

## TNO Bouw en Ondergrond

Milieu en Leefomgeving  
Princetonplein 9  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 20 08

F

info-BenO@tno.nl

### TNO-rapport

TNO-034-UT-2009-00892\_RPT-ML

Update risicoanalyse Externe Veiligheid  
"Sporen in Utrecht"

Datum	april 2008
Auteur(s)	I.M.E. Raben M. Molag J. Hobert
Opdrachtgever	Prorail Infraprojecten T.a.v. de heer J.W. van den Brink Postbus 2038 3500 GA Utrecht
Projectnummer	034.74368
Trefwoorden	- Transport gevaarlijke stoffen - Spoor transport - Groepsrisico
Aantal pagina's	50 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	4

— 030 - 235 7104 alg  
235 7597 direct

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke 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.

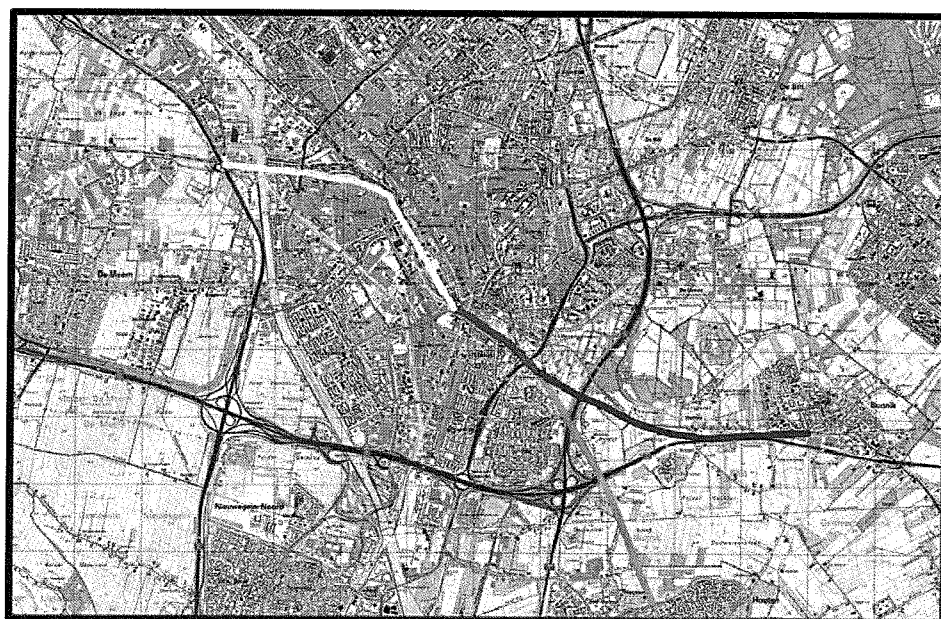
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2009 TNO

## Samenvatting

### Achtergrond

ProRail heeft in 2007 de afdeling Industriële en Externe Veiligheid van TNO Bouw en Ondergrond gevraagd een kwantitatieve risicoanalyse uit te voeren voor het railtransport over de sporen die vallen binnen het project Sporen in Utrecht (met uitzondering van Utrecht CS) en het traject tussen Bunnik en Lunetten (rode lijn onderstaande figuur). Het project 'Sporen in Utrecht' is in onderstaande figuur weergegeven met de gekleurde trajecten.



In de risicoanalyse van 2007 [1] is gerekend met de realisatiecijfers 2005 en bevolking van 2002 (huidige situatie) en de beleidsvrije marktprognosecijfers van 2003 (BMP2003) en bevolking van 2010 (de toekomstige situatie). Voor de voorliggende risicoanalyse is er gerekend met de realisatiecijfers voor 2006 en de "Marktverwachting Vervoer Gevaarlijke stoffen per spoor" (MV 2007). Deze laatste is door ProRail Capaciteitsmanagement bekend gemaakt.

### Vraagstelling

Prorail heeft TNO opdracht gegeven om een update van de risicoanalyse van 2007 uit te voeren op basis van de realisatiecijfers 2006 en de Marktverwachting.

