattend Rapport, Rijkswaterstaat Directie Sluizen en Stuwen, Utrecht/ Openbare werken Bruggenbureau, Brussel, september 1982, 39 pp.

[18]

Quick Scan gevolgen Beleidsvernieuwing Externe Veiligheid, Ministerie van VROM, Directoraat-Generaal Milieubeheer, 9 januari 2002.

[19]

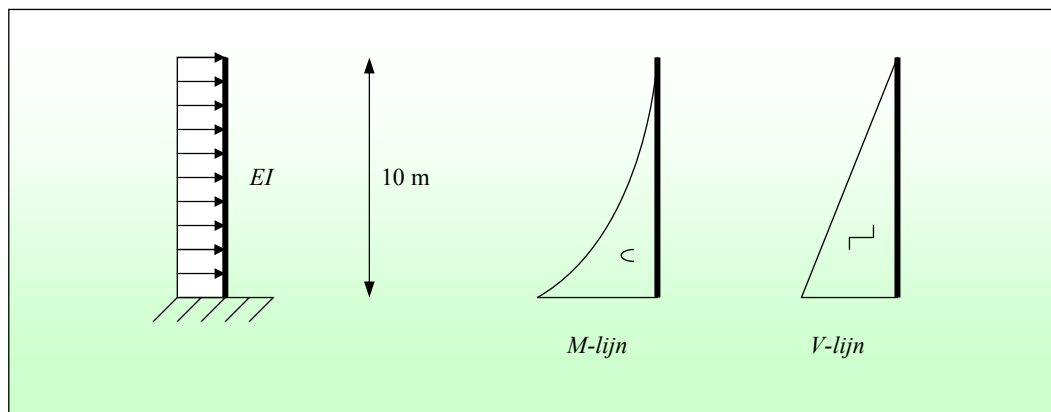
Berg, A.C. van den, M.P.M. Rhijnsburger, J. Weerheijm, *Vuistregels voor explosiebelasting en respons van verkeertunnels*, TNO-rapport PML 2001-C121, Rijswijk, 121 pp.

[20]

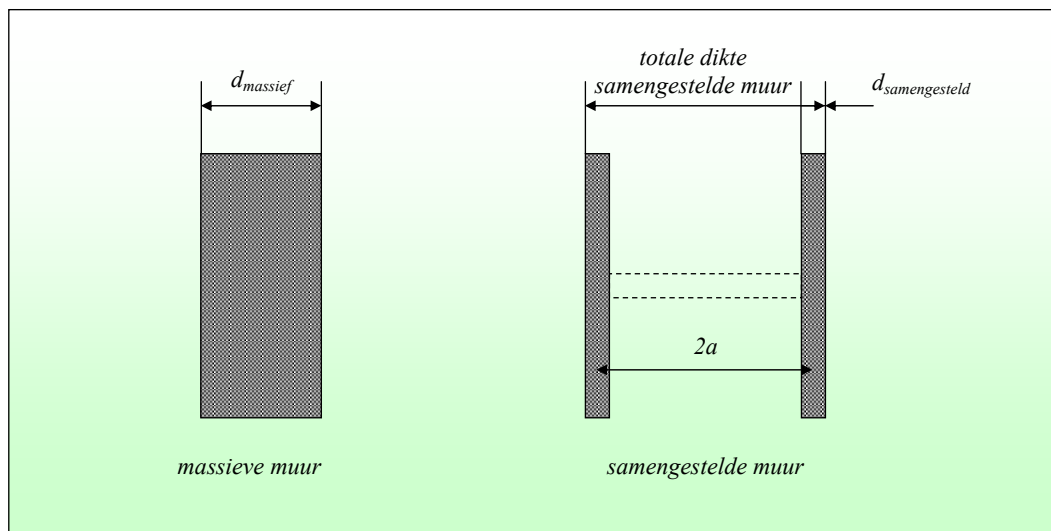
<http://www.myglaverbel.com/>

Bijlage 1b Berekeningen muur tegen piekoverdruk

Schematisering muur



Massieve en samengestelde muur



Berekening $x = 17\text{m}$

Uit figuur 7.12 is af te leiden:

p_{inval}	$\approx 47 \text{ kPa}$	(druk invallend)
p_{ref}	$= 110 \text{ kPa}$	(druk reflecterend)
q_{stat}	$= 220 \text{ kPa} = 220 \text{ kN/m}^2$	(quasi-statische druk)

$$M_{d,\max} = \frac{1}{2} q_{\text{stat}} l^2 = \frac{1}{2} \cdot 220 \cdot 10^2 = 11000 \text{ kNm} / m \quad (\text{maximale moment in de fundering})$$

Stel muur is 1 meter dik beton (B95):

$$A_{s,\text{ben}} = 31422 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \quad 25\phi 40 \text{ (zie uitvoer)}$$

$$V_{d,\max} = q_{\text{stat}} l = 220 \cdot 10 = 2200 \text{ kN} \quad (\text{maximale dwarskracht in de fundering})$$

gebruik $\phi 16 - 50$ als dwarskrachtwapening

Indien muur in *staal*;

Bepaling afmetingen in staal:

$$W > \frac{M_{d,\max}}{f_y} = \frac{11000 \cdot 10^6}{435} = 25 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 \quad \Rightarrow \quad h > \sqrt{\frac{6W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 25 \cdot 10^6}{1000}} = 390 \text{ mm}$$

Staaldikte is ongeveer 40 cm!!!

Indien muur *samengesteld*

$$d \geq \frac{W}{2a \cdot 1000} = \frac{25 \cdot 10^6}{2 \cdot 750 \cdot 1000} = 17 \text{ mm}$$

Berekening x = 25m

Uit figuur 7.12 is af te leiden:

p_{inval}	$\approx 25 \text{ kPa}$	(druk invallend)
p_{ref}	$= 60 \text{ kPa}$	(druk reflecterend)
q_{stat}	$= 120 \text{ kPa} = 120 \text{ kN/m}^2$	(quasi-statische druk)

$$M_{d,\max} = \frac{1}{2} q_{\text{stat}} l^2 = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 10^2 = 6000 \text{ kNm} / m \quad (\text{maximale moment in de fundering})$$

muur kan uitgevoerd worden met minimaal 75 cm dik beton (B95):

$$A_{s,ben} = 23407 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \quad 19\emptyset40 \text{ (zie uitvoer)}$$

$$V_{d,max} = q_{stat}l = 120 \cdot 10 = 1200 \text{ kN} \quad (\text{maximale dwarskracht in de fundering})$$

gebruik $\emptyset16 - 50$ als dwarskrachtwapening

Indien muur in *staal*;

Bepaling afmetingen in staal:

$$W > \frac{M_{d,max}}{f_y} = \frac{6000 \cdot 10^6}{435} = 14 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6}bh^2 \quad \Rightarrow \quad h > \sqrt{\frac{6W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 14 \cdot 10^6}{1000}} = 298 \text{ mm}$$

Staaldikte is ongeveer 30 cm!

