

Beleidsimplicaties van aandachtsgebieden langs tunnels



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2023

Auteurs	J. Reinders en B. Riemersma
Contactpersoon	J. Reinders
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Datum	1 november 2023
Foto cover	Shutterstock

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Inhoud

Inleiding	5
Doel van het onderzoek	5
Onderzoeksvragen	5
Onderzoeksaanpak	6
Leeswijzer	6
1 Wettelijk kader aandachtsgebieden langs tunnels	7
1.1 Inleiding	7
1.2 Definities	7
1.3 Huidige regelgeving (tot en met 31-12-2023)	9
1.4 Toekomstige regelgeving (vanaf 01-01-2024)	10
2 Fysische effecten	13
2.1 Scenario's	13
2.2 Aandachtsgebieden	15
2.3 Effecten	16
2.3.1 Incident en effecten in de buitenlucht	16
2.3.2 Incident in tunnel / effect parallel aan (naast) tunnel	17
2.3.3 Incident in tunnel / effect bij tunnelmond	18
2.3.4 Incident in tunnel of tunnelopening / effect bij openingen	19
3 Discussie	21
3.1 Gesloten tunneldelen	21
3.2 Tunnelmonden en andere tunnelopening	21
4 Beleidsopties voor aandachtsgebieden en voorschriftgebieden	22
4.1 Beleidsoptie 1: Geen aandachtsgebieden	22
4.2 Beleidsoptie 2: Aandachtsgebieden, maar geen verplichting tot voorschriftgebied	23
4.3 Beleidsoptie 3: Aandachtsgebieden met verplichting tot voorschriftgebied	24
5 Conclusies	25
Literatuurlijst	27
Bijlage 1: Overzicht Wet- en Regelgeving	28
Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt)	28
Artikel 3 (Plaatsgebonden Risico)	28
Artikel 8 (Groepsrisico, verantwoording)	28
Artikel 10 (Groepsrisico, Plasbrandaandachtsgebieden)	29
Regeling Basisnet	29
4.2.1. Artikel 16	29
Bouwbesluit	30
Hoofdstuk 2	30
Regeling Bouwbesluit	30
Artikel 2.4.	30

Artikel 2.5	30
Artikel 2.6	30
Artikel 2.7	30
Artikel 2.8	31
Artikel 2.9	31
Besluit kwaliteit leefomgeving	31
Artikel 5.7 (plaatsgebonden risico: kwetsbare gebouwen en locaties en zeer kwetsbare gebouwen)	31
Artikel 5.12 (aandachtsgebieden voor externe veiligheidsrisico's: categorieën)	31
Artikel 5.13 (aandachtsgebieden voor externe veiligheidsrisico's: begrenzing)	32
Artikel 5.14 (aandachtsgebieden en brand- en explosievoorschriftengebieden)	32
Artikel 5.15 (aandachtsgebieden voor externe veiligheidsrisico's: groepsrisico)	33
Besluit bouwwerken leefomgeving	33
Artikel 4.90 (aansturingsartikel)	33
Artikel 4.91 (brandwerendheid)	34
Artikel 4.92 (brandklasse buitenoppervlak)	34
Artikel 4.93 (brandklasse dak)	34
Artikel 4.94 (vluchtroute)	34
Artikel 4.95 (sterkte bij brand)	34
Artikel 4.96 (scherfwerking)	35
Bijlage 2: Overzicht huidige plasbrandaandachtsgebieden	36
Overzicht plasbrandaandachtsgebieden Basisnet weg	36
Overzicht plasbrandaandachtsgebieden Basisnet spoor	38
Bijlage 3: Overzicht Fysische Effecten	39

Inleiding

Doel van het onderzoek

In Nederland worden gevaarlijke stoffen vervoerd. Dit transport, alsook de gebiedsontwikkeling rondom het transport, is onderhevig aan wet- en regelgeving om de veiligheid te borgen. Van groot belang hierbij is het Basisnet, de aangewezen transportroutes voor gevaarlijke stoffen. Gebouwen en locaties rondom het Basisnet dienen, afhankelijk van hun bestemming en locatie, te voldoen aan bepaalde bouwvoorschriften. Belangrijke parameters hierbij zijn de mate van kwetsbaarheid van gebouwen en locaties, en of deze zich al dan niet in aandachtsgebieden bevinden.

Dit onderzoek richt zich op de noodzaak van aandachtsgebieden langs het Basisnet in gebieden parallel aan tunnels. Met de invoering van de Omgevingswet op 1 januari 2024 komen er langs het gehele Basisnet aandachtsgebieden te liggen. Binnen deze aandachtsgebieden moeten locaties met zeer kwetsbare gebouwen als voorschriftengebied worden aangewezen. Dit geldt in principe ook voor (beperkt) kwetsbare locaties of gebouwen, al kan het lokaal bevoegd gezag hier gemotiveerd van afwijken. Deze maatregelen hebben tot doel de veiligheid van de leefomgeving te waarborgen. In de huidige regelgeving gelden hierop bepaalde uitzonderingen voor gebieden die gelegen zijn parallel aan tunnels, met als reden dat tunnels genoeg bescherming bieden tegen de effecten van eventuele incidenten in de tunnels.

Het doel van dit onderzoek is tweeledig. Ten eerste moet het bepalen of een tunnel bescherming biedt tegen fysische effecten van een ongeval met gevaarlijke stoffen (denk aan brand, toxiciteit, druk of brokstukken). Ten tweede geeft het onderzoek aan wat de implicaties voor de veiligheid zijn van de drie door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat voorgestelde mogelijke opties voor het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl). Deze drie opties zijn:

1. geen aandachtsgebieden parallel aan tunnels
2. aandachtsgebieden zonder verplichte voorschriftengebieden parallel aan tunnels
3. aandachtsgebieden met verplichte voorschriftengebieden parallel aan tunnels.

Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen zullen worden beantwoord:

1. Welke fysische effecten kunnen in de leefomgeving (externe veiligheid) buiten de tunnel optreden als gevolg van ongevallen met gevaarlijke stoffen binnen de tunnel?
2. Wat betekent dit voor de aandachts- en voorschriftgebieden in de omgevingswet en de daarin gehanteerde veiligheidscriteria in het gebied parallel aan de tunnel?
3. Wat betekent dit voor elk van de drie door het ministerie voorgestelde mogelijke opties voor het wijzigingsbesluit Bkl?

Onderzoeksaanpak

Voor dit onderzoek is een aantal gesprekken met belanghebbenden gevoerd en is (grijze) literatuur bestudeerd. Op verzoek van het ministerie zijn er gesprekken gevoerd met deskundigen van ProRail, Veiligheidsregio Midden-West Brabant, Rijkswaterstaat en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Doel van de gesprekken was informatie te vergaren over de omgevingsveiligheid langs het Basisnet in de gebieden parallel aan tunnels. Alle betrokken partijen is gevraagd om te reflecteren op de noodzaak van aandachtsgebieden.

Parallel hieraan heeft een studie plaatsgevonden van relevante grijze literatuur (rapporten van onder andere TNO, AVIV, SAVE), alsook relevante wet- en regelgeving (van zowel de huidige als de toekomstige situatie). Tevens heeft er een korte scan plaatsgevonden van wetenschappelijke literatuur, waarbij de focus lag op mogelijk nieuwe inzichten ten aanzien van tunnel(omgevings)veiligheid en modellering hiervan.

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 geeft het wettelijk kader inclusief benodigde definities, en hoofdstuk 2 gaat in op de relevante fysische effecten. Hoofdstuk 3 weidt uit over enkele aandachtspunten met betrekking tot de veiligheid parallel aan tunnels. Hoofdstuk 4 beschouwt de drie voorgestelde opties. Hoofdstuk 5 ten slotte bevat conclusies. Ook zijn 3 bijlages toegevoegd, met een overzicht van de wet- en regelgeving en van de huidige plasbrandaandachtsgebieden.

1 Wettelijk kader aandachtsgebieden langs tunnels

1.1 Inleiding

Dit hoofdstuk duidt de vigerende regelgeving voor het aanwijzen van aandachtsgebieden parallel aan tunnels. Na enkele definities (paragraaf 1.2) worden in paragraaf 1.3. de kaders geschetst zoals deze gelden tot en met het kalenderjaar 2023. Paragraaf 1.4. beschrijft de veranderingen zoals deze optreden bij het in werking treden van de Omgevingswet op 1 januari 2024. In paragraaf 1.5 zijn de huidige en nieuwe regels samengevat.

1.2 Definities

Een sluitende definitie voor een tunnel ontbreekt in de geraadpleegde literatuur (RIVM, 2017; SAVE, 1998; TNO, 2011). In dit rapport volgen we de definitie van tunnels zoals deze wordt gehanteerd in de Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels (Warvw). Hier wordt van een tunnel gesproken wanneer er sprake is van een constructie waar het kortst omsloten gedeelte langer is dan 250 meter. De *Handleiding Risicoanalyse Transport* (RIVM, 2017) houdt deze definitie ook aan voor wegtunnels en voor spoortunnels. Aan weerszijden van een tunnel bevinden zich de twee tunnelmonden. Het transport komt een tunnel binnen via de tunnelmond, en verlaat deze ook weer via de tunnelmond. Verder kan er sprake zijn van openingen in tunnels. Denk hierbij aan ventilatieschachten, vluchtdeuren, overkappingen en aan openingen in het dak van verdiept aangelegde wegen of sporen, al dan niet onderdeel vormend van een tunnel, zoals bedoeld in de WARV. Deze openingen noemen we hier (andere) tunnelopeningen.







Dit onderzoek richt zich op aandachtsgebieden langs spoor- en wegtunnels in het Basisnet. Het Basisnet is een landelijk aangewezen netwerk voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Binnen dit netwerk worden de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen vastgesteld en worden zodanige beheersmaatregelen genomen dat een evenwicht voor de lange termijn wordt gecreëerd tussen 3 belangen:

- > het vervoer van gevaarlijke stoffen
- > nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen in de omgeving
- > de veiligheid van mensen die wonen of verblijven dicht bij de infrastructuur.

Toestaan van nieuwe bestemmingen rondom het Basisnet is afhankelijk van het risico en de soort bestemming. Belangrijk hierin zijn, in de bestaande situatie tot en met 31 december 2023, het Plaatsgebonden Risico (PR) en het Groepsrisico (GR). Het PR is het risico (uitgedrukt in kans per jaar) dat één persoon die zich onafgebroken en onbeschermd op die plaats bevindt, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een calamiteit met een gevaarlijke stof.

Langs het Basisnet mag deze kans niet groter zijn dan een op een miljoen per jaar. Met andere woorden: er geldt een PR-contour van 10^{-6} (hierna aangegeven als 'PR 10^{-6} '). Het groepsrisico (GR) gaat over de impact van een calamiteit met tien of meer dodelijke slachtoffers als gevolg van één incident. De huidige regelgeving rondom PR en GR wordt in paragraaf 1.3 beschreven.

In het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) worden twee categorieën objecten onderscheiden: kwetsbaar en beperkt kwetsbaar. Objecten kunnen zowel gebouwen als locaties zijn. Deze categorieën zijn van belang bij het verplicht stellen van bepaalde veiligheidsnormen. Met de invoering van de Omgevingswet in 2024 wordt er niet langer gesproken over objecten, maar geldt een onderscheid tussen gebouwen en locaties. Gebouwen en locaties kunnen nog steeds zowel beperkt kwetsbaar als kwetsbaar zijn. Voor gebouwen wordt een derde categorie geïntroduceerd: zeer kwetsbare gebouwen. Figuur 1.1 geeft een overzicht van de categorieën en introduceert tevens de pictogrammen die in het vervolg van dit rapport worden gebruikt om verschillende scenario's toe te lichten.

	Bevi/Revi (t/m 31/12/23)	Omgevingswet (v/a 1/1/24)
	<p><i>Beperkt kwetsbaar object</i></p> <ul style="list-style-type: none"> > Verspreid liggende woningen > Kleine kantoren > Kleine restaurants > Kleine winkels 	<p><i>Beperkt kwetsbare gebouwen en locaties</i></p> <ul style="list-style-type: none"> > Vergelijkbaar met beperkt kwetsbare objecten
	<p><i>Kwetsbaar object</i></p> <ul style="list-style-type: none"> > Woningen > Ziekenhuizen, verpleeghuizen, scholen > Grote kantoorgebouwen > Winkelcentra > Kampeer- en recreatieterreinen voor >50 personen 	<p><i>Kwetsbare gebouwen en locaties</i></p> <ul style="list-style-type: none"> > Woningen > Grote kantoorgebouwen > Winkelcentra > Evenementterreinen in de open lucht >5.000 personen
		<p><i>Zeer kwetsbare gebouwen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> > Ziekenhuizen, verpleeghuizen, scholen > Gevangenissen > Kinderopvang
		Weg of spoorweg in open lucht
		Weg of spoorweg in tunnel
		tunnelmond

Figuur 1.1 Categorieën voor gebouwen en locaties, en gebruikte pictogrammen bij de afbeeldingen in dit document

1.3 Huidige regelgeving (tot en met 31-12-2023)

We beschrijven drie relevante aspecten van de huidige regelgeving. Deze aspecten zijn het plaatsgebonden risico, het groepsrisico en bijzonder aangewezen aandachtsgebieden. Voor elk van deze drie aspecten lichten we de relevantie toe van gebieden parallel aan tunnels.