### Uitgangspunten

De transportaantallen zijn weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 1-1 Transportcijfers voor de verschillende trajecten.

Traject	A Brandbare gassen	B2 Giftige gassen	B3 Zeer giftige gassen	C3 Zeer brandbare vloeistoffen	D3 Acrylnitril	D4 Zeer giftige vloeistoffen
<b>Realisatie 2006</b>						
Vleuten-Utrecht CS	1050	0	0	2850	50	400
Utrecht CS- Lunetten	1050	2500	0	2900	50	400
Bunnik-Lunetten	1000	0	0	2850	50	400
Houten-Lunetten	100	2550	0	300	50	0
<b>Marktverwachting</b>						
Vleuten-Utrecht CS	0	0	0	0	0	0
Utrecht CS- Lunetten	600	4700	0	1200	200	100
Bunnik-Lunetten	0	0	0	0	0	0
Houten-Lunetten	600	4700	0	1200	200	100

Onderstaand zijn de belangrijkste conclusies van deze update van de risicoanalyse "Sporen in Utrecht" weergegeven.

#### Conclusies plaatsgebonden risico

Zowel voor de huidige als toekomstige situatie ontstaat geen plaatsgebonden  $10^{-6}$  per jaar risicocontour. Vanuit het plaatsgebonden risico is er geen beperking aan het gebruik van de ruimte aangrenzend aan de sporen.

#### Conclusies groepsrisico

In de huidige situatie wordt de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport voor twee kilometersecties op het traject Vleuten – Utrecht CS overschreden en voor twee kilometersecties op het traject Utrecht CS – Lunetten (zie ook Tabel 1-2). Deze overschrijding wordt met name veroorzaakt door het transport van brandbare gassen (categorie A). In de toekomstige situatie is er voor geen enkel traject sprake van een overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico. Voor het traject Houten- Lunetten neemt het groepsrisico echter wel toe door een toename van het aantal transporten. Voor het traject Vleuten-Utrecht<sup>1</sup> als ook voor het traject Bunnik – Lunetten bestaat geen groepsrisico meer doordat hierover geen transport van gevaarlijke stoffen meer zal plaatsvinden.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van hoe het groepsrisico zich verhoudt tot de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport. Hiervoor is de frequentie van de groepsrisicocurve bij een bepaalde slachtoffercategorie gedeeld door de frequentie van de oriënterende waarde van het groepsrisico bij dezelfde slachtoffercategorie. In onderstaande tabel is het maximale quotiënt hiervan weergegeven. Een waarde kleiner dan 1 betekent dat het groepsrisico lager is dan de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport en een waarde groter dan 1 betekent dat er sprake is van een overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport.

<sup>1</sup> Over een deel van kilometersectie 1 (dichtst bij Utrecht CS) op het traject Vleuten – Utrecht CS vindt nog wel vervoer van gevaarlijke stoffen plaats vanuit de richting Breukelen. Het traject Breukelen – Utrecht CS valt buiten het bereik van deze studie en is niet meegenomen in de berekening. Het groepsrisico voor deze kilometer zal derhalve zowel in de huidige als in de toekomstige situatie hoger zijn dan weergegeven in tabel 5-1.

Tabel 1-2 Maximaal quotiënt voor de deeltrajecten binnen 'Sporen in Utrecht'.

Traject/kilometersectie	Maximaal quotiënt huidige situatie	Maximaal quotiënt toekomstige situatie	Verantwoording groepsrisico vereist o.b.v. [4]
<b>Vleuten- Utrecht CS (gele traject)</b>			
Km 1 <i>(o centrum)</i>	1.4	0	Nee
Km 2	1.1	0	Nee
Km 3 <i>ARK</i>	0.1	0	Nee
<b>Utrecht CS – Lunetten (rode traject)</b>			
Km1 <i>bi centrum</i>	1.1	0.8	Nee
Km2 <i>Oostelijke</i>	2.4	0.5	Nee
Laatste km	0.9	0.1	Nee
<b>Bunnik- Lunetten (blauwe traject)</b>			
Km1	0.005	0	Nee
Km2	0.002	0	Nee
<b>Houten – Lunetten (groene traject)</b>			
Km1	0,02	0,09	Ja
Km2	0.001	0.007	Ja
Km3	<0.001	<0.001	Ja

In de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [4] is verwoord dat elke overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport of elke toename van het groepsrisico verantwoord dient te worden. Uit bovenstaande tabel kan worden afgeleid dat alleen voor het traject Houten- Lunetten een verantwoording van het groepsrisico vereist is.