Indien muur *samengesteld*

$$d \geq \frac{W}{2a \cdot 1000} = \frac{14 \cdot 10^6}{2 \cdot 500 \cdot 1000} = 14 \text{ mm}$$

Berekening x = 35m

Uit figuur 7.12 is af te leiden:

p_{inval}	$\approx 6 \text{ kPa}$	(druk invallend)
p_{ref}	$= 15 \text{ kPa}$	(druk reflecterend)
q_{stat}	$= 30 \text{ kPa} = 30 \text{ kN/m}^2$	(quasi-statische druk)

$$M_{d,max} = \frac{1}{2}q_{stat}l^2 = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 10^2 = 1500 \text{ kNm} / \text{m} \quad (\text{maximale moment in de fundering})$$

muur kan uitgevoerd worden met minimaal 35 cm dik beton (B95):

$$A_{s,ben} = 11949 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \quad 25\emptyset25 \text{ (zie uitvoer)}$$

$$V_{d,\max} = q_{stat}l = 30 \cdot 10 = 300kN \quad (\text{maximale dwarskracht in de fundering})$$

gebruik $\emptyset 16 - 50$ als dwarskrachtwapening

Indien muur in *staal*;

Bepaling afmetingen in staal:

$$W > \frac{M_{d,\max}}{f_y} = \frac{1500 \cdot 10^6}{435} = 3.4 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6}bh^2 \quad \Rightarrow \quad h > \sqrt{\frac{6W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 3.4 \cdot 10^6}{1000}} = 143 \text{ mm}$$

Staaldikte is ongeveer 15 cm!

Indien muur *samengesteld*

$$d \geq \frac{W}{2a \cdot 1000} = \frac{3.4 \cdot 10^6}{2 \cdot 250 \cdot 1000} = 7 \text{ mm}$$

Berekening x = 45m

Uit figuur 7.12 is af te leiden:

p_{inval}	$\approx 1 \text{ kPa}$	(druk invallend)
p_{ref}	$= 2.5 \text{ kPa}$	(druk reflecterend)
q_{stat}	$= 5 \text{ kPa} = 5 \text{ kN/m}^2$	(quasi-statische druk)

$$M_{d,\max} = \frac{1}{2}q_{stat}l^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 10^2 = 250kNm / m \quad (\text{maximale moment in de fundering})$$

muur kan uitgevoerd worden met minimaal 20 cm dik beton (B95):

$$A_{s,ben} = 4819 \text{ mm}^2/m \quad \Rightarrow \quad 16\emptyset 20 \text{ (zie uitvoer)}$$

$$V_{d,\max} = q_{stat}l = 5 \cdot 10 = 50kN \quad (\text{maximale dwarskracht in de fundering})$$

gebruik $\emptyset 8 - 300$ (praktisch) als dwarskrachtwapening

Indien muur in *staal*;

Bepaling afmetingen in staal:

$$W > \frac{M_{d,\max}}{f_y} = \frac{250 \cdot 10^6}{435} = 574 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6}bh^2 \quad \Rightarrow \quad h > \sqrt{\frac{6W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 574 \cdot 10^3}{1000}} = 59 \text{ mm}$$

Staaldikte is ongeveer 6 cm!

Indien muur *samengesteld*

$$d \geq \frac{W}{2a \cdot 1000} = \frac{574 \cdot 10^3}{2 \cdot 125 \cdot 1000} = 2.3 \text{ mm}$$

Bepaling wapeningshoeveelheden in betonmuur.

WAPHSB

Auto

W20000-b1z 01
26-06-2003

CORSMIT RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU b.v.

BEREKENING BALKWAPENING (VBC 1990)

BETONKWALITEIT B95
STAALKWALITEIT FEB500
MILIEU-KLASSE 2

NR	HOOGTE	BRE-EDTE	DEKKING				Mperm	Mrep	Mu	WAPENING		EI rep.
			OH	OB	BH	BB				Hwap	Bwap	
---	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN.m	kN.m	kN.m		kN.m2	
1	1000	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	110E2	OR 1 + OR 0	31422	
2	1000	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	110E2	25B40 + OR 0	0.00E+0	
3	0750	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	600E1	OB 1 + OR 0	23407	
4	0750	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	600E1	19B40 + OR 0	0.00E+0	
5	0400	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	150E1	OB 1 + OR 0	11949	
6	0400	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	150E1	25B25 + OR 0	0.00E+0	

PAGE 1

GEBRUIK DE PIJLTJESTOETSEN.

F1= F3= F4= F5= F6=
HELP HOOFDMENU BEWAREN PRINTEN OPHALEN

WAPHSB

Auto

NR	HOOGTE	BRE-EDTE	DEKKING				Mperm	Mrep	Mu	WAPENING		EI rep.
			OH	OB	BH	BB				Hwap	Bwap	
---	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN.m	kN.m	kN.m		kN.m2	
7	0200	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	250.0	OR 1 + OR 0	4819	
8	0200	1000	50	50	50	50	+000.0	+000.0	250.0	16R20 + OR 0	0.00E+0	

PAGE 2

GEBRUIK DE PIJLTJESTOETSEN.

F1= F3= F4= F5= F6=
HELP HOOFDMENU BEWAREN PRINTEN OPHALEN

Bijlage 1c Toelichting kostenindicatie

Als voorbeeld worden een aantal varianten toegelicht hoe de kosten zijn bepaald. Voor zover niet anders is aangegeven worden de kosten uitgedrukt in miljoenen euro's per km.

Tunnel

Volgens [16] bedragen de kosten van de tunnel met onderwaterbeton ca 50 miljoen euro per km. De totale raming luidt:

Bouwkuip	50,0
Vloer, wanden en dak	40,0
Verharding en voorzieningen	5,0
Elektromechanische voorzieningen	15,0
<u>Totaal</u>	<u>110,0</u>

In [16] worden kentallen gegeven voor de kosten van boortunnels, deze bedragen ongeveer € 175.000.000,= per kilometer. Terwijl de Noord-Zuidlijn in Amsterdam is uitgevoerd voor gemiddeld € 100.000.000,= per kilometer

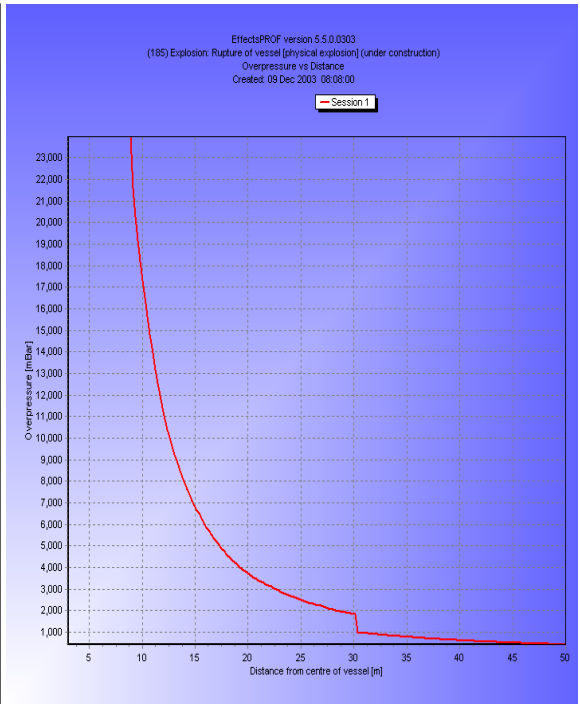
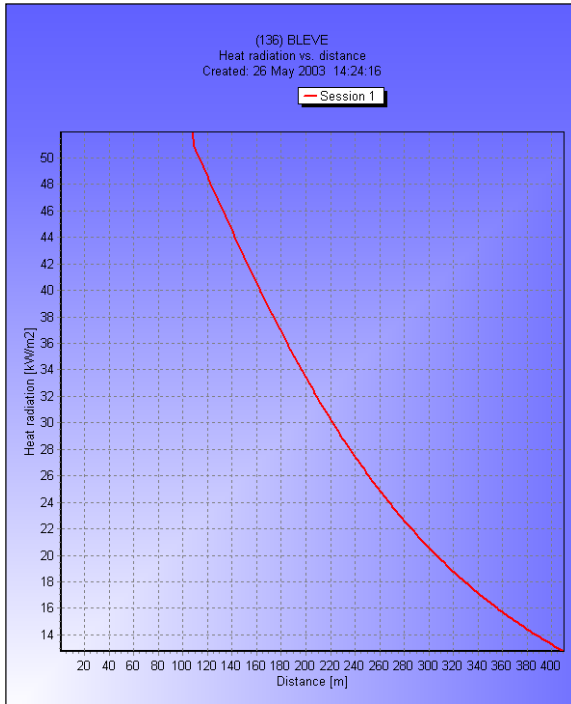
Verdiept aanleggen

In [16] wordt gebruik gemaakt van de raming uit een voorstudie voor een reëel project.