Veiligheidsbeleid voor de ruimtelijke ordening rondom het Basisnet ligt besloten in het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt). Het Bevt definieert het PR als een samengesteld risico voor kans op overlijden door de gevolgen van brand, explosies of gifwolken. Artikel 3 (lid 1) van het Bevt verplicht lokaal bevoegd gezag het gebied rondom een Basisnetroute in acht te nemen bij het vaststellen van nieuw toe te laten kwetsbare objecten. Dit houdt in dat het lokaal bevoegd gezag moet voldoen aan afstanden die zijn vastgesteld in het Basisnet.¹ Verder moet het lokaal bevoegd gezag rekening houden met deze afstanden bij nieuw toe te laten beperkt kwetsbare objecten in deze gebieden. Dit houdt in dat het lokaal bevoegd gezag een afweging moet maken over het toelaten van nieuwe bebouwing, en dit alleen mag doen als zij dit onderbouwt.² Lid 4 van ditzelfde artikel stelt dat deze verplichting niet geldt voor de gebieden parallel aan tunnels. In de praktijk stopt het PR bij de rand van de tunnel.

Het lokaal bevoegd gezag moet ook rekening houden met het GR langs het Basisnet. Het GR wordt gedefinieerd in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) als “de cumulatieve kans per jaar dat ten minste 10, 100, of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof of gevaarlijke afvalstof betrokken is”. Artikel 8 van het Bevt verplicht het bevoegd gezag het GR te berekenen, en daar waar nodig te motiveren waarom er binnen een gebied naast het Basisnet wordt gebouwd. De huidige situatie met betrekking tot het PR en het GR wordt weergegeven in Figuur 1.2.



Figuur 1.2 Bestaande situatie rondom tunnels zonder plasbrandaandachtsgebieden

Naast het GR en de PR-contouren kunnen er langs het Basisnet ook plasbrandaandachtsgebieden (PAG's) gelden³.

¹ <https://iplo.nl/regelgeving/instrumenten/instructieregel/in-acht-nemen/>.

² <https://iplo.nl/regelgeving/instrumenten/instructieregel/rekening-houden-met/>.

³ Bijlage 2 geeft een overzicht van de PAG's in Nederland.

Een PAG wordt aangewezen door de minister, en geldt voor geselecteerde baanvakken (weg) en spoorvakken (spoor) van het Basisnet (Regeling Basisnet, Artikel 16). In een PAG moeten er voor de bouw van kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten extra bouweisen worden getroffen die objecten beschermen tegen de eventuele effecten van een incident. PAG's kunnen ook langs tunnels liggen als deze tunnels in een baanvak liggen dat is aangewezen door de minister. Anders dus dan bij de GR- en PR-contouren, geldt hier geen uitzondering voor gebieden parallel aan tunnels. De extra bouweisen die getroffen moeten worden, zijn uitgewerkt in de Regeling Bouwbesluit 2012, en hebben onder andere betrekking op de brandwerendheid van uitwendige scheidingsconstructies, vluchtroutes, brandklasse van een aan de buitenlucht grenzende zijde van een constructieonderdeel en een mechanisch ventilatiesysteem. Deze eisen zijn opgenomen in Bijlage 8.4. Daarnaast geldt er een extra motivatieplicht voor het lokaal bevoegd gezag dat moet voorzien in de reden waarom kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten worden toegelaten in dit gebied. Deze motivatieplicht geldt niet voor gebieden parallel aan tunnels (Bevt, Artikel 10, lid 2). De huidige situatie met betrekking tot PAG's wordt weergegeven in Figuur 1.3.



Figuur 1.3 Bestaande situatie met plasbrandaandachtsgebied parallel aan tunnels

1.4 Toekomstige regelgeving (vanaf 01-01-2024)

Onder de Omgevingswet veranderen bepaalde aspecten van de regelgeving zoals besproken in de vorige paragraaf. We behandelen ze individueel, en stellen andermaal de relevantie vast voor de gebieden parallel aan tunnels.

De PR-contour blijft ongewijzigd. Langs het gehele Basisnet geldt dat een PR 10^{-6} -risicocontour moet worden bepaald. Het lokaal bevoegd gezag moet rekening houden met de risicocontour bij het toelaten van beperkt kwetsbare gebouwen en locaties. Dit houdt in dat van deze norm mag worden afgeweken als er een goede motivatie aan ten grondslag ligt. Lokaal bevoegd gezag moet de PR 10^{-6} -contour in acht nemen bij kwetsbare of zeer kwetsbare gebouwen en bij kwetsbare locaties.⁴

⁴ Overigens kunnen kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties van deze norm worden uitgezonderd wanneer ze voldoen aan voorwaarden die gesteld staan in het Bkl.

Zeer kwetsbare gebouwen zijn dus nooit uitgezonderd van de risicocontour⁵. Artikel 5.7 van het Bkl (lid 3a) geeft echter wel een uitzondering met betrekking tot het plaatsgebonden risico voor gebieden parallel aan tunnels (zie bijlage 8.5). Parallel aan tunnels behoeft de PR10⁻⁶-contour niet in acht te worden genomen, wat wil zeggen dat er wordt uitgegaan van PR10⁻⁶ = 0.

In plaats van met GR wordt er in de Omgevingswet gewerkt met aandachtsgebieden (Bkl 5.13). Langs het Basisnet, en dus ook langs de tunnels in het Basisnet, komen in beginsel aandachtsgebieden te liggen. Het Bkl. 5.12 stelt de criteria vast waarbinnen aandachtsgebieden voor brand (lid 1), explosies (lid 2), en gifwolken (lid 3) gelden. Er kunnen dus drie aandachtsgebieden gelden. Binnen een aandachtsgebied dient het lokaal bevoegd gezag bij een besluit over nieuwe ruimtelijke ontwikkeling niet alleen rekening te houden met het GR (Bkl 5.15), maar ook met het voorkomen of beperken van maatschappelijke ontwrichting. Maatschappelijke ontwrichting kan verband houden met het overlijden van een groep mensen, maar ook met gewonden, milieuschade en economische schade (zie [Stappenplan besluitvorming groepsrisico | RIVM](#)).

Artikel 5.14 vijfde lid Bkl. en 2.24 Omgevingsregeling leiden ertoe dat bij inwerkingtreding van de Omgevingswet de PAG's in brandvoorschriftgebieden veranderen. Er is een wijziging in voorbereiding, zodat de aanwijzing van brandvoorschriftgebieden ook voor deze gebieden aan het bevoegd gezag is. Voorts stelt artikel 5.14 van het Bkl. dat brand- en explosieaandachtsgebieden worden omgezet tot respectievelijk brand- en explosievoorschriftgebieden (lid 2). Het lokaal gezag mag hier van afwijken, *tenzij* het een zeer kwetsbaar gebouw betreft (lid 3). Binnen een voorschriftgebied gelden extra eisen vanuit het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Deze eisen zijn opgenomen in Bijlage 8.6. Er komen per 1 januari 2024 (nog) geen gifwolkvoorschriftgebieden.

Er bestaat onder de Omgevingswet geen verplichting tot extra motivatie voor het toestaan van gebouwen of objecten binnen aandachtsgebieden, noch een expliciete vrijwaring van deze verplichting voor gebieden parallel aan tunnels. Het al dan niet doen laten gelden van bouwvoorschriften en andere maatregelen hangt dus af van de eventuele aanwezigheid van aandachtsgebieden en voorschriftgebieden. De mogelijke scenario's komen aan bod in Hoofdstuk 3. Eerst volgt duiding over de beschermende functie van tunnels, en in hoeverre effecten van ongevallen kunnen worden verwacht in het gebied parallel aan tunnels.

In figuur 1.4 zijn de huidige en de nieuwe wetgeving samengevat.

⁵ <https://iplo.nl/thema/externe-veiligheid/externe-veiligheid-in-omgevingsplan/plaatsgebonden-risico/>.

Langs Basisnet in open lucht

Basisnet	
Huidig	Nieuw
Binnen PR 10-6 contour: <ul style="list-style-type: none"> • Geen kwetsbare objecten • Afwegingen maken bij beperkt kwetsbare objecten 	Binnen PR 10-6 contour: <ul style="list-style-type: none"> • Geen kwetsbare gebouwen en locaties en geen zeer kwetsbare gebouwen • Hiermee rekening houden bij beperkt kwetsbare gebouwen en locaties*
GR moet worden bepaald: Leidt mogelijk tot extra voorschriften	
Door minister aangewezen plasbrandaandachtsgebieden: <ul style="list-style-type: none"> • Extra bouweisen aan kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten • Motivatie voor bouw hiervan in deze gebieden 	Brand, explosie gifwolk aandachtsgebieden o.b.v. Bkl. 5.12: <ul style="list-style-type: none"> • Aanwijzen als voorschriftengebied voor zeer kwetsbare, kwetsbare of beperkt kwetsbare gebouwen en locaties**: • Extra bouweisen (Bbl) • Rekening houden met GR

Langs Basisnet in tunnel

Basisnet	
Huidig	Nieuw
Geen PR 10-6 contour: <ul style="list-style-type: none"> • Geen beperkingen voor gebiedsontwikkeling 	Geen PR 10-6 contour: <ul style="list-style-type: none"> • Geen beperkingen voor gebiedsontwikkeling
GR moet worden bepaald: Leidt i.h.a. niet tot extra voorschriften	
Door minister aangewezen plasbrandaandachtsgebieden: <ul style="list-style-type: none"> • Extra bouweisen aan kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten 	Brand, explosie, gifwolk aandachtsgebieden o.b.v. Bkl. 5.12: <ul style="list-style-type: none"> • Aanwijzen als voorschriftengebied voor zeer kwetsbare, kwetsbare of beperkt kwetsbare gebouwen en locaties**: • Extra bouweisen (Bbl) • Rekening houden met GR

* Dat wil zeggen gemotiveerd afwijken is mogelijk

** Gemotiveerd afwijken is mogelijk behalve voor zeer kwetsbare gebouwen.

Figuur 1.4 Vergelijking van huidige en nieuwe wet- en regelgeving

2 Fysische effecten

2.1 Scenario's

In de Handleiding Risicoanalyse Transport van het RIVM zijn de scenario's beschreven waarmee rekening dient te worden gehouden bij externe veiligheidsberekeningen voor het vervoer van (grote hoeveelheden) gevaarlijke (dat wil zeggen brandbare en/of giftige) stoffen (RIVM, 2017).⁶ De gevaarlijke stoffen zijn hierbij onderverdeeld in een aantal categorieën op basis van (voor veiligheid relevante) stoffeigenschappen. Per categorie is één (representatieve) voorbeeldstof benoemd waarmee de effecten van het vrijkomen van een stof uit deze categorie moeten worden berekend. Alleen als vloeistof vervoerde gevaarlijke stoffen worden hierbij beschouwd⁷, te weten:

- > (Zeer) brandbare vloeistoffen.
- > (Zeer) giftige vloeistoffen.
- > Onder druk tot vloeistof verdichte brandbare gassen. Deze stoffen zijn bij omgevingstemperatuur en -druk gasvormig en worden aangeduid als brandbare gassen.
- > Onder druk tot vloeistof verdichte toxische gassen. Deze stoffen zijn bij omgevingstemperatuur en -druk gasvormig en worden aangeduid als toxische of giftige gassen.

De volgende typen incidenten worden beschouwd:

- > Het in één keer ('instantaan') vrijkomen van de gehele inhoud (grote uitstroming).
- > Lekken of vrijkomen van (een deel van) de inhoud uit een gat in de tank (kleine uitstroming).

In tabel 2.1 zijn bovenstaande gegevens gepresenteerd voor spoor- en wegvervoer.

De directe (fysische) effecten van dergelijke incidenten worden bepaald door meerdere factoren, zoals stoffeigenschappen, atmosferische condities, aanwezigheid van ontstekingsbronnen, lokale omgeving en dergelijke. Dit is weergegeven in de gebeurtenissenbomen op de volgende pagina (RIVM, 2017)⁸.

In paragraaf 2.3 zal op de effecten van de scenario's worden ingegaan.

⁶ Ter voorbereiding op de inwerkingtreding van de Omgevingswet stelt het RIVM *Module III 'vervoer van gevaarlijke stoffen' van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid* beschikbaar. Ten opzichte van de rekenmethode HART is Module III aangevuld met recente inzichten (giftige voorbeeldstoffen geactualiseerd, geen aparte stofindeling methodiek spoor, rekenmethode spoor, rekenmethode zeevaartroutes). In deze studie zal van (RIVM, 2017) worden uitgegaan.