#### Opmerking

Voor het vervoer van zeer giftige gassen in de toekomstige situatie is nog geen rekening gehouden met het beëindigen van het DSM ammoniakvervoer op het traject Vleuten-Utrecht-Breukelen zoals recent is overeengekomen tussen DSM en de ministeries van V&W en VROM. Indien hier wel rekening mee wordt gehouden zal het groepsrisico voor de toekomstige situatie op het traject Utrecht Lunetten – Utrecht CS verder afnemen.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Toetsingscriteria en methodiek risicoanalyse</b> .....	<b>7</b>
2.1	Toetsingscriteria .....	7
2.2	Toegepaste methodiek .....	9
<b>3</b>	<b>Beschrijving van de onderzochte varianten</b> .....	<b>10</b>
3.1	Spoortraject.....	10
3.2	Huidige situatie .....	11
3.2.1	Algemeen.....	12
3.2.2	Transportgegevens .....	12
3.2.3	Bevolking.....	12
3.3	Toekomstige situatie .....	13
3.3.1	Algemeen.....	13
3.3.2	Transportgegevens .....	13
3.3.3	Bevolkingsgegevens .....	14
3.4	Weerscondities.....	14
<b>4</b>	<b>Ongevalscenario's</b> .....	<b>15</b>
4.1	Schade-effecten.....	15
4.1.1	Brandbaar gas (categorie A) .....	15
4.1.2	Giftig gas (categorie B2, B3).....	16
4.1.3	Zeer brandbare vloeistof (categorie C3) .....	16
4.1.4	Giftige en zeer giftige vloeistof (categorie D3, D4) .....	16
4.2	Ongevalsequenties.....	16
<b>5</b>	<b>Resultaten risicoberekening</b> .....	<b>17</b>
5.1	Plaatsgebonden risico .....	17
5.2	Groepsrisico .....	19
5.2.1	Traject Vleuten-Utrecht CS .....	19
5.2.2	Utrecht CS- Lunetten.....	21
5.2.3	Bunnik- Lunetten .....	24
5.2.4	Lunetten-Houten .....	26
<b>6</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Verantwoording</b> .....	<b>34</b>

### Bijlagen:

- A Toegepaste bevolkingsgegevens
- B Bevolking
- C Toegepaste frequenties
- D Ongevalsscenario's

# 1 Inleiding

In 2007 is TNO, afdeling Industriële en Externe Veiligheid, door Prorail gevraagd een kwantitatieve risicoanalyse uit te voeren voor het railtransport dat over de sporen binnen het project 'Sporen in Utrecht' loopt [1]. In verband met het verschijnen van de "Marktverwachting Vervoer Gevaarlijke stoffen per spoor" [19] in september 2007 heeft Prorail TNO gevraagd een update uit te voeren van de risicoanalyse. Het doel van deze studie is een reëel beeld te geven van de externe veiligheidssituatie voor de huidige en toekomstige situatie voor het transport van gevaarlijke stoffen over 'Sporen in Utrecht'. In dit rapport worden de resultaten van de risicoberekening gepresenteerd met uitzondering van het transport door Utrecht CS. Hiervoor wordt tevens een risicoanalyse uitgevoerd. De resultaten van het plaatsgebonden risico voor het Centraal Station zijn met de resultaten van de voorliggende risicoanalyse Sporen in Utrecht geïntegreerd. Voor het groepsrisico wordt verwezen naar het rapport Risicoanalyse van het railtransport in het Stationsgebied Utrecht [2].

Voor de uitvoering en rapportage van het huidige project is [1] als basis gebruikt.