U-polder	45,0
Verharding en voorzieningen	5,0
<u>Totaal</u>	<u>50,0</u>

Bijlage 2 Effectberekeningen voor representatieve scenario's

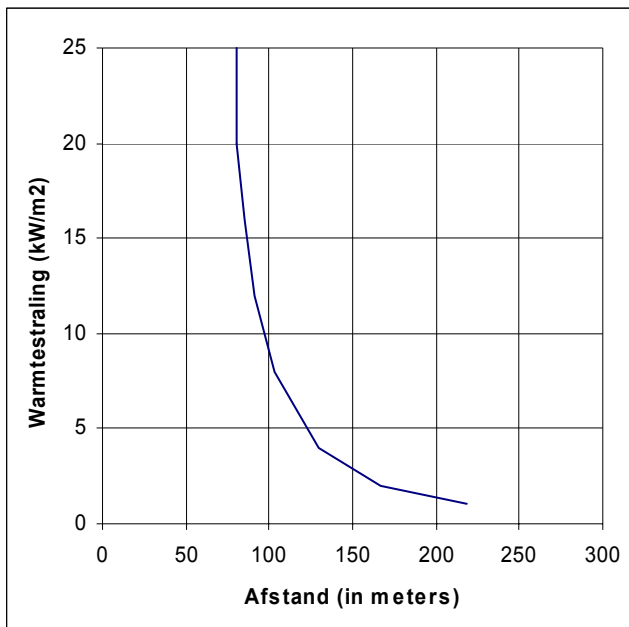
Warme BLEVE categorie A (duur BLEVE: 14,046 seconden)



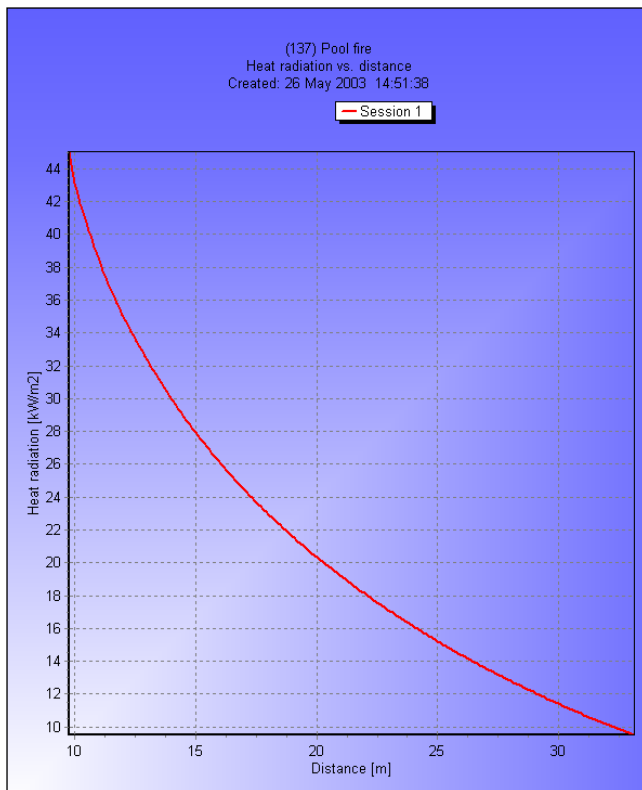
Koude BLEVE categorie A (duur BLEVE: 14,046 seconden)



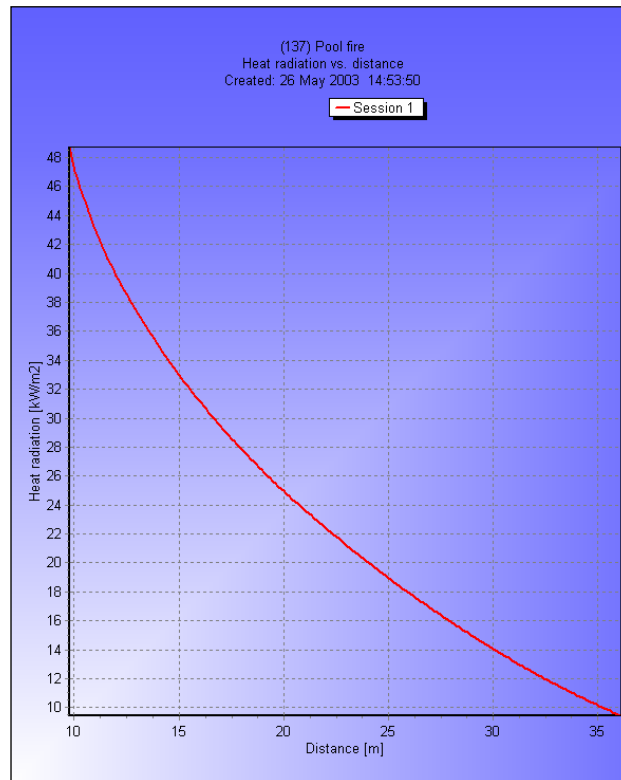
Fakkels categorie A, blootstellingsduur 20 seconden



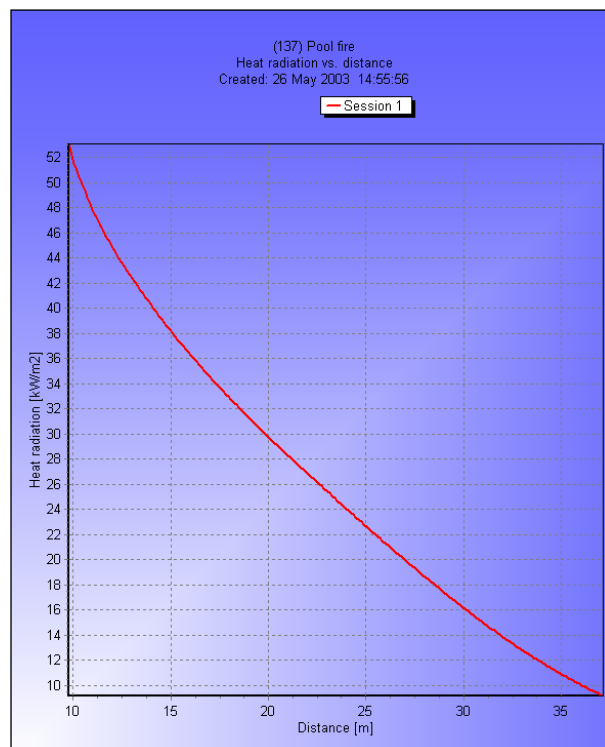
Plasbrand categorie C3, kleine uitstroming, windsnelheid = 1,5 m/s, blootstellingsduur: 20 seconden