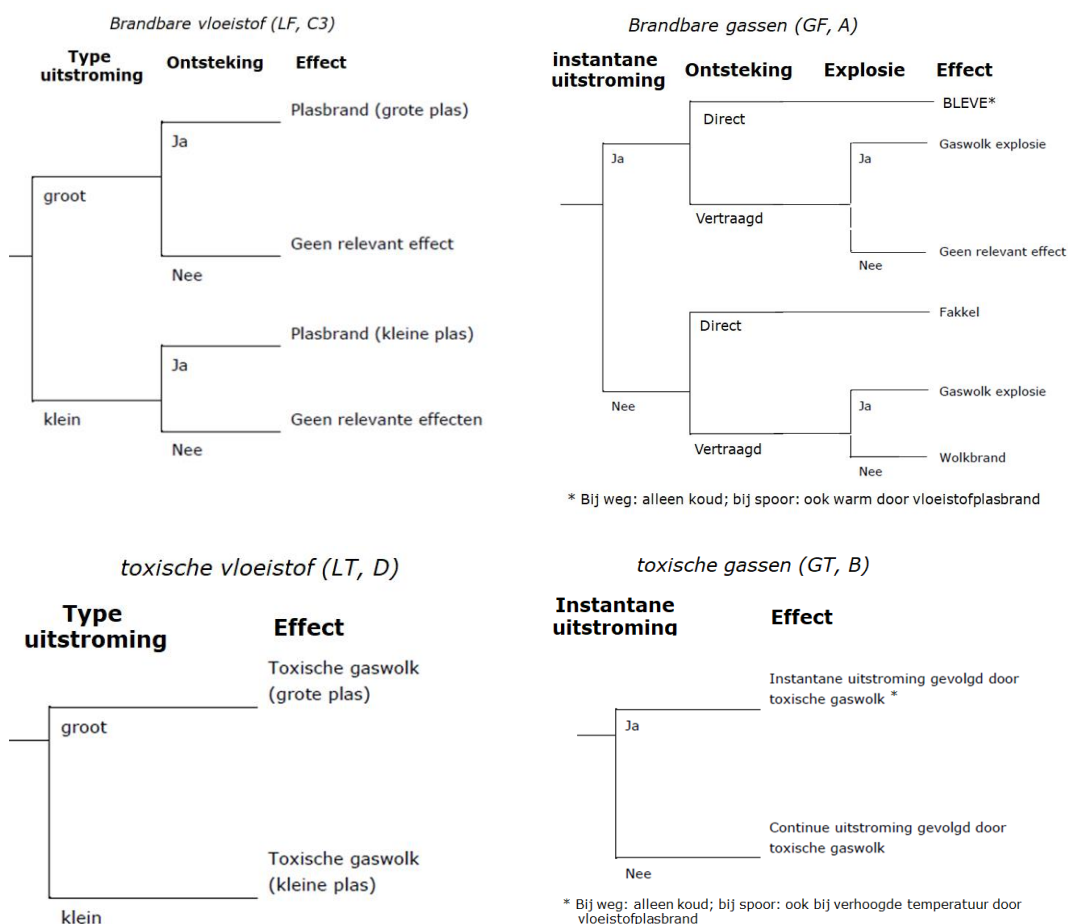
⁷ Recent afgeronde studie hoe de risico's van vervoer van samengeperste gassen zoals H₂ te beschouwen: [Rekenmethode om de risico's te berekenen van het vervoer van samengeperste gassen en tot vloeistof gekoelde gassen](#). Deze inzichten zullen worden toegevoegd aan het rekenvoorschrift Module III.

⁸ Op basis van een studie uit 2019 naar ongevallen in Europa door het RIVM is een warme BLEVE (zie voetnoot 10) toegevoegd als mogelijk scenario voor het vervoer van brandbare vloeistoffen over het spoor; zie: [Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor: Een actualisatie op basis van grote ongevallen in Europa](#).

Tabel 2.1 Incidenttypes per type stof

Type stof	Stofcategorie spoor en voorbeeldstof	Stofcategorie weg en voorbeeldstof ⁹	Type incident (uitstroming)
vloeistof	C3 Pentaan D3 Acrylnitril D4 Acreoline	LF1 Heptaan LF2 Pentaan LT1 Acroleïne LT2 Propylamine LT3 Acroleïne LT4 Methylisocyaan	Groot: vrijkomen van gehele tankinhoud Klein: vrijkomen van een deel van de inhoud
(tot vloeistof verdicht) gas	A Propaan* B2 Ammoniak* B3 Chloor	GF0 Waterstof GF1 Ethyleenoxide GF2 n-butaan GF3 Propaan GT2 Methylmercaptaan GT3 Ammoniak GT4 Chloor GT5 Chloor	Groot: instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud * ook warme BLEVE Klein: uitstroming uit een gat (doorsnede 75 mm bij spoor; 50 mm bij weg)

LF = Liquid Flammable; LT = Liquid Toxic; GF = Gas Flammable; GT = Gas Toxic



Figuur 2.1 Gebeurtenisbomen (scenario's) voor vier gevaarlijke stoffen met mogelijke effecten

⁹ In het rekenvoorschrift (zie voetnoot 6) zijn giftige voorbeeldstoffen geactualiseerd in lijn met de [Actualisatie giftige voorbeeldstoffen transport gevaarlijke stoffen](#).

2.2 Aandachtsgebieden

Zoals in het vorige hoofdstuk aangegeven, bestaan binnen de (nieuwe) omgevingswet drie aandachtsgebieden (zie ook (RIVM, 2023)):

> **Brandaandachtsgebied:**

Van een brandaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar de warmtestraling als gevolg van een ongeval dat leidt tot een plasbrand of een fakkelbrand, ten hoogste 10 kW/m² is.

> **Explosieaandachtsgebied:**

Van een explosieaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot:

- een kokende vloeistof-gasexpansie-explosie (BLEVE10) de warmtestraling ten hoogste 35 kW/m² is, en
- een explosie, anders dan onder a, de overdruk ten hoogste 10 kPa is.

> **Gifwolkaandachtsgebied**

Van een gifwolkaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongeval dat leidt tot een gifwolk, personen in een gebouw overlijden door blootstelling aan de giftige stof. De concentratie is de levensbedreigende waarde voor een blootstellingsperiode van 30 minuten.

Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen bestaan de verschillende aandachtsgebieden uit stroken parallel aan de vervoersas.¹¹ Binnen de omgevingswet zullen voor het Basisnet de volgende afstanden (dus strookbreedtes) worden gehanteerd:

- > Brandaandachtsgebied: 30 m (overeenkomstig de huidige plasbrandafstand).
- > Explosieaandachtsgebied: 200 m.
- > Gifwolkaandachtsgebied: 300 m (nog op te nemen in de regelgeving).

Deze stroken zijn gebaseerd op effectcirkels die als het ware langs de transportas schuiven. Dit betekent dat aan het eind van een transportroute de effecten nog een rekenkundig gebied beslaan van een halve cirkel voorbij de transportroute. De effectafstanden zoals bepaald volgens (RIVM 2017) komen niet noodzakelijkerwijze overeen met de afstanden van de verschillende aandachtsgebieden. De afstanden voor het Basisnet zijn door de wetgever aangewezen in Bkl bijlage VII onder C. In dit document zal er echter van worden uitgegaan dat de afstanden voor het Basisnet overeenkomen met (of representatief kunnen worden geacht voor) de effectafstanden voor incidenten die brand, explosies of verspreiding van toxische gassen veroorzaken.

In de volgende paragraaf worden de verschillende fysische effecten van incidenten tijdens het vervoer van gevaarlijke stoffen besproken. Hierbij worden de volgende situaties beschouwd:

¹⁰ BLEVE staat voor Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. Een BLEVE is een explosie van een vat dat gevuld is met een onder druk tot vloeistof verdicht gas. De vloeistof in het vat heeft een temperatuur die hoger is dan het kookpunt. De druk in het vat voorkomt dat de vloeistof gaat koken en gasvormig wordt. De explosie zal ontstaan als het vat plotseling openbreekt en de druk ineens wegvalt. Openbreken van het vat kan het gevolg zijn van een sterke impact (we spreken dan van een koude BLEVE) of van brand die het vat verhit waardoor de druk oploopt en het vat wordt verzwakt. Dit is een warme BLEVE. Zie ook: <https://www.brandveilig.com/artikel/wat-is-een-bleve-72102>.

¹¹ Zie artikel 16 van de Regeling Basisnet voor de exacte meetlocaties. Zie ook: [Bepalen Basisnetafstanden - Kenniscentrum InfoMil](#)

1. Incident in open veld (buiten) – effecten op omgeving in open veld (buiten) – zoals in ‘standaard’ kwantitatieve risicoanalyses.
2. Incident in tunnel – effecten parallel aan (naast) het *volledig omsloten* deel van een tunnel, niet nabij een tunnelmond of (andere) tunnelopening¹², dat wil zeggen op grotere afstand dan de effectafstand bij een incident in de buitenlucht.
3. Incident in tunnel – effecten parallel aan het omsloten deel nabij een tunnelmond.
4. Incident in tunnel – effecten nabij andere tunnelopeningen (zoals ventilatieopeningen of zwakke plekken zoals deuren naar buiten) en parallel aan het omsloten deel nabij deze tunnelopeningen.

2.3 Effecten

In de bijgevoegde tabellen (gebeurtenissenbomen) in Bijlage 3 zijn de scenario's uitgewerkt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen spoor- en wegtunnels. Voor de beschrijving van de scenario's en effecten in de buitenlucht is gebruikgemaakt van *Handleiding Risicoanalyse Transport*, kortweg HART (RIVM, 2017). Voor de beschrijving van de incidentscenario's in de tunnels is gebruikgemaakt van (Rijkswaterstaat Bouwdienst, 2007). Voor de beschrijving van de effecten en de effectafstanden buiten de tunnel als gevolg van incidenten in de tunnel is gebruikgemaakt van (AVIV, 2012) en (TNO, 2011).

De TNO- en AVIV-studie waren hierbij gericht op de effecten in gebieden buiten de tunnel nabij tunnelmonden, dus op effecten net buiten een geheel omsloten deel. De effecten op grotere afstand van de tunnelopening parallel aan een tunnelbuis worden niet expliciet benoemd. Impliciet is echter de aanname dat alleen een beschadiging van de tunnel-omhulling hier tot effecten kan leiden, een beschadiging die alleen door een explosie in de tunnel kan worden veroorzaakt. In (TNO, 2011) wordt ingeschat welke scenario's een zodanige schade kunnen veroorzaken dat externe effecten mogelijk zijn. Deze overwegingen vormen de basis voor de analyse van de effecten parallel aan tunnels (paragraaf 2.3.2). De beschrijving van de effecten bij tunnelopeningen anders dan de tunnelmond zijn gebaseerd op de achtergronden en denkwijzen in de TNO-studie (TNO, 2011).

2.3.1 Incident en effecten in de buitenlucht

De effecten die hier worden beschreven worden meegenomen in de ‘standaard’ risicoanalyse voor transport van gevaarlijke stoffen, zoals deze met behulp van het softwareprogramma RBMII dient te worden uitgevoerd.¹³ Deze effectafstanden zullen situatie-afhankelijk zijn. De afstanden van de aandachtsgebieden liggen echter vast, maar zijn wel gebaseerd op (specifieke) ‘buitenscenario's’. Zoals eerder gezegd, zal er in onderstaande analyse van worden uitgegaan dat de afstanden van de aandachtsgebieden maatgevend zijn voor de effectafstanden in de buitenlucht.

In de tabellen van Bijlage 3 zijn in de kolommen ‘incidenttype’ en ‘effect buiten’ de theoretisch mogelijk geachte incidenten en effecten weergegeven. Volgens HART (RIVM, 2017) zullen niet al deze incidenten en effecten optreden (of is de kans verwaarloosbaar) bij transport van gevaarlijke stoffen in de buitenlucht, zoals blijkt uit de gebeurtenissenbomen in paragraaf 2.1 (RIVM, 2017).

¹² Zie de definities in paragraaf 1.2.

¹³ Deze risicoanalyses wordt vaak kortweg aangeduid als ‘QRA’, een acroniem voor het Engelse “Quantitative Risk Analysis”. Zie ook: [Rekenpakketten Omgevingsveiligheid | RIVM](#).