De opbouw van het rapport is als volgt:

- In hoofdstuk 2 wordt het toetsingskader en de toegepaste methodiek beschreven voor de risicoanalyse.
- In hoofdstuk 3 wordt de situatie beschreven, waarbij wordt weergegeven welke bevolkingsgegevens en transportgegevens worden gebruikt.
- In hoofdstuk 4 worden vervolgens de ongevalsscenario's die als gevolg van het railtransport op kunnen treden beschreven.
- Hoofdstuk 5 geeft de resultaten van de risicoanalyse weer.
- Tot slot worden in hoofdstuk 6 de belangrijkste conclusies weergegeven.

## 2 Toetsingscriteria en methodiek risicoanalyse

In dit hoofdstuk worden de toetsingscriteria en de methodiek beschreven die gebruikt of van toepassing zijn op de kwantitatieve risicoanalyse.

### 2.1 Toetsingscriteria

Activiteiten met gevaarlijke stoffen kunnen gevaren opleveren voor de omgeving. Indien een bepaalde activiteit daadwerkelijk risico's oplevert voor de omgeving, dient in het geval van ruimtelijke ontwikkelingen in de nabijheid van deze activiteit of veranderingen aan de risicobron, onderzocht te worden of dit relevant is voor de externe veiligheidssituatie. De externe veiligheidssituatie dient hierbij getoetst te worden aan het *plaatsgebonden risico* en aan het *groepsrisico*. Voor transportrisico's, zoals het transport van gevaarlijke stoffen per spoor, zijn de toetsingscriteria opgenomen in de Circulaire Risiconormering Vervoer van gevaarlijke stoffen (RNVGS, [4]).

Het *plaatsgebonden risico* door een activiteit geeft de kans aan dat iemand die voortdurend (onbeschermd) op een bepaalde plaats zou verblijven, ten gevolge van enig ongevoon voorval binnen die activiteit om het leven komt.

Het plaatsgebonden risico (PR) wordt op een kaart weergegeven door middel van zogenoemde iso-risico contouren. Dit zijn lijnen op een omgevingskaart die punten met dezelfde kans op overlijden met elkaar verbinden.

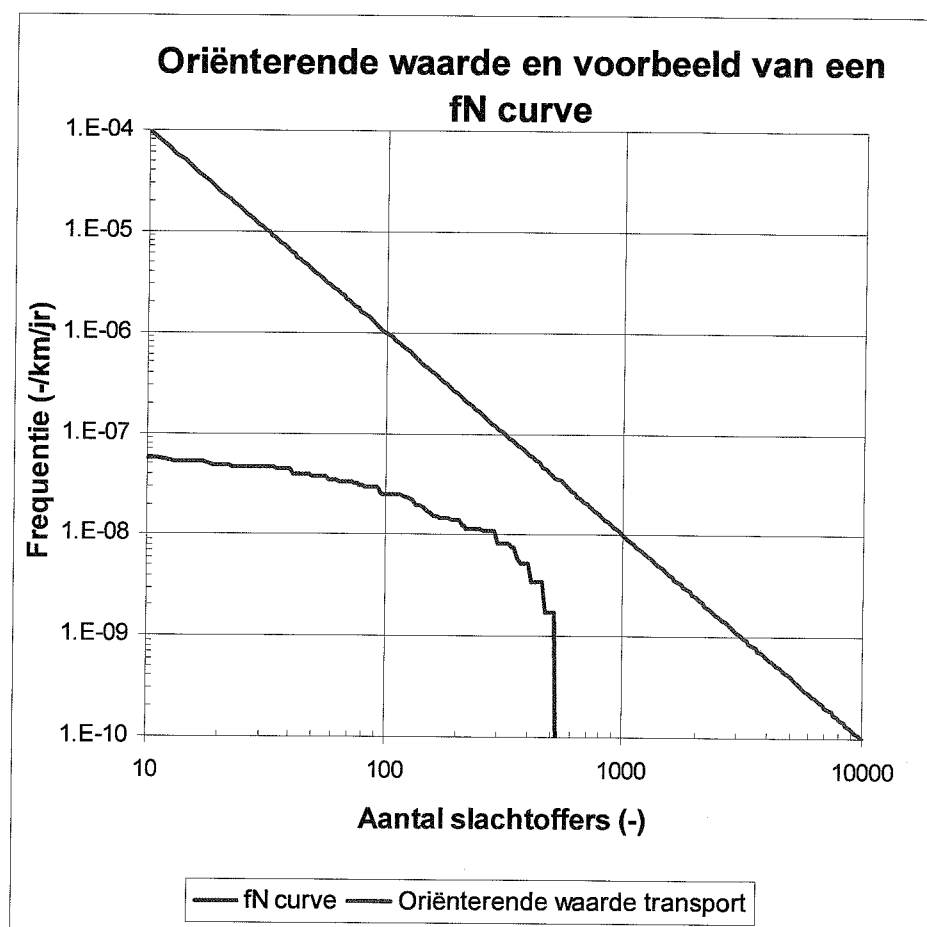
De contour  $PR = 10^{-6}$  per jaar (kans op overlijden van één op een miljoen per jaar) geldt als grenswaarde voor nieuwe kwetsbare objecten. Binnen de  $10^{-6}$  per jaar plaatsgebonden risicocontour mogen geen nieuwe kwetsbare objecten worden gerealiseerd. Voor bestaande kwetsbare objecten geldt een grenswaarde van  $10^{-5}$  per jaar en een streefwaarde van  $10^{-6}$  per jaar. De definitie voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten is opgenomen in [4]. In grote lijnen komt het er op neer dat kwetsbare objecten locaties zijn waar mensen zich gedurende langere tijd bevinden en/of die dienen voor het verblijf van kwetsbare en/of grote groepen personen (zoals woningen, verpleegtehuizen, scholen, maar ook evenementengelegenheden zoals een voetbalstadion, e.d.).