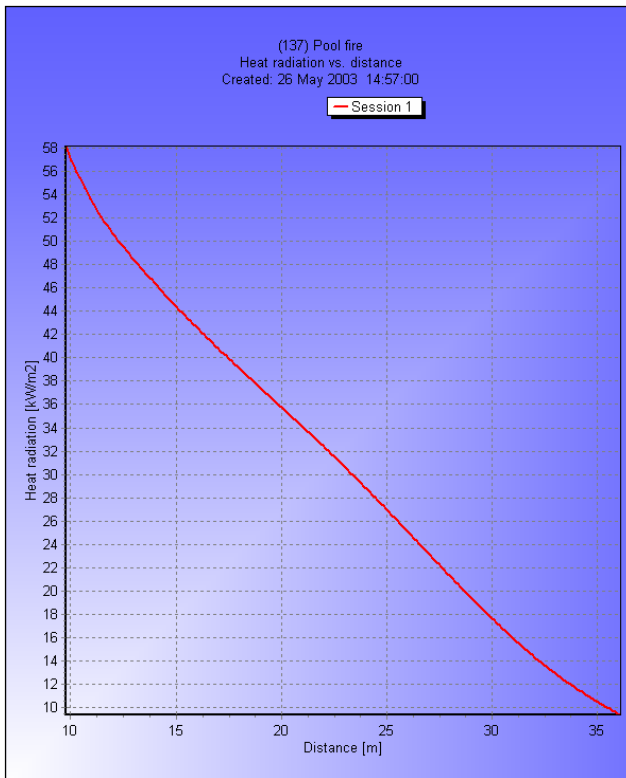
Plasbrand categorie C3, kleine uitstroming, windsnelheid = 3 m/s, blootstellingsduur: 20 seconden



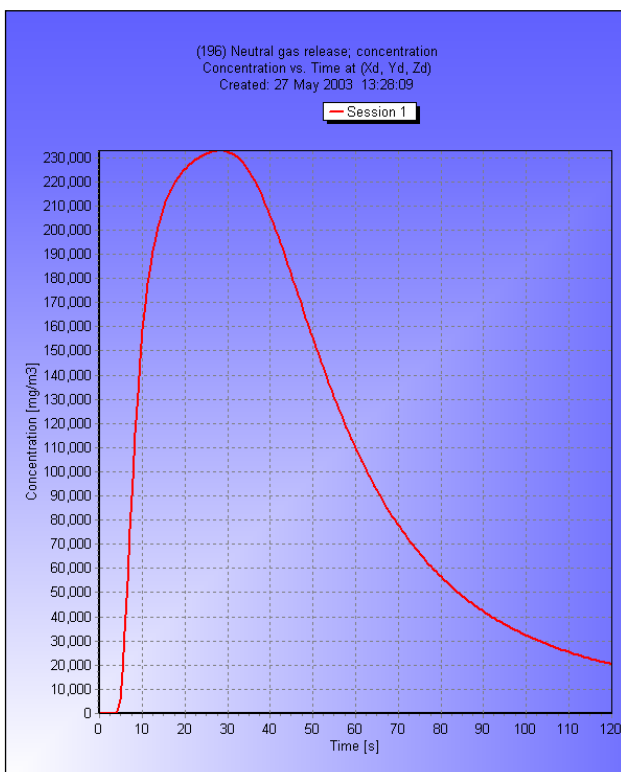
Plasbrand categorie C3, kleine uitstroming, windsnelheid = 5 m/s, blootstellingsduur: 20 seconden



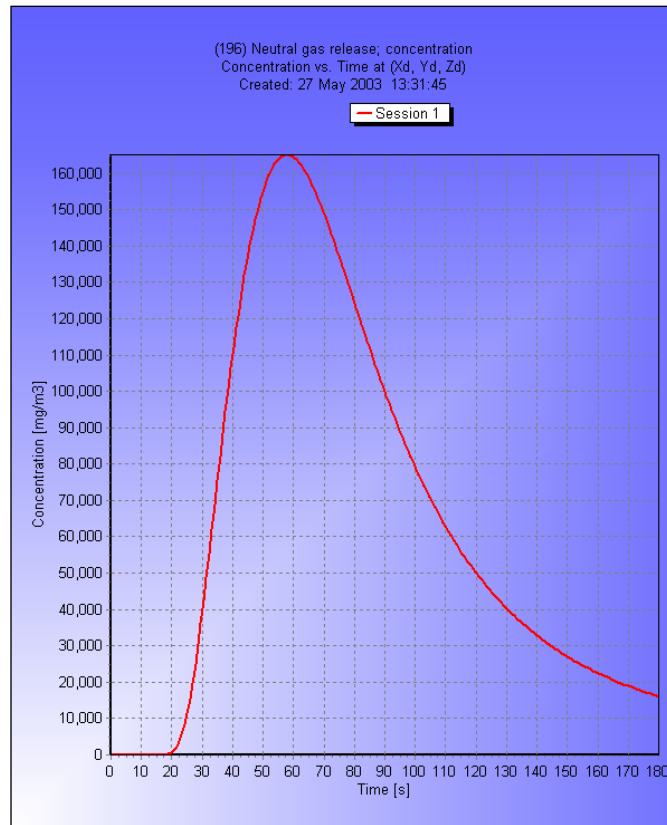
Plasbrand categorie C3, kleine uitstroming, windsnelheid = 9 m/s, blootstellingsduur: 20 seconden



B2 (Ammoniak), instantane uitstroming, op 50 meter afstand bij F1,5



B2 (Ammoniak), instantane uitstroming, op 100 meter afstand bij F1,5



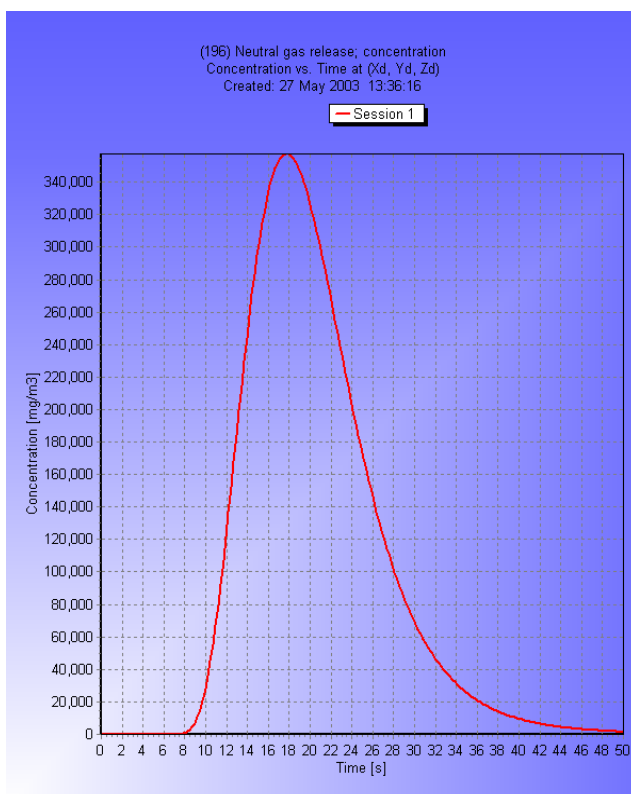
B2 (Ammoniak), instantane uitstroming, op 200 meter afstand bij F1,5