Zo worden warme BLEVE's bij transport over de weg niet beschouwd. Op het spoor wordt dit scenario alleen mogelijk geacht indien met 'bonte' treinen wordt gereden, dat wil zeggen treinen met (afwisselend) zowel wagons met brandbare vloeistoffen als tot vloeistof verdichte gassen. Hitte-effecten zullen bepalend zijn voor de gevolgen van een BLEVE. Indien de treinen met tot vloeistof verdichte gassen geen wagons met brandbare vloeistoffen bevatten ('bloktreinen'), wordt een warme BLEVE uitgesloten. Een koude BLEVE van ammoniak (voorbeeld- of rekenstof voor tot vloeistof verdichte toxische gassen) wordt voor alle vervoersvormen uitgesloten, aangezien de vervoerstemperatuur lager is dan de homogene nucleatietemperatuur.¹⁴

Aangezien effectafstanden moeten worden beschouwd als cirkels rondom de plaats van het incident (zie paragraaf 2.2), kunnen incidenten (net) buiten de tunnel nog effect hebben op gebieden parallel aan de tunnel, tot op een afstand die overeenkomt met de effectafstand vanaf de tunnelmond. In dit document zal er echter van worden uitgegaan dat de afstanden voor het Basisnet overeenkomen met (of representatief kunnen worden geacht voor) de effectafstanden voor incidenten die brand, explosies of verspreiding van toxische gassen veroorzaken.

Conclusie

Aannemende dat aandachtsgebieden representatief kunnen worden geacht voor effectgebieden, kan samenvattend worden geconcludeerd dat ongevallen (net) buiten een tunnel tijdens het vervoer van gevaarlijke stoffen effecten kunnen hebben parallel aan tunnels tot op de bij het aandachtsgebied behorende afstand.

2.3.2 Incident in tunnel / effect parallel aan (naast) tunnel

Hier wordt de situatie beschreven waarbij een (te verwachten) incident plaatsvindt in het volledig omsloten deel van een tunnel. We duiden wat de daarvan te verwachten effecten zijn parallel aan (naast) dit omsloten deel van de tunnel op locaties waar tunnelmonden of andere openingen niet van invloed zijn op de fysische effecten.

De effecten zijn samengevat in de kolommen 'Incident in tunnel / effect parallel aan tunnel' voor de tabellen weg- en spoortransport in bijlage 3. Hieruit blijkt dat er parallel aan de tunnel geen effecten zijn van de hitte van plasbranden van brandbare vloeistoffen in de tunnel of van het verdampen van giftige gassen uit vloeistofplassen in de tunnel. Dit is een gevolg van de impliciete aanname in (TNO 2011) dat alleen de druk ten gevolge van explosies de tunnelwand zodanig kan beschadigen dat effecten erbuiten mogelijk zijn. De hitte van een vuurbal die bij een BLEVE wordt gevormd, zal de tunnelconstructie niet in gevaar brengen. Ook de hitte van een eventuele wolkbrand of fakkel zal geen gevaar vormen voor de constructieve veiligheid van de tunnelwand. Deze incidenten zullen dus geen externe gevolgen hebben buiten het volledig omsloten deel van de tunnel.

¹⁴ De temperatuur van een onder druk tot vloeistof verdicht gas is hoger dan het atmosferische kookpunt. Bij het wegvallen van de druk zal in theorie de vloeistof overgaan in de dampfase. Voor de vorming van gasbelletjes in een vloeistof is energie nodig, omdat de oppervlaktespanning van de vloeistof moet worden overwonnen. Hoe kleiner het belletje, hoe meer energie nodig is. Indien zo'n gasbelletje uit het 'niets' moet ontstaan, is deze energie hoog en zal dampvorming pas optreden bij een temperatuur hoger dan het atmosferische kookpunt (de homogene nucleatietemperatuur). Indien de vloeistof verontreinigingen bevat, kunnen de belletjes via adsorptie aan deze verontreinigen gemakkelijker ontstaan en zal gasvorming optreden bij het atmosferische kookpunt. De homogene nucleatietemperatuur voor ammoniak is ca. 87 °C. (TNO, 2011)

Alleen de gevolgen van overdruk door BLEVE's of gaswolkexplosies kunnen dus tot effecten buiten de tunnel leiden indien de tunnel beschadigd raakt. Deze gevolgen bestaan uit de blast (de drukgolf die ontsnapt uit de beschadigde tunnel) en eventuele brokstukken van de opbrekende tunnel. De grootte van de effecten zal worden bepaald door de gegenereerde overdruk en de druk die de tunnel kan weerstaan. Uit onderzoek van TNO (TNO, 2011) bleek dat een tunnel met een wanddikte van 1 m en met 1 m gronddekking niet zodanig beschadigd zal worden door een BLEVE van een brandbaar gas, dat er drukeffecten (een blast) parallel aan de tunnel zullen optreden. Ook zullen er geen brokstukken worden uitgeworpen. Indien er geen gronddekking is, kan de tunnel wel bezwijken en kunnen brokstukken tot op 30 m afstand terechtkomen over een tunnallengte van 16 m (weg) of 20 m (spoor).

De gevolgen van gaswolkexplosies van vrijgekomen en in de tunnel geaccumuleerd gas zijn sterk afhankelijk van tunneldimensies, lekdebieten en ventilatiecondities. Deze bepalen de grootte van de explosieve gaswolk. Vrijgekomen van (aanvankelijk tot vloeistof verdicht) brandbaar gas kan een explosieve gaswolk vormen, indien het gas niet direct ontstoken wordt. Uit de in de TNO-studie uitgevoerde berekeningen bleek dat de explosie als gevolg van een (vertraagde) ontsteking van de naar verwachting ontstane explosieve gaswolken in spoor- of wegtunnels niet tot overdruk of brokstukken zal leiden naast een tunnel met een wanddikte van 1 m en met 1 m gronddekking.

Een plas brandbare vloeistof in een tunnel zal alleen bij instantane uitstroming groot genoeg zijn om via verdamping voldoende gas te kunnen genereren om een explosieve wolk te kunnen vormen. Dit kost echter tijd, waardoor ontsteking volgens (TNO, 2011) ofwel direct zal zijn, ofwel niet in de tunnel zal plaatsvinden, doordat aanwezige veiligheidsvoorzieningen zoals bijvoorbeeld tunnelafsluitingen ervoor zorgen dat er geen ontstekingsbronnen aanwezig zijn op het moment dat de explosiegrens van het gas-luchtmengsel wordt bereikt. Een gaswolkexplosie als gevolg van dit scenario zal dus niet plaatsvinden.

De effecten van een (warme) BLEVE met toxisch gas op de weg zijn in het onderzoek van TNO (2011) niet uitgewerkt, maar deze zullen minder ernstig zijn, aangezien er geen verbrandingsreactie optreedt.

Conclusie

Samengevat kan worden geconcludeerd dat de volledig omsloten delen van weg- en spoortunnels met een wanddikte van 1 m en voorzien van minimaal 1 m gronddekking gebieden parallel aan tunnels voldoende bescherming bieden tegen de te verwachten effecten van ongevallen tijdens het vervoer van gevaarlijke stoffen door deze tunnels.

2.3.3 Incident in tunnel / effect bij tunnelmond

Hieronder wordt de situatie beschreven waarbij een incident plaatsvindt in het volledig omsloten deel van een tunnel en wat daarvan de te verwachten effecten zijn buiten bij een tunnelmond. De effecten zijn samengevat in de kolommen 'Incident in tunnel / effect bij tunnelmond' in de tabellen weg- en spoortransport.

BLEVE's en gaswolkexplosies van de brandbare gassen zullen tot hitte en overdruk leiden bij de tunnelmonden. De hitte zal vooral in het verlengde van de tunnel relevant zijn, en niet naast het spoor of de weg. Dit geldt ook voor de hitte van een fakkel en een wolkbrand.

De druk kan wel 'terugslaan' naar gebieden parallel aan de tunnel: voor de relevante 0,1 bar (10 kPa) contour kan dit tot 40 - 60 m zijn (AVIV, 2012). Dit is ver binnen het explosie-aandachtsgebied.

Brandbare vloeistoffen zullen bij directe ontsteking een plasbrand veroorzaken. Deze zal alleen gevolgen hebben voor de tunnelmond als de plas binnen de effectafstand (hitte-straling) van de tunnelmond ligt. Hij zal geen effect hebben op de delen parallel aan de tunnel vlak bij de tunnelmond. Mocht een vloeistofplas naar buiten stromen, dan kunnen er nog effecten van een plasbrand optreden parallel aan de tunnel.¹⁵

Toxische vloeistoffen zullen een verdampende plas veroorzaken. De damp zal door de tunnelventilatie of rijwind naar een tunnelopening worden geblazen en daar een (semi)continue bron vormen voor de verspreiding van toxisch gas. Vandaar zal de damp zich met de wind verspreiden, mogelijk ook naar gebieden parallel aan de tunnel. Ook vrijgekomen (aanvankelijk tot vloeistof verdichte) toxische gassen zullen door de tunnelventilatie naar een tunnelopening worden geblazen en daar een (semi)continue bron vormen. Vandaar zal de damp zich met de wind verspreiden, mogelijk ook weer naar gebieden parallel aan de tunnel.

Voor de effecten van een (warme) BLEVE met toxisch gas op de weg geldt hetzelfde als beschreven in de vorige paragraaf. De effecten zijn in het onderzoek van TNO (2011) niet uitgewerkt, maar deze zullen geringer zijn, aangezien er geen verbrandingsreactie optreedt. Voor verdamping en vorming van een brandbaar gasmengsel uit een plas brandbare vloeistof geldt dat alleen instantane uitstroming groot genoeg zal zijn om via verdamping voldoende gas te kunnen genereren om een explosieve wolk te kunnen vormen. Deze wordt met de tunnelventilatie meegenomen. Als deze brandbare wolk niet in de tunnel ontstoken wordt, zal deze buiten de tunnel snel met omgevingslucht worden gemengd en snel verder verdunnen. Bij wegtunnels kan er echter nog tot op circa 30 m buiten de tunnel een brandbaar gasmengsel aanwezig zijn. Bij ontsteking zal hieruit een wolkbrand ontstaan met mogelijk effecten langs de tunnel. Bij spoortunnels zal de gasconcentratie in de wolk meteen tot beneden de explosiegrens zijn gedaald en zullen er geen gevolgen zijn.

Conclusie

Samenvattend kan gesteld worden dat incidenten in tunnels via de tunnelmonden nog fysische effecten kunnen hebben langs het gesloten deel van de tunnels. Dit zou kunnen voorkomen bij een plasbrand van uit de tunnel gestroomde brandbare vloeistoffen, maar het betreft met name overdruk (tot enkele tientallen meters) en verspreiding van toxische gassen via de wind. Ook kan het gaan om enige blootstelling aan hitte, indien een brandbaar gasmengsel uit de tunnel direct buiten de tunnel ontsteekt.

2.3.4 Incident in tunnel of tunnelopening / effect bij openingen

In deze paragraaf wordt de situatie beschreven waarbij een (te verwachten) incident plaatsvindt in het volledig omsloten deel van een tunnel of in de tunnelopening, en wat daarvan de te verwachten effecten zijn buiten de tunnel bij de openingen zoals ventilatie-openingen, vluchtdeuren of openingen in overkappingen.

¹⁵ Dit zal relatief weinig voorkomen, aangezien vanaf de tunnelmond de tunnel in het algemeen naar beneden zal lopen.

Dit kan worden gezien als de situatie zoals omschreven bij de tunnelmonden, waarbij de tunnelmond een kwartslag is gedraaid en is gericht op het gebied parallel aan de tunnel. In de tabel in Bijlage 3 zijn de effecten voor deze situatie ook beschreven.

Dergelijke openingen zullen veelal anders van vorm en afmeting zijn dan een tunnelmond en hebben mogelijk geen directe verbinding met de buitenwereld. Zo leiden vluchtroutes in het algemeen via een andere buis naar buiten. Hierdoor is er geen vrije zichtlijn naar buiten en zal er geen hitte naar buiten stralen. Bovendien moet het incident dan juist ter hoogte van de opening in de tunnel plaatsvinden. De (standaard) gesloten vluchtdeuren zullen gasverspreiding buiten de tunnelbuizen voorkomen en de druk van een explosie (die niet de tunnel beschadigt) zal zijn weg (de weg van de minste weerstand) zoeken door de tunnelbuis naar de tunneluitgang (tunnelmond).

Verder vindt in de Nederlandse tunnels (langs)ventilatie plaats via de tunnelmonden. Er zijn geen ventilatieschachten in de tunnelbuis, met uitzondering van de spoortunnel in Best, die naast actieve mechanische langsventilatie (richting tunnelmonden) ook enkele openingen heeft in het tunneldak. Alleen bij openingen in overkappingen kunnen effecten buiten, parallel aan de tunnel optreden. Binnen de WARV-definitie van een tunnel is dit alleen relevant indien de afstand tussen twee openingen in de overkappingen 250 m of meer bedraagt. Indien dit niet zo is, wordt deze omsluiting niet als tunnel gezien in de WARV, en geldt de 'open-veld-situatie'.

Conclusie

Samenvattend kan gesteld worden dat incidenten in tunnels via de tunnelopeningen fysische effecten kunnen hebben langs het gesloten deel van de tunnels, alsook in het verlengde van de opening, dwars op de tunnel. Het betreft overdruk (tot enkele tientallen meters) en hitte van explosies, verspreiding van toxische gassen en mogelijk hitte van fakkels en plasbranden. Met uitzondering van de spoortunnel in Best is dit in Nederlandse tunnels alleen relevant bij openingen in overkappingen en alleen bij een afstand van 250 m of meer tussen twee opeenvolgende openingen.