Het *groepsrisico* is een maat voor de maatschappelijke ontwrichting. Groepsrisico beschouwt de aanvaardbaarheid van grote rampen met een kleine kans van optreden. Het groepsrisico wordt bepaald door de cumulatieve kans per kilometer per jaar dat in één keer een groep van ten minste een bepaalde grootte zal overlijden als gevolg van een ongeval tijdens de beschouwde activiteit.

Het groepsrisico (GR) wordt gepresenteerd in een figuur (fN-curve) waarin het aantal slachtoffers (N) wordt uitgezet tegen de cumulatieve kans op ongevallen met dit aantal slachtoffers. Strikt genomen is er van groepsrisico sprake als er door een incident gelijktijdig 10 of meer mensen kunnen overlijden. In de praktijk worden in GR-berekeningen ook lagere slachtofferaantallen meegenomen.

Voor transportroutes wordt het groepsrisico gepresenteerd voor routes (of routedelen) met een lengte van 1 kilometer. De oriënterende waarde is een minimum aantal van 10 slachtoffers bij een frequentie van optreden van  $10^{-4}$  per jaar en een minimum aantal van 100 slachtoffers bij een frequentie van optreden van  $10^{-6}$  per jaar.

In onderstaande figuur 2-1 wordt dit gepresenteerd.



Figuur 2-1 Voorbeeld van een fN-curve van het groepsrisico; de rechte lijn is de oriënterende waarde voor transport.

In de circulaire RNVGS is opgenomen dat bij een overschrijding van de oriëntatiewaarde en/of een toename van het groepsrisico een verantwoording van het groepsrisico nodig is. Bij de verantwoording van het groepsrisico is het nodig, dat wordt aangegeven hoe hoog het groepsrisico is en in welke mate dit verandert ten gevolge van de voorgestelde ontwikkeling, wat de personendichtheid in het invloedsgebied is, wat de mogelijkheden zijn voor de beperking van het risico, de zelfredzaamheid en hulpverlening in geval een calamiteit daadwerkelijk optreedt. Tevens moet worden aangegeven welke alternatieven er zijn: wat zijn de voor- en nadelen van andere ruimtelijke ontwikkelingen.