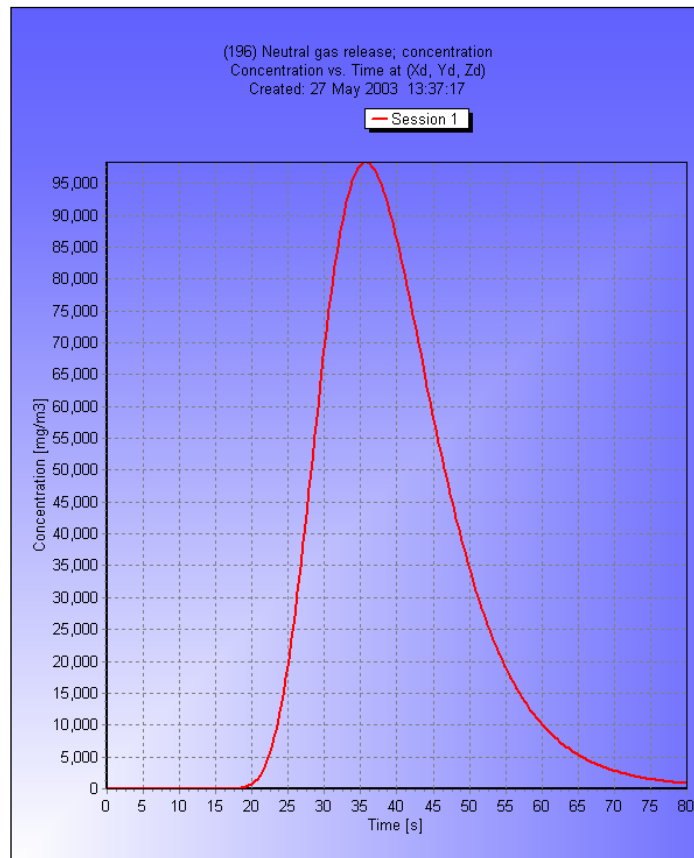
B2 (Ammoniak), instantane uitstroming, op 50 meter afstand bij D5



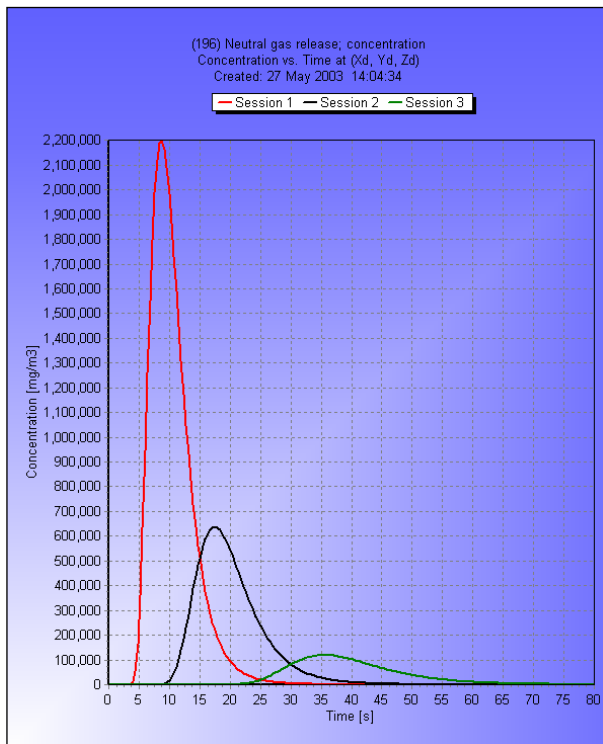
B2 (Ammoniak), instantane uitstroming, op 100 meter afstand bij D5



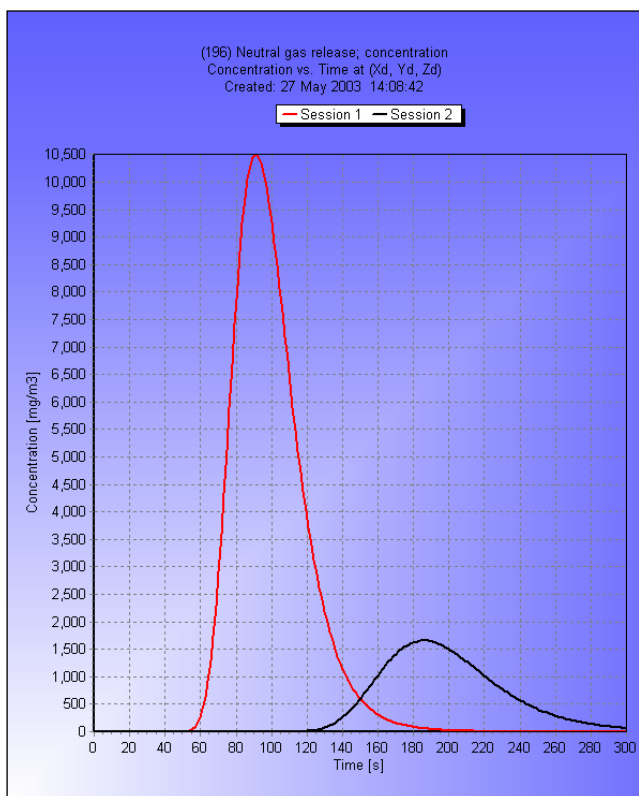
B2 (Ammoniak), instantane uitstroming, op 200 meter afstand bij D5



Chloor, instantane uitstroming, op 50, 100, 200, 500 en 1000 meter afstand bij D5

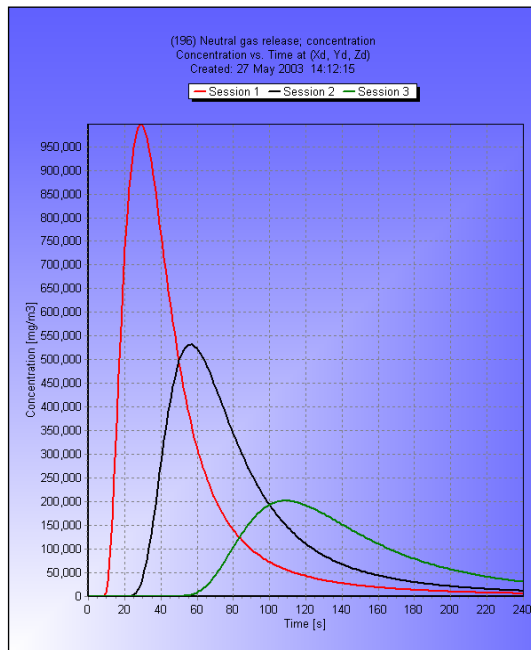


50 (rood), 100 (zwart) en 200 (groen)

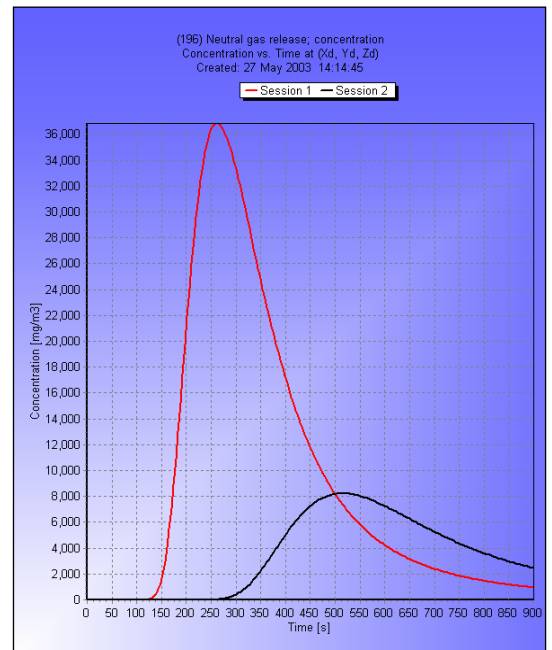


500 (rood) en 1000 (zwart)