3 Discussie

3.1 Gesloten tunneldelen

Uit hoofdstuk 2 blijkt dat er geen effecten zijn voor de gebieden parallel aan tunnels die op grotere afstand van de tunnelmond of tunnelopeningen zijn gelegen dan de effectafstand die bij dit incident behoort. Er lijkt derhalve geen reden om aandachtsgebieden (hier gelijk gesteld aan effectgebieden) te hanteren voor de gebieden langs tunnels gelegen op grotere afstand van de tunnelmond of tunnelopeningen dan de afstand behorend bij het aandachtsgebied.

Dit geldt onder de voorwaarde dat de tunnel niet zodanig beschadigd raakt dat druk, hitte of gevaarlijke stoffen naar buiten kunnen en daar voor ongewenste effecten zorgen. Volgens berekeningen van TNO (TNO 2011) kan dergelijke schade ontstaan bij (zware) explosies in tunnels zonder gronddekking. Tunnels met een wanddikte van 1 m met 1 m gronddekking geven dan wel voldoende bescherming.¹⁶ Voor andere tunnels is het noodzakelijk vast te stellen in hoeverre explosies in de tunnel tot ongewenste effecten buiten de tunnel leiden en is het dus nodig om een aandachtsgebied te hanteren.¹⁷ Het lijkt niet nodig om van dit aandachtsgebied automatisch een voorschriftgebied te maken, aangezien de analyse die wordt uitgevoerd op basis van de aanwijzing tot aandachtsgebied mogelijkerwijze uitwijst dat geen extra beschermende voorzieningen noodzakelijk zijn voor bouwwerken in dit gebied. Het is immers zeer goed denkbaar dat de tunnel toch zoveel bescherming biedt dat gebouwen geen extra voorzieningen behoeven.

3.2 Tunnelmonden en andere tunnelopeningen

Uit hoofdstuk 2 blijkt tevens dat incidenten met gevaarlijke stoffen bij spoor- of wegtransport die in de tunnel plaatsvinden nog effect kunnen hebben op gebieden parallel aan de tunnel bij tunnelmonden en (andere) tunnelopeningen. Ook incidenten net buiten een tunnel kunnen nog effecten naast de tunnel hebben. Met uitzondering van de spoortunnel in Best hebben de Nederlandse tunnels buiten de tunnelmonden echter geen andere openingen, waardoor de effecten van een incident naar buiten zouden kunnen treden.

Derhalve kunnen de gebieden parallel aan de gesloten delen van een tunnel gelegen binnen de effectafstand (hier gelijk gesteld aan de afstand van de aandachtsgebieden) van tunnelmonden het best worden gezien als een 'open-veld-situatie', met zowel aandachtsgebieden als voorschriftgebieden.

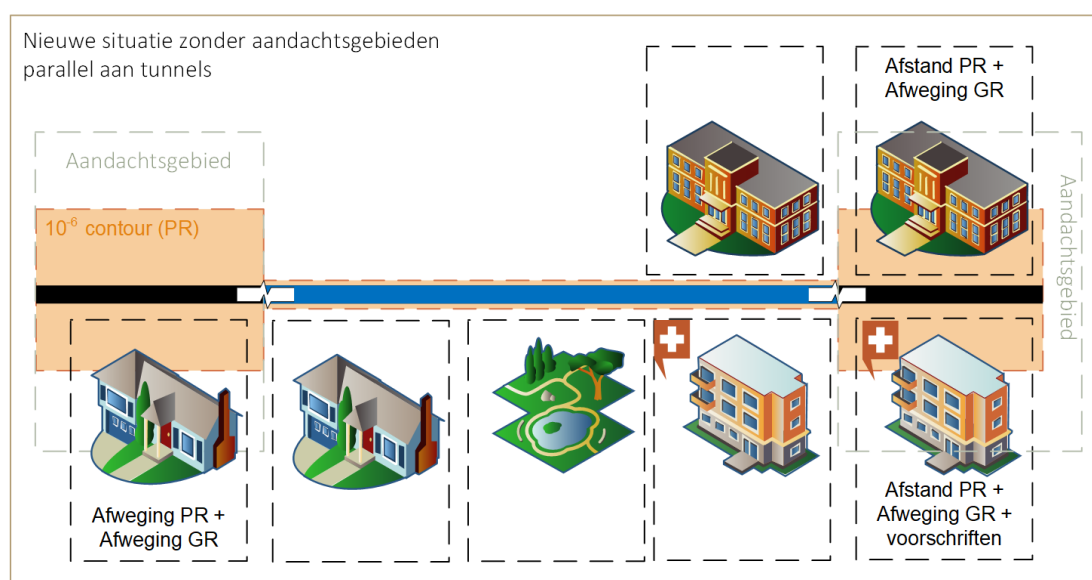
¹⁶ Aangenomen hierbij wordt dat de uitgangspunten in (TNO 2011) maatgevend kunnen worden geacht voor (incidenten in) Nederlandse tunnels. In (TNO 2011) en AVIV (AVIV 2012) wordt aangegeven dat de effecten van explosies zijn bepaald op basis van inschattingen van een beperkt aantal scenario's. Volgens (AVIV 2012) is het noodzakelijk om de effecten te bepalen van afwijkende scenario's en systeemkenmerken.

¹⁷ Wellicht is het mogelijk om op basis van de ADR-tunnelcategorie (zie bijv. [Tunnelcategorie - Wegenwiki](#)) hierover een uitspraak te doen.

4 Beleidsopties voor aandachtsgebieden en voorschriftgebieden

Dit hoofdstuk bespreekt drie beleidsopties voor het al dan niet aanwijzen van aandachtsgebieden en voorschriftgebieden voor de gebieden parallel aan tunnels. In de drie opties die volgen, bespreken we ook de situatie rondom de tunnelmond. In de figuren wordt deze aangegeven met het volgende symbool: ⇌

4.1 Beleidsoptie 1: Geen aandachtsgebieden



Figuur 4.1 Nieuwe situatie zonder aandachtsgebieden parallel aan tunnels

De risico's (dat wil zeggen GR en PR) voor het vervoer van gevaarlijke stoffen moeten worden berekend conform HART (RIVM, 2017). HART schrijft voor in paragraaf 5.2.7 dat de *vervoersaantallen* in tunnels op 0 moeten worden gezet, waardoor er geen PR 10^{-6} -contour aanwezig is langs de tunnel. Echter, de *effecten* van incidenten net buiten de tunnelmond worden wel meegenomen in de bepaling van GR, waarmee rekening dient te worden gehouden langs de tunnel.

In Beleidsoptie 1 gelden er geen aandachtsgebieden parallel aan tunnels (dit betekent automatisch ook dat er geen voorschriftgebieden gelden). Beleidsoptie 1 kent ten opzichte van de huidige situatie minder verplichte veiligheidsmaatregelen. Immers, er geldt geen aandachtsgebied langs tunnels en dus geen verplichting tot het rekening houden met het GR. Zoals betoogd in hoofdstuk 3, is in een deel van het gebied naast de tunnel nabij de tunnelmonden de effectafstand niet 0 (hier is, strikt genomen, een PR 10^{-6} -contour

aanwezig). Met deze effecten wordt noch in de huidige situatie, noch in Beleidsoptie 1 rekening gehouden.

Beleidsoptie 1 kent derhalve minder verplichtingen voor gebiedsontwikkeling naast de tunnel nabij tunnelmonden (en eventueel andere tunnelopeningen). In de huidige situatie dient het bevoegd gezag rekening te houden met dit verhoogde risico via een beschouwing van het GR; bij Beleidsoptie 1 vervalt deze verplichting.

4.2 Beleidsoptie 2: Aandachtsgebieden, maar geen verplichting tot voorschriftengebied



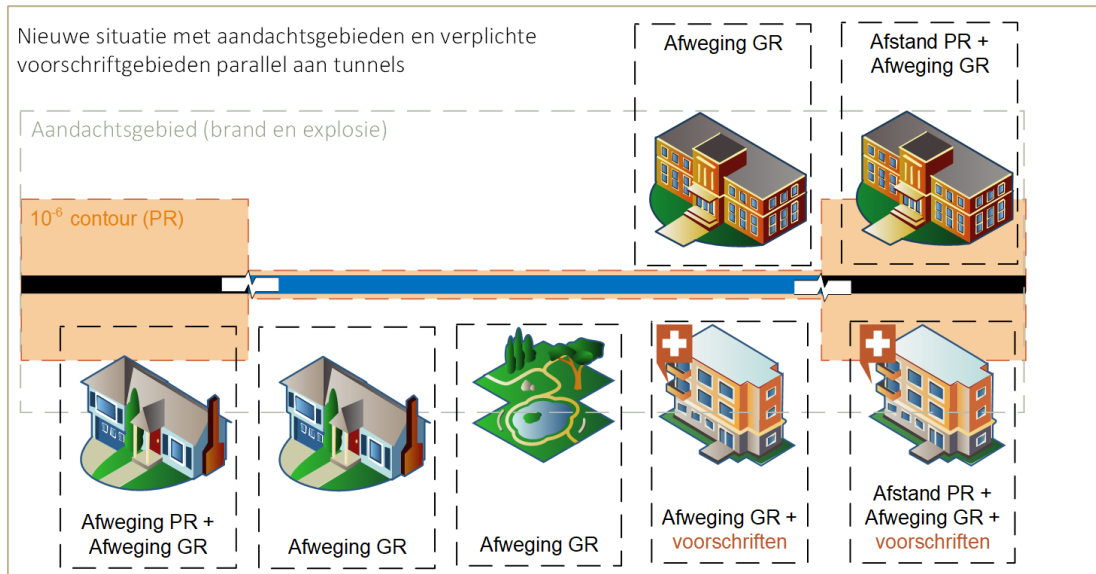
Figuur 4.2 Nieuwe situatie met aandachtsgebieden parallel aan tunnels

In Beleidsoptie 2 gelden er aandachtsgebieden parallel aan tunnels, maar kan het lokaal bevoegd gezag gemotiveerd afwijken van de verplichting tot het aanwijzen van een voorschriftengebied voor kwetsbare en beperkt kwetsbare gebouwen en locaties en voor zeer kwetsbare gebouwen. Beleidsoptie 2 is vergelijkbaar met de huidige situatie wanneer er geen sprake is van een PAG. Er geldt immers een verantwoording voor het groepsrisico in zowel de oude als de nieuwe situatie via respectievelijk het GR en het aandachtsgebied.

Huidige plasbrandaandachtsgebieden zullen bij introductie van Beleidsoptie 2 minder verplichtingen kennen. Waar PAG's in de huidige situatie verplichte voorschriften kennen voor beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten, geldt dit onder Beleidsoptie 2 niet meer voor de beperkt kwetsbare en kwetsbare gebouwen en locaties.

In Beleidsoptie 2 geldt de verplichting tot de afweging van het GR in de gebieden parallel aan tunnels. Dit is vergelijkbaar met de huidige situatie.

4.3 Beleidsoptie 3: Aandachtsgebieden met verplichting tot voorschriftengebied



Figuur 4.3 Nieuwe situatie met aandachtsgebieden en verplichte voorschriftgebieden parallel aan tunnels

In Beleidsoptie 3 gelden er aandachtsgebieden parallel aan tunnels met verplichting tot het aanwijzen van een voorschriftengebied bij zeer kwetsbare gebouwen. Dit houdt in dat het lokaal bevoegd gezag in het gebied parallel aan tunnels rekening moet houden met het groepsrisico, en dat het extra verplichtingen moet stellen bij realiseren van zeer kwetsbare gebouwen. Beleidsoptie 3 is daarmee vergelijkbaar met de huidige situatie, met daarbij de nieuwe verplichting tot voorschriften bij zeer kwetsbare gebouwen.

Beleidsoptie 3 kent enkele wezenlijke verschillen met de huidige situatie inclusief PAG. Zo kent Beleidsoptie 3 voorschriftengebieden voor brand (plasbrand *en* fakkelbrand) en explosie, waar de huidige situatie deze alleen kent voor plasbranden. Verder kent Beleidsoptie 3 voorschriftengebieden voor zeer kwetsbare gebouwen, waar de huidige situatie inclusief PAG voorschriftengebieden kent voor zowel kwetsbare als beperkt kwetsbare objecten. Ook hier geldt dat het lokaal bevoegd gezag andere gebouwen en locaties wel degelijk als voorschriftengebied aan kan wijzen. Het is alleen niet verplicht.

In Beleidsoptie 3 geldt de verplichting rekening te houden met het GR in de gebieden parallel aan tunnels. Dit is vergelijkbaar met de huidige situatie.