Voor de verantwoording van het groepsrisico is een handreiking beschikbaar [5] en het Toetsingskader Externe Veiligheid [6]. In dit toetsingskader wordt invulling gegeven aan de lokale verantwoordingsplicht. De criteria Zelfredzaamheid (= mogelijkheid van de aanwezigen om zichzelf in veiligheid te brengen), Beheersbaarheid (= mogelijkheden hulpverlening) en Resteffect (= gevolgen van de calamiteit) worden in de toetsingskader verder uitgewerkt. Deze criteria spelen een belangrijke rol in de verantwoording van het groepsrisico. Bij toepassen van het Toetsingskader speelt het identificeren en kwalificeren van de mogelijke risicoreducerende maatregelen een



belangrijke rol. Echter de uitwerking van de verantwoordingsplicht van het groepsrisico maakt geen onderdeel van dit project. De opdracht van ProRail strekt zich tot de uitvoering van kwalitatieve risicoanalyse, waarbij het plaatsgebonden risico en de hoogte van het groepsrisico worden bepaald.

## 2.2 Toegepaste methodiek

Voor het berekenen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico wordt aangesloten bij de voor dit onderzoek beschikbare standaarddocumenten. In hoofdzaak wordt hierbij gebruik gemaakt van de uitgangspunten zoals geformuleerd in:

- Guidelines for Quantitative Risk Assessment, het Paarse boek [7].
- Rekenprotocol vervoer gevaarlijke stoffen per spoor [12]
- Achtergronddocument RBMII [14].

De transportrisico's zijn berekend met het softwareprogramma RiskCurves 7.54 [10]. De effectafstanden die bij deze berekening zijn gebruikt, zijn afgeleid van de effectafstanden die in RBMII worden gebruikt [15].

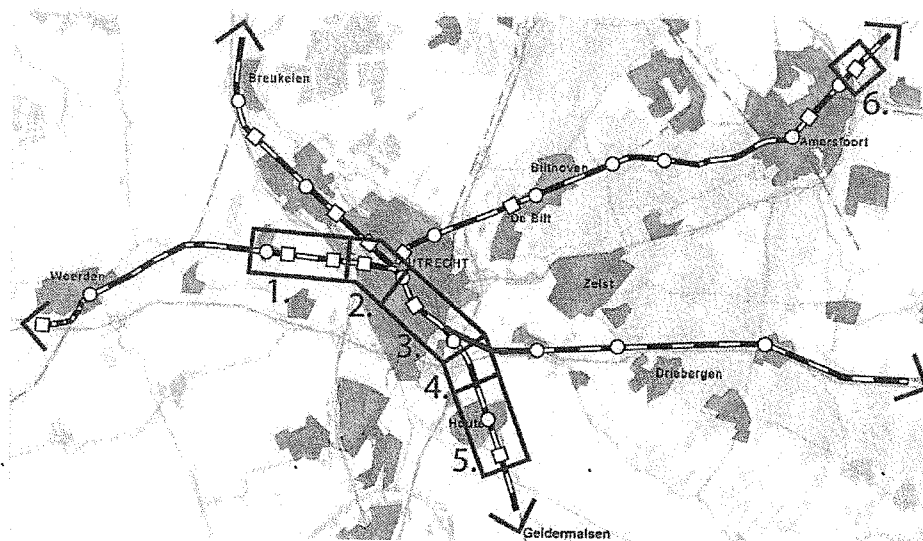
### 3 Beschrijving van de onderzochte varianten

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de huidige en toekomstige bevolkingssituatie rondom de sporen behorende bij het project 'Sporen in Utrecht', alsmede een beschrijving van het spoortraject.

#### 3.1 Spoortraject

Het traject dat onder het project 'Sporen in Utrecht' valt, is in onderstaande figuur weergegeven met de blokken 1 t/m 5. De risicoanalyse die in dit rapport wordt beschreven, heeft betrekking op dit traject, met uitzondering van het Centraal Station Utrecht. Hiervoor worden in een ander project berekeningen voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico uitgevoerd<sup>1</sup>. Tevens is op verzoek van ProRail een risicoanalyse uitgevoerd voor het traject tussen de gemeentegrens Bunnik tot de aansluiting met het 'Sporen in Utrecht'-traject. Dit is het traject dat in de figuur met een rode lijn is weergegeven.