Chloor, instantane uitstroming, op 50, 100, 200, 500 en 1000 meter afstand bij F1,5

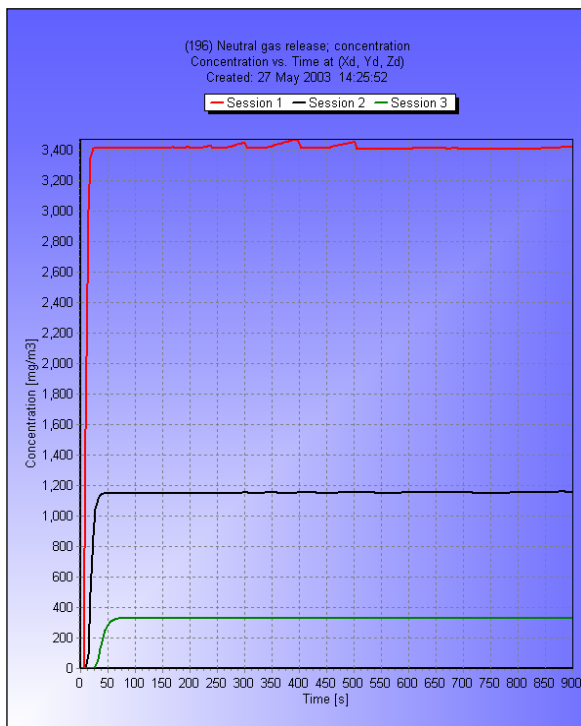


50 (rood), 100 (zwart) en 200 (groen)



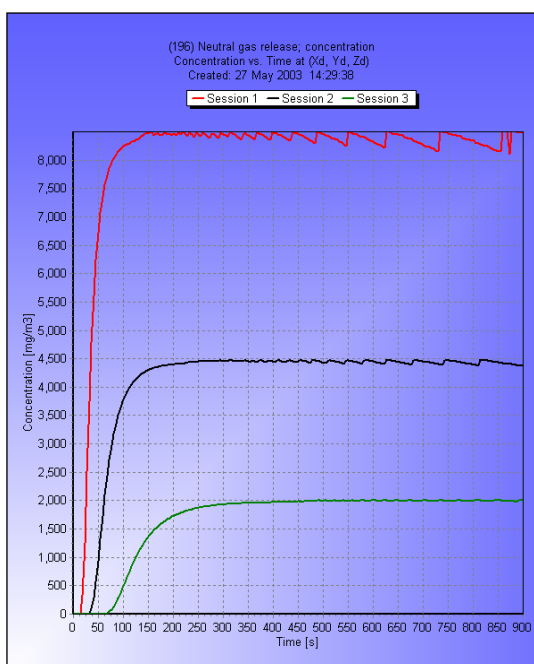
500 (rood) en 1000 (zwart)

D4 (waterstoffluoride), grote uitstroming, op 50, 100, 200 meter afstand bij D5



50 (rood), 100 (zwart) en 200 (groen)

D4 (waterstoffluoride), grote uitstroming, op 50, 100, 200 meter afstand bij F1,5

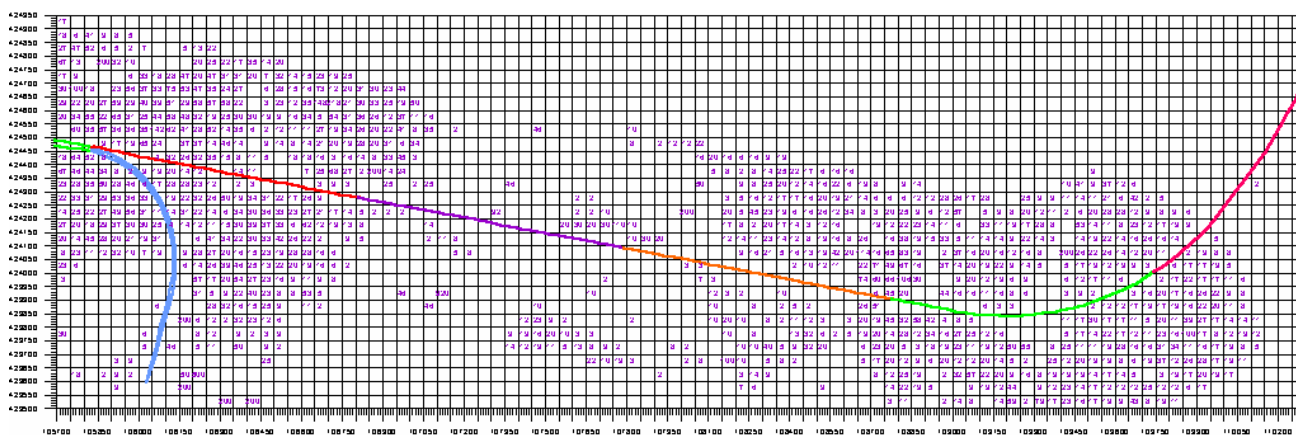


50 (rood), 100 (zwart) en 200 (groen)

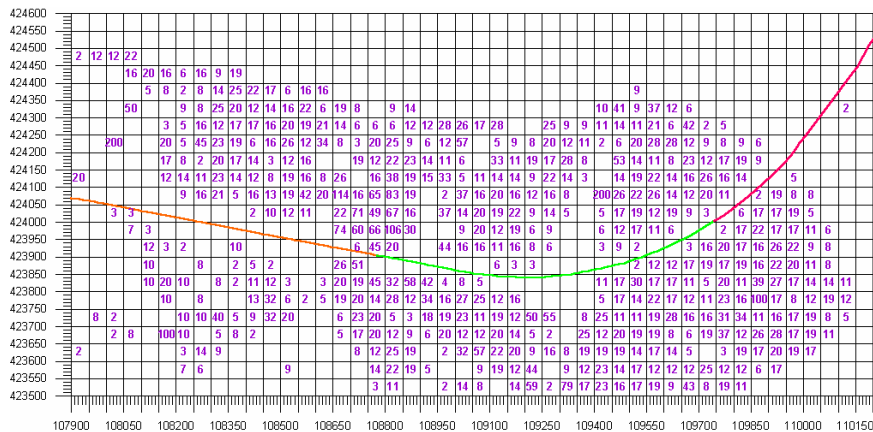
Bijlage 3 Overzicht van de gebruikte bevolkingsgegevens

In de onderstaande figuren is aangegeven met welke aanwezigheidsgegevens is gerekend. Hierbij zijn vakjes van 50x50 meter opgesteld, en is in de vakjes het aantal aanwezigen weergegeven. Er zijn gegevens voor de dag en de nachtsituatie opgesteld, voor de huidige situatie en de situatie in 2010, waarbij de vingerende bestemmingsplannen zijn uitgevoerd.