5 Conclusies

Ten aanzien van mogelijke fysische effecten buiten de tunnel (onderzoeksvraag 1) kan op basis van deze literatuurstudie worden geconcludeerd dat tunnels de omgeving parallel aan de tunnel een goede bescherming bieden tegen ongevallen met gevaarlijke stoffen in deze tunnels. De effecten van dergelijke incidenten zullen voornamelijk via tunnelopeningen naar buiten treden. Alleen een krachtige explosie, zoals een BLEVE van een LPG-tankauto of een gaswolkexplosie, in een tunnel met onvoldoende wanddikte en/of gronddekking zou de tunnel zodanig kunnen beschadigen dat door de beschadigde delen effecten naar buiten optreden. Een tunnelwanddikte van 1 m plus 1 m gronddekking is voldoende om deze externe effecten (druk, brokstukken) te voorkomen.

In Nederland bestaan tunnelopeningen, op één uitzondering na¹⁸, uitsluitend uit tunnelmonden en met name rond deze locaties zal dan ook met de gevolgen rekening gehouden dienen te worden. De fysische effecten buiten een tunnel kunnen bestaan uit overdruk van een gaswolkexplosie of BLEVE binnen een tunnel, uit verspreiding van uit de tunnel komende toxische gassen via de wind, door hitte van een fakkel of plasbrand van uit de tunnel gestroomde brandbare vloeistof, alsook door hitte indien een brandbaar gasmengsel uit de tunnel direct buiten de tunnel ontsteekt. Deels kunnen deze effecten 'terugslaan' langs de tunnel, wat wil zeggen dat ze zich ook nog kunnen uitstrekken parallel langs de tunnel vanaf de tunnelopening over een gebied begrensd door de effectafstand. Aangezien de effectgebieden moeten worden gezien als cirkels rondom een incidentlocatie, kunnen ook incidenten in de buitenlucht nabij de tunnelmond nog effect hebben in een gebied parallel aan de tunnel tot op een afstand gelijk aan de effectafstand van het incident.

Als we ervan uitgaan dat de afstanden behorende bij de verschillende aandachtsgebieden representatief kunnen worden geacht voor de effectafstanden van de eraan ten grondslag liggende incidenten, leidt dit tot de volgende conclusies ten aanzien van aandachts- en voorschriftgebieden in de omgevingswet (onderzoeksvraag 2) en de voorgestelde beleidsopties (onderzoeksvraag 3).

1. De gebieden parallel aan tunnels, gelegen op kortere afstand van tunnelmonden dan de afstanden behorend bij aandachtsgebieden, dienen op dezelfde manier te worden beschouwd als delen van het Basisnet die niet door tunnels gaan, met de daarbij behorende afwegingen voor aandachtsgebieden en voorschriftgebieden. Dit komt overeen met beleidsoptie 3.
2. De gebieden parallel aan volledig omsloten tunneldelen, gelegen op grotere afstand van tunnelmonden dan de afstanden behorend bij aandachtsgebieden:

Indien de tunnel een krachtige explosie kan weerstaan, dus indien de wanddikte van deze tunneldelen en de gronddekking minimaal 1m bedragen:

De tunnel biedt voldoende bescherming voor de omgeving. Voor deze gebieden is

¹⁸ In de Nederlandse tunnels vindt (langs)ventilatie plaats via de tunnelmonden, waardoor de tunnelmonden de enige openingen vormen in een tunnel. De spoortunnel in Best vormt hierop de enige uitzondering. Deze heeft, naast actieve mechanische langsventilatie (richting tunnelmonden) ook enkele openingen in het dak.

geen aandachtsgebieden noodzakelijk. Hiervoor kan beleidsoptie 1 worden gehanteerd.

- *Indien de wanddikte van deze tunneldelen en gronddekking minder dan 1 m bedragen:*

Voor deze gebieden kan niet met zekerheid worden gezegd dat de tunnel voldoende bescherming biedt voor de omgeving. Een nadere analyse zal hiervoor noodzakelijk zijn.¹⁹ Dit betekent dat het gebied moet worden aangewezen als aandachtsgebied. Uit een analyse zal dan moeten blijken of explosies in de tunnel tot effecten kunnen leiden buiten de tunnel. Op basis van deze analyse kan worden besloten of delen als voorschriftengebied moeten worden aangewezen. Dit komt overeen met beleids-optie 2.

¹⁹ Mogelijk kan de ADR-tunnelcategorisering behulpzaam zijn bij deze analyse.

Literatuurlijst

AVIV. (2012). *Consequentieanalyse Methodiek EV Tunnels*.

Rijkswaterstaat Bouwdienst. (2007). *Het RWS QRA-Model Voor Wegtunnels - Deel 2: Achtergronddocument*.

RIVM. (2017). *Handleiding Risicoanalyse Transport*. <https://www.rivm.nl/handleiding-risicoanalyse-transport-hart>

RIVM. (2023). *Stappenplan Bepalen Explosieaandachtsgebied*. Handboek Omgevingsveiligheid. <https://www.rivm.nl/omgevingsveiligheid/handboek/stappenplannen/bepalen-afstanden-en-gebieden/explosieaandachtsgebied>

SAVE. (1998). *Aanzet tot een berekeningsmethodiek voor in- en extern risico bij tunnels / overkappingen*.

TNO. (2011). *Rekenmethodiek Externe Veiligheid tunnels*.

Bijlage 1: Overzicht Wet- en Regelgeving

Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt)

Artikel 3 (Plaatsgebonden Risico)

1. Het bevoegd gezag neemt bij het vaststellen van een besluit dat betrekking heeft op gronden in de omgeving van een Basisnetroute ten aanzien van nieuw toe te laten kwetsbare objecten de Basisnetafstand in acht en houdt daarmee rekening ten aanzien van nieuw toe te laten beperkt kwetsbare objecten.
2. Voor zover een Basisnetafstand slechts een deel van de breedte van een Basisnetroute beslaat, worden boven de volle breedte van het desbetreffende gedeelte van die Basisnetroute geen nieuwe kwetsbare objecten toegelaten.
3. Voor zover de Basisnetroute gedeeltelijk bestaat uit een tunnel waardoor het vervoer van brandbare gassen in bulkhoeveelheden en ontplofbare stoffen is toegestaan, worden boven dat gedeelte geen nieuwe kwetsbare objecten toegelaten en wordt daarmee rekening gehouden ten aanzien van nieuw toe te laten beperkt kwetsbare objecten.
4. Het eerste lid is niet van toepassing op gronden die parallel aan een tunnel zijn gelegen.
5. Het eerste en tweede lid zijn niet van toepassing op bij regeling van Onze Minister aangewezen binnenwateren.

Artikel 8 (Groepsrisico, verantwoording)

1. Indien een bestemmingsplan of omgevingsvergunning betrekking heeft op een gebied dat geheel of gedeeltelijk gelegen is binnen 200 meter van een transportroute, wordt in de toelichting bij dat plan onderscheidenlijk in de ruimtelijke onderbouwing van die vergunning tevens ingegaan op:
 - a. 1°. de dichtheid van personen in het invloedsgebied van de transportroute op het tijdstip waarop het plan of besluit wordt vastgesteld, rekening houdend met de in dat gebied reeds aanwezige personen en de personen die in dat gebied op grond van het geldende bestemmingsplan of de geldende bestemmingsplannen of een omgevingsvergunning redelijkerwijs te verwachten zijn, en
 - 2°. de als gevolg van het bestemmingsplan of de omgevingsvergunning redelijkerwijs te verwachten verandering van de dichtheid van personen in het gebied waarop dat plan of die vergunning betrekking heeft;
 - b. het groepsrisico op het tijdstip waarop het plan of de vergunning wordt vastgesteld en de bijdrage van de in dat plan of besluit toegelaten kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten aan de hoogte van het groepsrisico, vergeleken met de oriëntatiewaarde;
 - c. de maatregelen ter beperking van het groepsrisico die bij de voorbereiding van het plan of de vergunning zijn overwogen en de in dat plan of die vergunning opgenomen maatregelen, waaronder de stedenbouwkundige opzet en voorzieningen met betrekking tot de inrichting van de openbare ruimte, en
 - d. de mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkelingen met een lager groepsrisico en de voor- en nadelen daarvan.

2. Het eerste lid kan buiten toepassing blijven indien bij de vaststelling van het besluit, bedoeld in het eerste lid, wordt aangetoond dat:
 - a. het groepsrisico, gelet op de dichtheid van personen, bedoeld in het eerste lid, onderdeel a, onder 1° en 2°, niet hoger is dan 0,1 maal de oriëntatiewaarde, of
 - b. 1°. het groepsrisico, gelet op de redelijkerwijs te verwachten verandering van de dichtheid van personen, bedoeld in het eerste lid, onderdeel a, onder 2°, met niet meer dan tien procent toeneemt, en
 - 2°. de oriëntatiewaarde, gelet op de dichtheid van personen, bedoeld in het eerste lid, onderdeel a, onder 1° en 2°, niet wordt overschreden.
3. Indien toepassing wordt gegeven aan het tweede lid, bevat de toelichting bij het besluit de onderbouwing daarvan.
4. Het groepsrisico wordt berekend volgens bij regeling van Onze Minister gestelde regels.

Artikel 10 (Groepsrisico, Plasbrandaandachtsgebieden)

1. Onverminderd de artikelen 7 en 8 worden in de toelichting bij een bestemmingsplan en in de ruimtelijke onderbouwing van een omgevingsvergunning, voor zover dat plan of die vergunning betrekking heeft op een gebied dat ligt binnen:
 - a. een bij regeling van Onze Minister aangewezen plasbrandaandachtsgebied langs en boven een Basisnetroute die een weg of hoofdspoorweg is, of
 - b. indien een Basisnetroute een binnenwater is: een vrijwaringszone als bedoeld in artikel 2.1.1 van het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening, de redenen vermeld die er toe hebben geleid om in dat gebied nieuwe kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten toe te laten, gelet op de mogelijke gevolgen van een ongeval met brandbare vloeistoffen.
2. Het eerste lid is niet van toepassing op gebieden langs tunnels.

Regeling Basisnet

4.2.1. Artikel 16

1. Indien in bijlage I, kolom 5, onderscheidenlijk bijlage II, kolom 7, is aangegeven dat voor een wegvak, onderscheidenlijk baanvak, een plasbrandaandachtsgebied bestaat, geldt het desbetreffende wegvak, onderscheidenlijk baanvak, vermeerderd met een zone van 30 meter aan weerszijden van het wegvak, onderscheidenlijk baanvak, als plasbrandaandachtsgebied.
2. Op een wegvak als bedoeld in het eerste lid wordt de breedte van de zone van 30 meter gemeten vanaf de buitenste kantstrepen.
3. Op een baanvak als bedoeld in het eerste lid wordt de breedte van de zone van 30 meter gemeten vanaf de buitenste spoorstaven van de spoorbundel voor het doorgaand verkeer.
4. Indien voor het wegvak waarvan een verbindingsboog aftakt een plasbrandaandachtsgebied is aangewezen, geldt de verbindingsboog vermeerderd met een zone van 30 meter, gemeten vanaf de buitenste kantstrepen, aan weerszijden van die verbindingsboog als plasbrandaandachtsgebied.

Bouwbesluit

Hoofdstuk 2

Artikel 2.133

Bij ministeriële regeling kunnen aan een bouwwerk in een veiligheidszone of een plasbrandaandachtsgebied of boven de volle breedte van een Basisnetroute indien de veiligheidszone slechts een deel van de breedte van die Basisnetroute betreft zodanige voorschriften worden gegeven dat personen beschermd zijn tegen gevolgen van een calamiteit op de weg, de spoorweg of het binnenwater waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken.

Regeling Bouwbesluit

Artikel 2.4.

(Lid 2) Een geheel of gedeeltelijk in een plasbrandaandachtsgebied te bouwen bouwwerk dat tevens een kwetsbaar of beperkt kwetsbaar object als bedoeld in het Besluit externe veiligheid inrichtingen is, voldoet aan het bepaalde in de artikelen 2.5 tot en met 2.9.

Artikel 2.5

De brandwerendheid van de uitwendige scheidingsconstructie van een gedeelte van een te bouwen bouwwerk dat gelegen is in een veiligheidszone of plasbrandaandachtsgebied is ten minste 60 minuten van buiten naar binnen bepaald volgens NEN 6069, uitgaande van de buitenruimte als een brandcompartiment en een buitenbrandkromme volgens NEN-EN 13501-2.

Artikel 2.6

1. Een in een aan de buitenlucht grenzende zijde van een in een veiligheidszone of plasbrandaandachtsgebied gelegen constructieonderdeel van een te bouwen bouwwerk voldoet aan brandklasse A2, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.
2. In afwijking van het eerste lid voldoet een deur, een raam, een kozijn of een daaraan gelijk te stellen constructieonderdeel aan brandklasse D, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.
3. Op ten hoogste 5% van de totale oppervlakte van de constructieonderdelen in ieder vlak van de uitwendige scheidingsconstructie met een afmeting van 3 m bij 3 m, waarvoor volgens het eerste lid een eis geldt, is die eis niet van toepassing.
4. Het eerste tot en met derde lid zijn niet van toepassing op de bovenzijde van een dak.