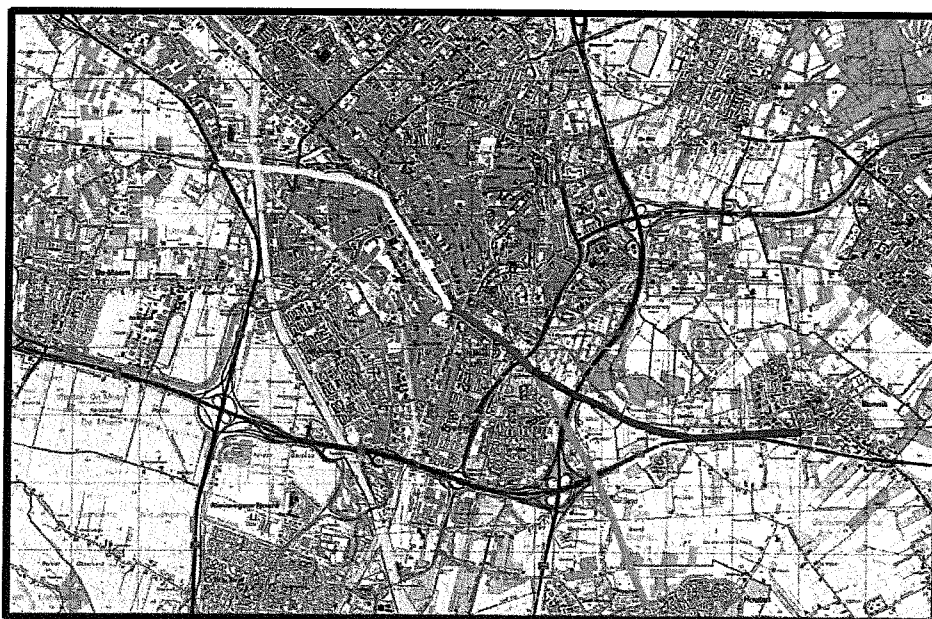
De berekeningen zijn uitgevoerd in de richting Houten t/m km 5.5 (gemeentegrens Houten), in de richting Bunnik t/m km 39.6 (gemeentegrens Bunnik) en in de richting Vleuten t/m km 2.9.



Figuur 3-1 'Sporen in Utrecht'.

Omdat over het traject binnen het project 'Sporen in Utrecht' verschillen zijn in de stoffen die worden vervoerd en de hoeveelheden, is het traject voor de berekening van het groepsrisico opgedeeld in deeltrajecten. In onderstaande figuur zijn de verschillende deeltrajecten met kleuren weergegeven.

<sup>1</sup> De conceptresultaten van de studie die is uitgevoerd voor het Centraal station Utrecht zijn meegenomen in de berekening van het plaatsgebonden risico. Zie hiervoor hoofdstuk 5, resultaten.



Figuur 3-2 Deeltrajecten 'Sporen in Utrecht'.

*Vleuten – Utrecht CS (en vise versa)*

Het deeltraject Vleuten-Utrecht CS betreft het deeltraject dat in Figuur 3-2 met geel is weergegeven. Dit traject sluit op het coördinaat (135753, 456171) aan op het traject Utrecht CS (witte deeltraject).

*Utrecht CS – Lunetten (en vise versa)*

Het deeltraject Utrecht CS-Lunetten wordt in bovenstaande figuur met rood weergegeven. Dit deeltraject sluit aan op de berekeningen die in [1] zijn uitgevoerd voor Utrecht CS (hier in het wit weergegeven). In coördinaatpunt (136260, 455310) sluit dit deeltraject aan op spoor 10 en in coördinaatpunt (136157, 455361) aan op spoor 16.

*Houten – Lunetten (en vise versa)*

Het deeltraject Houten-Lunetten wordt in bovenstaande figuur weergegeven met groen. Dit traject sluit in de coördinaatpunten (137971, 453701) en (137916, 453721) aan op het traject Utrecht CS – Lunetten.

*Bunnik – Lunetten (en vise versa)*

Het deeltraject Bunnik-Lunetten is in Figuur 3-2 weergegeven met blauw. Het deeltraject Bunnik-Lunetten sluit in het coördinaatpunt (137971, 453701) aan op het deeltraject Utrecht CS-Lunetten.