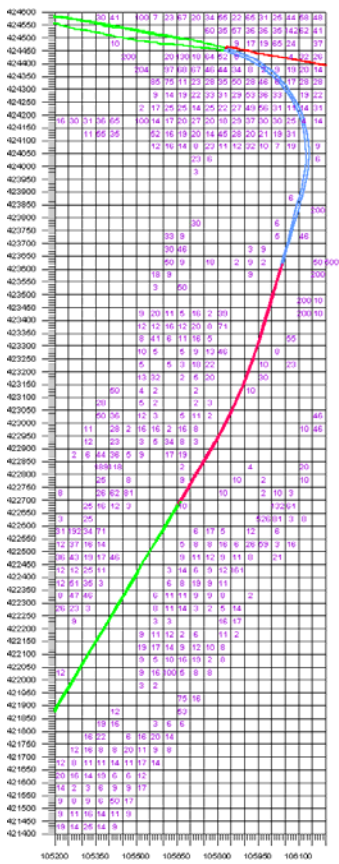
Bevolkingsgegevens Dordrecht, Nu



Figuur 1 Station Dordrecht, dagsituatie (Nu)

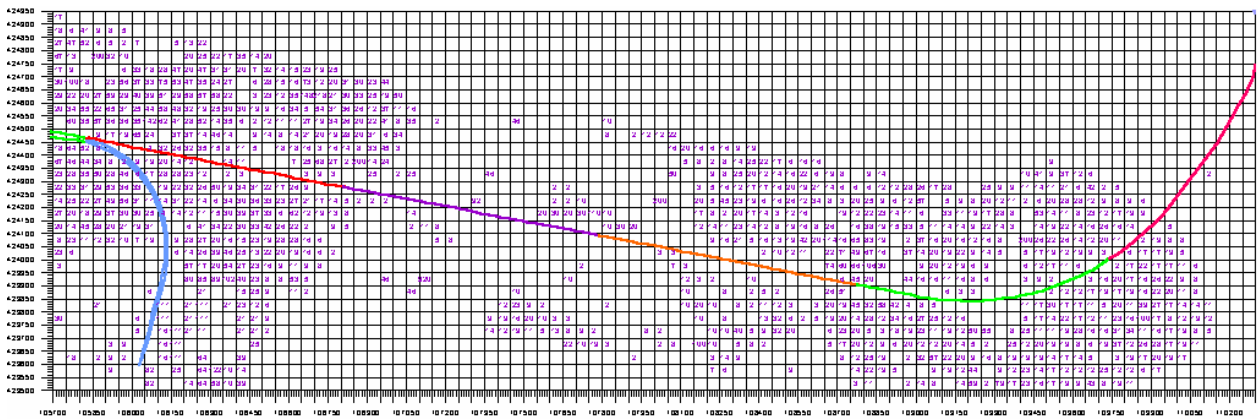


Figuur 2 Du Pont – Dordrecht, dagsituatie (Nu)

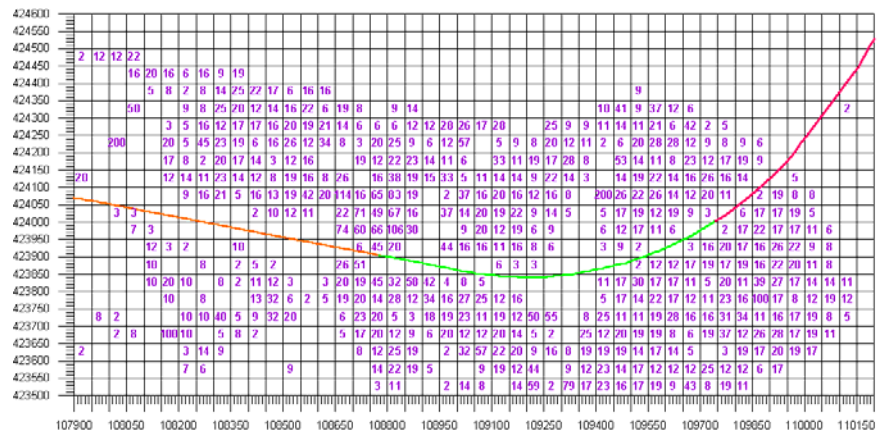


Figuur 3 Lage Zwaluwe – Dordrecht, dagsituatie(Nu)

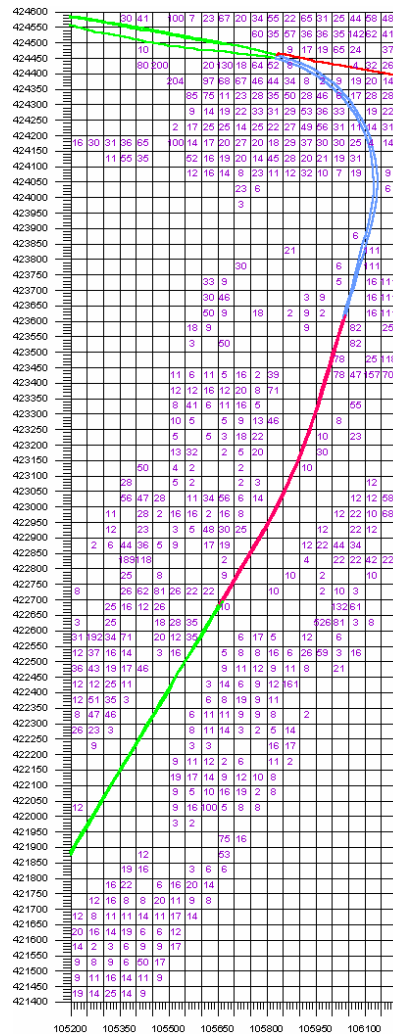
Bevolkingsgegevens Dordrecht, 2010



Figuur 4 Station Dordrecht, dagsituatie (2010)

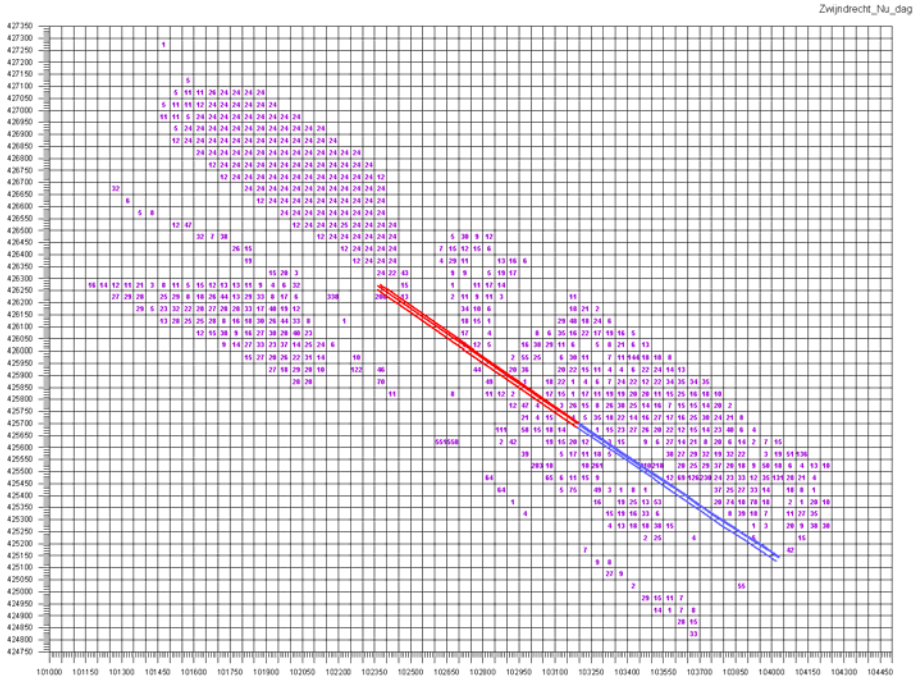


Figuur 5 Du Pont – Dordrecht, dagsituatie (2010)