Artikel 2.7

1. Een in een veiligheidszone of plasbrandaandachtsgebied gelegen dak of een gedeelte daarvan van een te bouwen bouwwerk is voorzien van een constructieonderdeel waarvan de aan de buitenlucht grenzende zijde voldoet aan brandklasse A2, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.
2. Op ten hoogste 5% van de oppervlakte van het in het eerste lid bedoelde constructieonderdeel is de eis van het eerste lid niet van toepassing.

Artikel 2.8

1. In een aan de buitenlucht grenzende zijde van een gedeeltelijk in een veiligheidszone of plasbrandaandachtsgebied te bouwen bouwwerk is geen in de veiligheidszone of het plasbrandaandachtsgebied gelegen doorgang aanwezig waardoor een vluchtroute voert.
2. In een aan de buitenlucht grenzende zijde van een geheel in een veiligheidszone of plasbrandaandachtsgebied te bouwen bouwwerk is uitsluitend een van de Basisnetroute afgekeerde doorgang aanwezig waardoor een vluchtroute voert.

Artikel 2.9

1. Voor een te bouwen bouwwerk dat gelegen is in een veiligheidszone of plasbrandaandachtsgebied zijn de voorschriften van afdeling 2.2 van het besluit van overeenkomstige toepassing waarbij wordt uitgegaan van de buitenruimte als een subbrandcompartiment of brandcompartiment en een buitenbrandkromme volgens NEN-EN 13501-2.
2. Na het ontstaan van brand in een veiligheidszone of plasbrandaandachtsgebied bezwijkt een boven die veiligheidszone of dat plasbrandaandachtsgebied te bouwen bouwconstructie niet binnen 90 minuten, bepaald volgens artikel 2.11 van het besluit en uitgaande van ontwerpbrandscenario's zoals bedoeld in paragraaf 2.2 van NEN-EN 1991-1-2.

Besluit kwaliteit leefomgeving

Artikel 5.7 (plaatsgebonden risico: kwetsbare gebouwen en locaties en zeer kwetsbare gebouwen)

1. In een omgevingsplan wordt een grenswaarde voor het plaatsgebonden risico van een activiteit in acht genomen van ten hoogste 1 op de 1.000.000 per jaar voor kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties.
2. Het eerste lid is niet van toepassing op het toelaten van kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties in verband met het externe veiligheidsrisico van binnenwateren die behoren tot het Basisnet, met uitzondering van zeevaartroutes, het Amsterdam-Rijnkanaal en het Lekkanaal.
3. Het eerste lid is niet van toepassing op kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen op een locatie:
 - a. die parallel aan een tunnel is gelegen; of
 - b. boven een tunnel waardoor het vervoer van brandbare gassen in bulkhoeveelheden en ontplofbare stoffen niet is toegestaan.

Artikel 5.12 (aandachtsgebieden voor externe veiligheidsrisico's: categorieën)

1. Een brandaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongewoon voorval dat leidt tot een plasbrand of een fakkelbrand de warmtestraling ten hoogste 10 kW/m² is.
2. Een explosieaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongewoon voorval dat leidt tot:
 - a. een kokende vloeistof-gasexpansie-explosie (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, BLEVE) de warmtestraling ten hoogste 35 kW/m² is; of
 - b. een explosie, anders dan onder a, de overdruk ten hoogste 10 kPa is.

3. Een gifwolkaandachtsgebied is de locatie begrensd door de afstand, waar als gevolg van een ongewoon voorval dat leidt tot een gifwolk, personen in een gebouw overlijden door blootstelling aan ten hoogste de bij ministeriële regeling vastgestelde concentratie van een gevaarlijke stof gedurende een daarbij aangegeven periode.
4. In afwijking van het derde lid wordt een gifwolkaandachtsgebied voor de toepassing van deze paragraaf begrensd door een afstand van 1,5 km vanaf de locatie binnen de begrenzing van de activiteit, bepaald volgens bij ministeriële regeling gestelde regels, als de afstand, bedoeld in het derde lid, groter is dan 1,5 km.

Artikel 5.13 (aandachtsgebieden voor externe veiligheidsrisico's: begrenzing)

1. De afstanden, bedoeld in artikel 5.12, zijn voor de volgende activiteiten aangegeven in de daarbij aangegeven onderdelen van bijlage VII:
 - a. de onderdelen A, onder 1a en 7, B, onder 2 en 5, C en E, onder 9, 10 en 13: de afstand, aangegeven bij die activiteit; en
 - b. de onderdelen D, onder 2, en E, onder 2 tot en met 9, 11 en 12: een berekende afstand.
2. In afwijking van het eerste lid, aanhef en onder a, wordt de afstand berekend, als het gaat om een activiteit als bedoeld in bijlage VII, onder B, onder 2, en als voor die activiteit de afstand voor het plaatsgebonden risico, bedoeld in artikel 5.8, tweede lid, onder b, wordt berekend.
3. Op het berekenen van de afstand zijn de bij ministeriële regeling gestelde regels van toepassing.
4. Als het gaat om een activiteit als bedoeld in bijlage VII, onder C, zijn brandaandachtsgebieden en explosieaandachtsgebieden de locaties die bij ministeriële regeling zijn aangewezen.

Artikel 5.14 (aandachtsgebieden en brand- en explosievoorschriftengebieden)

1. Een brandvoorschriftengebied en een explosievoorschriftengebied zijn de locaties:
 - a. die in een omgevingsplan kunnen worden aangewezen als op die locaties een brandaandachtsgebied, respectievelijk een explosieaandachtsgebied is toegelaten; en
 - b. waar voor een bouwwerk de eis van artikel 4.90, eerste lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving geldt.
2. In een omgevingsplan wordt:
 - a. Een brandaandachtsgebied aangewezen als brandvoorschriftengebied; en
 - b. Een explosieaandachtsgebied aangewezen als explosievoorschriftengebied.
3. In afwijking van het tweede lid kan in een omgevingsplan worden afgezien van aanwijzing van een brand- of explosievoorschriftengebied of kan een kleiner brand- of explosievoorschriftengebied worden aangewezen. Dit geldt niet voor een locatie in een brand- of een explosieaandachtsgebied waar een zeer kwetsbaar gebouw is toegelaten.
4. In een omgevingsplan wordt de geometrische begrenzing vastgelegd van een brandvoorschriftengebied en van een explosievoorschriftengebied.
5. Het tweede lid, aanhef en onder a, derde en vierde lid zijn niet van toepassing als het gaat om een activiteit als bedoeld in bijlage VII, onder C, waarvoor een locatie bij ministeriële regeling als brandvoorschriftengebied is aangewezen.

Artikel 5.15 (aandachtsgebieden voor externe veiligheidsrisico's: groepsrisico)

1. In een omgevingsplan wordt voor beperkt kwetsbare, kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties binnen een brandaandachtsgebied, een explosieaandachtsgebied en een gifwolkaandachtsgebied rekening gehouden met de kans op het overlijden van een groep van tien of meer personen per jaar als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval veroorzaakt door een activiteit.
2. Aan het eerste lid wordt in ieder geval voldaan als een omgevingsplan binnen een aandachtsgebied:
 - a. geen beperkt kwetsbare, kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties toelaat; of
 - b. waar het omgevingsplan beperkt kwetsbare, kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en beperkt kwetsbare en kwetsbare locaties toelaat, waarborgt:
 - 1°. dat maatregelen zijn getroffen ter bescherming van personen in die gebouwen en op die locaties; of
 - 2°. dat het aantal doorgaans aanwezige personen of de tijd dat die aanwezig zijn in die gebouwen en op die locaties beperkt is.

Besluit bouwwerken leefomgeving

§ 4.2.14 Brand- en explosievoorschriftengebieden

Artikel 4.90 (aansturingsartikel)

1. Een bouwwerk in een brandvoorschriftengebied of in een explosievoorschriftengebied is zodanig dat de gevolgen voor personen van het aan het voorschriftengebied verbonden risico op brand of explosie worden beperkt.
2. Als voor een gebruiksfunctie in tabel 4.90 regels zijn aangewezen, wordt voor die gebruiksfunctie aan het eerste lid voldaan door naleving van die regels.

tabel 4.90

gebruiksfunctie		leden van toepassing											
		brandwerendheid				brandklasse gevel en vloeren		brandklasse dak		vluchtroute			Sterkte bij brand
artikel	lid	4.91	4.92				4.93		4.94			4.95	4.96
		*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
1	Woonfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
2	Bijeenkomstfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
3	Celfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
4	Gezondheidszorfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
5	Industriefunctie												
	a. lichte industriefunctie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b. andere industriefunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
6	Kantoorfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
7	Logiesfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
8	Onderwijsfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
9	Sportfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
10	Winkelfunctie	*	1	2	3	4	1	2	1	2	3	*	*
11	Overige gebruiksfunctie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Bouwwerk geen gebouw zijnde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Artikel 4.91 (brandwerendheid)

Een uitwendige scheidingsconstructie van een brandcompartiment heeft voor zover die constructie in een brandvoorschriftengebied ligt een brandwerendheid van buiten naar binnen van ten minste 60 minuten, bepaald volgens NEN 6069. Bij het bepalen van de brandwerendheid wordt het in het brandvoorschriftengebied gelegen aansluitende terrein aangemerkt als een brandcompartiment en wordt uitgegaan van de in NEN-EN 13501-2 bedoelde buitenbrandkromme.

Artikel 4.92 (brandklasse buitenoppervlak)

1. Een aan de buitenlucht grenzende zijde van een uitwendige scheidingsconstructie van een brandcompartiment voldoet, voor zover die constructie in een brandvoorschriftengebied ligt, aan brandklasse A2, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.
2. In afwijking van het eerste lid voldoet een deur, een raam, een kozijn of een daaraan gelijk te stellen constructieonderdeel aan brandklasse D, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.
3. Op ten hoogste 5% van de totale oppervlakte van de constructieonderdelen in elk vlak van de uitwendige scheidingsconstructie met een afmeting van 3 m bij 3 m, waarvoor volgens het eerste lid een eis geldt, is die eis niet van toepassing.
4. Het eerste tot en met derde lid zijn niet van toepassing op de bovenzijde van een dak.

Artikel 4.93 (brandklasse dak)

1. Een dak van een brandcompartiment is, voor zover dat dak in een brandvoorschriftengebied ligt, bedekt met constructieonderdelen waarvan de aan de buitenlucht grenzende zijde voldoet aan brandklasse A2, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.
2. Op ten hoogste 5% van de oppervlakte van het dak is de eis van het eerste lid niet van toepassing.

Artikel 4.94 (vluchtroute)

1. In een aan de buitenlucht grenzende zijde van een gedeeltelijk in een brandvoorschriftengebied gelegen bouwwerk is geen in het brandvoorschriftengebied gelegen doorgang waardoor een vluchtroute voert aanwezig.
2. In een aan de buitenlucht grenzende zijde van een volledig in een brandvoorschriftengebied gelegen bouwwerk voert een vluchtroute door een van het hart van het voorschriftengebied afgekeerde doorgang.
3. In afwijking van het eerste en tweede lid heeft een in meer dan één brandvoorschriftengebied gelegen bouwwerk voor elk brandvoorschriftengebied een vluchtroute door een uitgang van het bouwwerk die niet grenst aan een brandvoorschriftengebied of die is afgekeerd van het voorschriftengebied.

Artikel 4.95 (sterkte bij brand)

Voor een bouwwerk of een gedeelte daarvan dat is gelegen in een brandvoorschriftengebied, zijn de regels van paragraaf 4.2.2 van overeenkomstige toepassing waarbij een in een brandvoorschriftengebied gelegen buitenruimte een brandcompartiment is en wordt uitgegaan van een buitenbrandkromme volgens NEN-EN 13501-2.

Artikel 4.96 (scherfwerking)

In een explosievoorschriftengebied gelegen beglazing is zodanig dat bij een explosie letsel door scherfwerking wordt voorkomen.