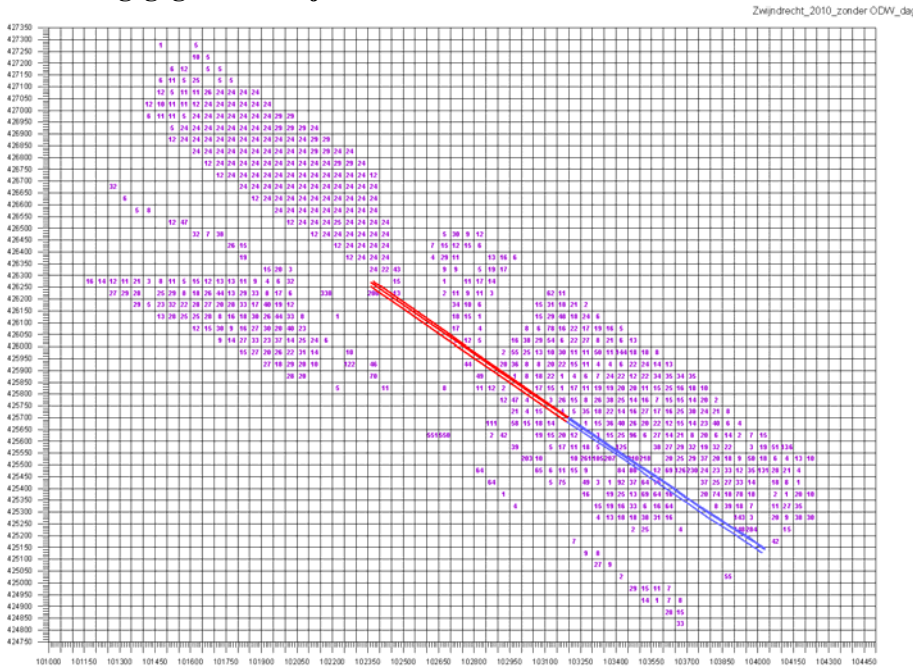
Figuur 6 Lage Zwaluwe – Dordrecht, dagsituatie (2010)

Bevolkingsgegevens Zwijndrecht, Nu

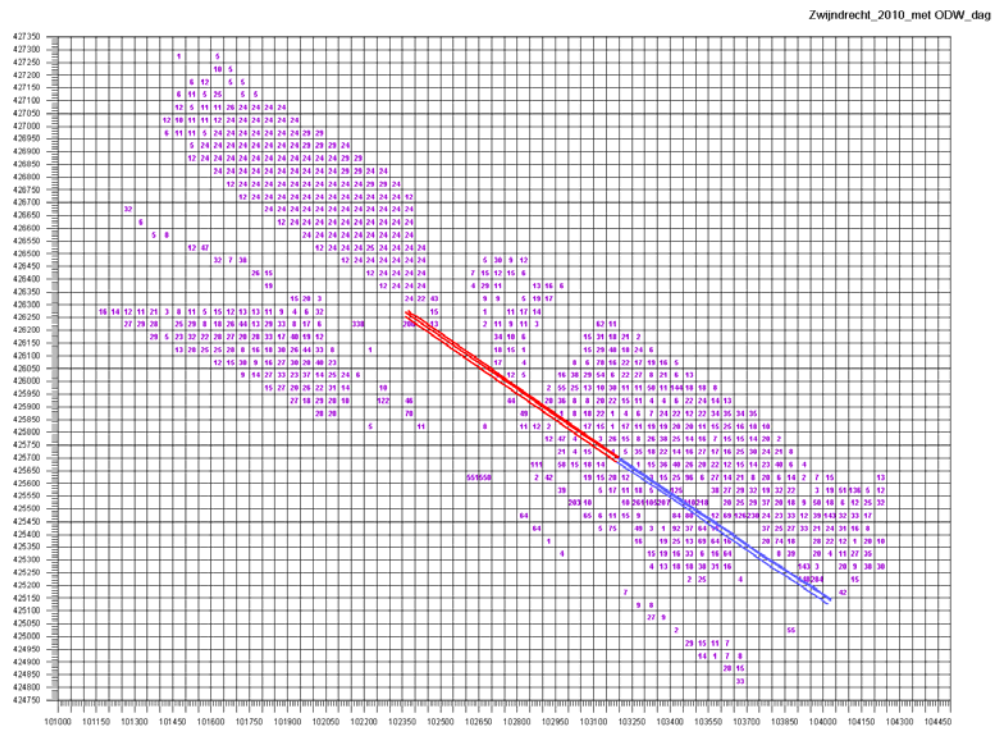


Figuur 7 Zwijndrecht, dagsituatie (nu)

Bevolkingsgegevens Zwijndrecht, 2010



Figuur 8 Zwijndrecht, dagsituatie (2010)



Figuur 9 Figuur 10 Zwijndrecht, dagsituatie (2010 inclusief onderdijkse rijweg)

Aantal aanwezigen gedurende de dag na realisering bestemmingsplan Ufkesterrein



Bijlage 4 Gebruikte weersgegevens voor de kwantitatieve risicoanalyse

Tabel 0-1 Verdeling over de weersklassen

Verdeling		Windrichting en stabiliteitsklasse ¹⁶ verdeling [%]					
		klasse B 3 m/s	klasse D 1,5 m/s	Klasse D 5 m/s	klasse D 9 m/s	klasse E 5 m/s	klasse F 1,5 m/s
Dag [%]	33	8,2	3,7	10,3	11,2	0,0	0,0
Nacht [%]	67	0,0	7,7	18,0	21,2	8,0	11,8
windrichting	sector						
Noord	6	8,9	7,3	6,4	4,1	7,0	10,6
	7	8,0	5,7	4,8	4,2	5,8	5,9
	8	11,7	6,9	7,6	8,7	10,1	7,2
Oost	9	11,9	7,7	8,1	6,5	13,7	8,7
	10	6,4	6,5	5,4	2,3	7,0	7,7
	11	5,3	9,2	8,3	4,6	10,6	9,1
Zuid	12	6,8	12,3	12,7	8,7	11,0	11,9
	1	6,7	10,1	14,2	17,3	11,6	7,7
	2	8,3	11,1	10,8	18,2	8,5	9,9
West	3	11,2	9,6	9,0	11,9	5,6	7,1
	4	9,8	6,8	6,4	7,8	4,1	5,8
	5	5,0	6,8	6,3	5,8	5,2	8,3

Aangezien chloor alleen 's nachts wordt vervoerd, wordt hiervoor uitgegaan van de weergegevens voor de nachtsituatie.

Tabel 0-2 Verdeling over de weersklassen voor het chloortransport ('s nachts)

Verdeling		Windrichting en stabiliteitsklasse verdeling [%]					
		klasse B 3 m/s	klasse D 1,5 m/s	Klasse D 5 m/s	klasse D 9 m/s	klasse E 5 m/s	klasse F 1,5 m/s
Dag [%]	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nacht [%]	100	0,0	11,5	27,1	31,8	11,9	17,6
windrichting	sector						
Noord	6	0,0	7,2	5,9	3,2	7,0	10,6
	7	0,0	4,8	4,6	4,2	5,8	5,9
	8	0,0	6,5	7,9	9,8	10,1	7,2
Oost	9	0,0	7,8	8,9	6,9	13,7	8,7
	10	0,0	7,5	5,9	2,1	7,0	7,7
	11	0,0	9,9	10,1	5,7	10,6	9,1
Zuid	12	0,0	13,1	13,9	9,4	11,0	11,9
	1	0,0	10,3	15,3	18,8	11,6	7,7
	2	0,0	10,8	9,8	16,6	8,5	9,9
West	3	0,0	8,3	6,5	11,3	5,6	7,1
	4	0,0	6,3	5,0	7,4	4,1	5,8
	5	0,0	7,5	6,1	4,6	5,2	8,3

¹⁶ Stabiliteitsklassen: B: instabiel weer, D: neutraal weer, E stabiel weer, F: zeer stabiel weer.