Bijlage 2: Overzicht huidige plasbrandaandachtsgebieden

Overzicht plasbrandaandachtsgebieden Basisnet weg

- > Tunnel categorie A
 - U88 A2 (incl. Leidsche Rijn tunnel)
 - N87 A4 (incl. Schipholtunnel)
- > Tunnel categorie C
 - Z11 / A4 (incl. Beneluxtunnel)
 - N15 / A10 (incl. Coentunnel)
 - N18 / A10 (incl. Zeeburgertunnel)
 - Z47 / N15 (incl. Thomassentunnel)
 - Z76 / A15 (incl. Noordtunnel)
 - Z56 / A16 (incl. Drechttunnel)
 - Ze51 / A58 (incl. Vlaketunnel)
 - Ze58 / N681 (incl. Westerscheldetunnel)
- > Tunnel categorie D
 - Z69 / A15 (incl. Botlektunnel)
 - Z88 / A29 (incl. Heinenoordtunnel)



Bron: www.atlasleefomgeving.nl

Overzicht plasbrandaandachtsgebieden Basisnet spoor



Bron: www.atlasleefomgeving.nl

Bijlage 3: Overzicht Fysische Effecten

incidentscenario's en effecten bij transport van gevaarlijke stoffen via het spoor

scenario	spoor	incident type	effect	relevantie voor EV binnen Basisnet			
				incident buiten / effect buiten	incident in tunnel / effect parallel aan tunnel	incident in tunnel / effect bij tunnelmond	incident in tunnel / effect bij andere tunnelopeningen
brandbaar gas (onder druk tot vloeistof verdicht)	A Propan	G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 m3) door vuur	warme BLEVE hitte (vuurbal)	domino scenario: mogelijk bij bonte treinen	mogelijk bij brand in tunnel / hitte beschadigt tunnelconstructie niet	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen vooral in lengterichting relevant zijn.	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot (ruim) buiten de tunnel merkbaar zijn.
			warme BLEVE druk	effecten kleiner dan hitte: niet beschouwd	mogelijk bij brand in tunnel; overdruk beschadigt tunnel: bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken. Bij geen gronddekking: wel overdruk en brokstukken tot 30 m weg over 20 m tunnellingte ([TNO 2011]: BLEVE bij 340K)	mogelijk bij brand in tunnel: blast druk kan "terugslaan" buiten langs tunnel 0,1bar tot 50 m (AVIV)	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 50 m (AVIV)
		G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 m3) - dir. ontsteking	koude BLEVE hitte (vuurbal)	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	mogelijk bij aanrijding in tunnel / hitte beschadigt tunnelconstructie niet -> geen effect	mogelijk bij aanrijding in tunnel; effecten zullen vooral in lengterichting relevant zijn.; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot (ruim) buiten de tunnel merkbaar zijn.
			koude BLEVE druk	effecten druk niet relevant	mogelijk bij aanrijding in tunnel; overdruk beschadigt tunnel: bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken. Bij geen gronddekking: wel overdruk en brokstukken tot 30 m weg over 20 m tunnellingte ([TNO 2011]: BLEVE bij 340K)	mogelijk bij aanrijding: blast druk kan "terugslaan" buiten langs tunnel 0,1 bar tot 50 m (AVIV); effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 50 m (AVIV)
		G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 m3) - vertr. ontsteking	gaswolkexplosie	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken.	mogelijk bij aanrijding: verhoging PR en GR door druk vanuit de tunnel; blast druk kan "terugslaan" buiten langs tunnel 0,1 bar tot 45 m (AVIV); verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 45 m (AVIV)
			wolkbrand (hitte)	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR	wordt waarschijnlijk gaswolkexplosie in tunnel a.g.v. opsluiting in tunnel	hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot buiten de tunnel merkbaar zijn
		G2 G - Continue uitstroming uit 75 mm gat - dir ontsteking	fakkel	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR	mogelijk bij aanrijding: hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	mogelijk bij aanrijding: hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	als fakkel op opening van tunnel is gericht: mogelijk schade buiten tunnel
		G2 G - Continue uitstroming uit 75 mm gat - vertr. ontsteking	flash + plasverdamping -> gaswolkexplosie	mogelijk bij aanrijding: beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken.	mogelijk bij aanrijding: verhoging PR en GR door druk vanuit de tunnel; blast druk kan "terugslaan" buiten langs tunnel 0,1 bar tot 60 m (AVIV) explosie aandachtsgebied: 200 m	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 60 m (AVIV)
	flash + plasverdamping -> wolkbrand	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR	wordt waarschijnlijk gaswolkexplosie in tunnel a.g.v. opsluiting in tunnel	hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot buiten de tunnel merkbaar zijn.		
giftig en <i>zeer giftig</i> gas (onder druk tot vloeistof verdicht)	B2 Ammoniak B3 Chloor	G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 of 55 m3) door vuur	warme BLEVE druk	Niet beschouwd: door gebruik bloktreinen niet mogelijk geacht			
		G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 of 55 m3)	koude BLEVE druk	Niet mogelijk geacht: temp < hom.nucl. T			
		G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 of 55 m3)	flash + plasverdamping -> toxische wolk	mogelijk maar niet waarschijnlijk door veiligheidsmaatregelen; niet beschouwd	geen effect door afscherming tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook langs tunnel
		G2 G - Continue uitstroming uit 75 mm gat	flash + plasverdamping -> toxische wolk	beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in gifwolkaandachtsgebied: 300 m		verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel	verspreiding met wind; ook langs tunnel
zeer brandbare vloeistof	C3 Pentaan	G1 L - instantaan vrijkomen gehele inhoud -> plas 14 m	plasbrand	beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in plasbrandaandachtsgebied: 30 m		stralingshitte in verlengde van tunnel; mogelijk effect parallel aan tunnelmond asl plas uit trunnel stroomt	stralingshitte door opening naar buiten
			plasverdamping -> brandbare wolk	mogelijk wolbrand / beïnvloedt PR, GR	gaswolkexplosie, ontstekingskans verwaarloosbaar geacht [TNO 2011]	door verdunning met buitenlucht geen gevolgen [TNO 2011]	
		G2 L - continue uitstroming -> 10 m plas	plasbrand	beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in plasbrandaandachtsgebied: 30 m	geen effect door afscherming tunnel	stralingshitte in verlengde van tunnel; mogelijk effect parallel aan tunnelmond asl plas uit trunnel stroomt	stralingshitte door opening naar buiten
			plasverdamping -> brandbare wolk	mogelijk wolbrand / beïnvloedt PR, GR	onvoldoende verdamping; LEL niet bereikt [TNO 2011]		
Giftige en <i>zeer giftige</i> vloeistof	D3 Acrylnitril D4 Acreoline	G1 L - instantaan vrijkomen gehele inhoud -> plas 14 m	plasverdamping -> toxische wolk	beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in gifwolkaandachtsgebied: 300 m	geen effect door afscherming tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook langs tunnel
			G2 L - continue uitstroming -> 10 m plas	plasverdamping -> toxische wolk		verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel	verspreiding met wind; ook langs tunnel

incidentscenario's en effecten bij transport van gevaarlijke stoffen via de weg

scenario type stof	weg categorie en vb-stof	incident type	effect	relevantie voor EV binnen Basisnet			
				incident buiten / effect buiten	incident in tunnel / effect parallel aan tunnel	incident in tunnel / effect bij tunnelmond	incident in tunnel / effect bij andere tunnelopeningen
brandbaar gas (onder druk tot vloeistof verdicht)	GF0 Waterstof (LNG) GF1 Ethyleenoxide GF2 n-butaan GF3 Propan	G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 m3) door vuur	warme BLEVE hitte (vuurbal)	onwaarschijnlijk geacht, niet beschouwd	mogelijk bij brand in tunnel / hitte beschadigt tunnelconstructie niet	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen vooral in lengterichting relevant zijn.	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot (ruim) buiten de tunnel merkbaar zijn
			warme BLEVE druk		mogelijk bij brand in tunnel; overdruk beschadigt tunnel: bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken. Bij geen gronddekking: wel overdruk en brokstukken tot 30 m weg over 16 m tunnallengte ([TNO 2011]: BLEVE bij 340K)	mogelijk bij brand in tunnel; overdruk vanuit de tunnel: 0,1bar tot 50 m [AVIV 2012] (ook "terug" parallel langstunnel)	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 50 m [AVIV 2012]
		G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 m3) - dir. ontsteking	(koude) BLEVE hitte (vuurbal)	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200m	mogelijk bij aanrijding in tunnel / hitte beschadigt tunnelconstructie niet -> geen effect	mogelijk bij aanrijding in tunnel; effecten zullen vooral in lengterichting relevant zijn.; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot (ruim) buiten de tunnel merkbaar zijn
			(koude) BLEVE druk (indien temp > hom.nucl.T)	effecten druk niet relevant	mogelijk bij aanrijding in tunnel; overdruk beschadigt tunnel: bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken. bij geen gronddekking: wel overdruk en brokstukken tot 30 m weg over 16 m tunnallengte ([TNO 2011]: BLEVE bij 340K)	mogelijk bij aanrijding; blast druk kan "terugslaan" buiten langs tunnel 0,1 bar tot 40 m [AVIV 2012]; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 40 m [AVIV 2012]
		G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (50 m3) - vertr. ontsteking	gaswolkexplosie	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken.	mogelijk bij aanrijding: verhoging PR en GR door druk vanuit de tunnel; blast druk kan "terugslaan" buiten langs tunnel 0,1 bar tot 50 m [AVIV 2012]; verdisconteerd in explosie aandachtsgebied: 200 m	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 50 m [AVIV 2012]
			wolkbrand (hitte)	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR	wordt waarschijnlijk gaswolkexplosie in tunnel a.g.v. opsluiting in tunnel	hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot buiten de tunnel merkbaar zijn
		G2 G - Continue uitstroming uit 50 mm gat - dir ontsteking	fakkel	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR	hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	als fakkel op opening van tunnel is gericht: mogelijk schade buiten tunnel
		G2 G - Continue uitstroming uit 50 mm gat - vertr. ontsteking	flash + plasverdamping -> gaswolkexplosie	PR, GR en explosie aandachtsgebied: 200 m	bij 1 m gronddekking: geen externe overdruk of brokstukken.	mogelijk bij aanrijding: verhoging PR en GR door druk vanuit de tunnel; blast druk kan "terugslaan" buiten langs tunnel 0,1 bar tot 60 m [AVIV 2012]; verdisconteerd in explosieaandachtsgebied: 200 m	Opening zal als "drukaflaat" fungeren en waarschijnlijk overdruk en schade veroorzaken buiten tunnel: 0,1bar tot 60 m [AVIV 2012]
			flash + plasverdamping -> wolkbrand	mogelijk bij aanrijding / beïnvloedt GR, PR	wordt waarschijnlijk gaswolkexplosie in tunnel a.g.v. opsluiting in tunnel	hitte blijft in tunnel of in verlengde tunnel: geen externe schade	hitte wordt vanuit de tunnel naar buiten geblazen. Effecten zullen tot buiten de tunnel merkbaar zijn.
		giftig gas (onder druk tot vloeistof verdicht)	GT2 Methylmercaptaan GT3 Ammoniak GT4 Chloor GT5 Chloor	G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (16 ton) door vuur	warme BLEVE druk	onwaarschijnlijk geacht, niet beschouwd	mogelijk bij brand in tunnel; de explosiedrukken zullen kleiner zijn dan bij propan en naar verwachting niet tot significante schade leiden [TNO 2011].
koude BLEVE druk	Niet mogelijk geacht: temp < hom.nucl. T						
G1 G - Instantaan vrijkomen gehele tankinhoud (16 ton)	flash + plasverdamping -> toxische wolk			beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in gifwolkaandachtsgebied: 300 m	geen effect door afscherming tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook langs tunnel
G2 G - Continue uitstroming uit 50 mm gat	flash + plasverdamping -> toxische wolk					verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel	verspreiding met wind; ook langs tunnel
zeer brandbare vloeistof	LF1 Heptaan LF2 Pentaan	G1 L - instantaan vrijkomen gehele inhoud (23 ton) -> plas 23 m	plasbrand	beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in plasbrandaandachtsgebied: 30 m	gaswolkexplosie, ontstekingskans verwaarloosbaar geacht [TNO 2011]	stralingshitte in verlengde van tunnel; mogelijk effect parallel aan tunnelmond asl plas uit trunnel stroomt	stralingshitte door opening naar buiten
			plasverdamping -> brandbare wolk	mogelijk wolbrand / beïnvloedt PR, GR		mogelijk wolbrand tot 30 m buiten tunnel [TNO 2011]; ook terugslag langs tunnel.	
		G2 L - continue uitstroom deel van inhoud -> 10 m plas	plasbrand	beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in plasbrandaandachtsgebied: 30 m	geen effect door afscherming tunnel	stralingshitte in verlengde van tunnel; mogelijk effect parallel aan tunnelmond asl plas uit trunnel stroomt	stralingshitte door opening naar buiten
		plasverdamping -> brandbare wolk	mogelijk wolbrand / beïnvloedt PR, GR	onvoldoende verdamping; LEL niet bereikt [TNO 2011]			
Giftige vloeistof	LT1 Acroleïne LT2 Propylamine LT3 Acroleïne LT4 Methylisocyanat	G1 TL - instantaan vrijkomen gehele inhoud (23 ton) -> plas 20 m	plasverdamping -> toxische wolk	beïnvloedt GR, PR; effect verdisconteerd in gifwolkaandachtsgebied: 300 m	geen effect door afscherming tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel	tunnel werkt als "continue bron"; verspreiding met wind; ook langs tunnel
			G2 L - continue uitstroom deel van inhoud -> 10 m plas	plasverdamping -> toxische wolk			verspreiding met wind; ook "terugslag" langs tunnel