### 3.2 Huidige situatie

In deze paragraaf worden de transportgegevens en de bevolkingsgegevens gegeven die bij de risicoberekening voor de huidige situatie worden toegepast.

### 3.2.1 Algemeen

Ten aanzien van de railinfrastructuur over het beschouwde traject gelden voor de huidige situatie de volgende uitgangspunten:

- In het baakvak zijn wissels aanwezig;
- In het baanvak zijn overwegen afwezig
- De toegestane maximum snelheid is hoger dan 40 km/uur
- Het baanvak is niet voorzien van extra veiligheidsmaatregelen in de vorm van ATB nieuwe generatie of hotboxdetectie.
- Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen geldt de volgende verhouding tussen dag en nacht:
  - Dag/nacht verhouding is voor 33/67
  - Giftige gassen: 100% gedurende de meteorologische nacht <sup>1</sup>
- Het transport van gevaarlijke stoffen vindt plaats in bonte treinen met uitzondering van het transport van giftige gassen (B2 en B3).

### 3.2.2 Transportgegevens

Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen in de huidige situatie wordt uitgegaan van de realisatiecijfers 2006 [16]. Het aantal wagons dat per stofcategorie in de huidige situatie wordt vervoerd is weergegeven in onderstaande tabel. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen de verschillende roudedelen van het traject 'Sporen in Utrecht'.

Tabel 3-1 Toegepaste transportgegevens huidige situatie.

Traject	A Brandbare gassen	B2 Giftige gassen	B3 Zeer giftige gassen	C3 Zeer brandbare vloeistoffen	D3 Acrylnitril	D4 Zeer giftige vloeistoffen
Vleuten-Utrecht CS	1050	0	0	2850	50	400
Utrecht CS- Lunetten	1050	2500	0	2900	50	400
Bunnik-Lunetten	1000	0	0	2850	50	400
Houten-Lunetten	100	2550	0	300	50	0

### 3.2.3 Bevolking

Voor de bevolkingsaantallen is voor de aanwezigheid uitgegaan van de bevolkingsbestanden die voor de ANKER-studie zijn gebruikt.<sup>2</sup> Voor de huidige situatie is uitgegaan van het bestand dat de aanwezigheid in 2002 weergeeft.

Bij de berekeningen van het groepsrisico in de huidige situatie is de bevolking geïnventariseerd tot op een afstand van in ieder geval 2300 meter vanaf het hart van het spoor. Deze afstand komt overeen met de afstand die in het rekenprotocol vervoer gevaarlijke

<sup>1</sup> Onder de meteorologische nacht wordt de periode tussen 18:30 uur en 8:00 uur verstaan. De meteorologisch dag is de periode tussen 8:00 uur en 18:30 uur.

<sup>2</sup> De ANKER-studie is in opdracht van het ministerie van Verkeer en Waterstaat uitgevoerd met als doel de consequenties van het vastleggen in een wettelijke regeling van de eisen die aan de externe veiligheid worden gesteld. Voor het bepalen van de consequenties ten aanzien van het groepsrisico zijn op basis van ACN-bestanden, LISA-bestanden en een voorzieningenbestand twee bevolkingsbestanden voor heel Nederland gecreëerd [ankerbijlage 1]. Eén bevolkingsbestand betreffende het jaar 2002 en één betreffende de te verwachten de bevolking voor het jaar 2010.

stoffen per spoor [12] wordt aangegeven tot waar geïnventariseerd moet worden als toxische vloeistoffen (stofcategorie D4) over het betreffende traject wordt vervoerd [12].

In bijlage A is een overzicht gegeven van de gebruikte aanwezigheidsgegevens. Hierbij is ingezoomd op de aanwezigheidsgegevens rondom het desbetreffende traject. De berekeningen zijn uitgevoerd met het gehele aanwezigheidsbestand. De bevolking is hier voor de verschillende deeltrajecten weergegeven, aangezien over deze deeltrajecten verschillende stoffen en hoeveelheden worden vervoerd. In B is beschreven hoe de dag en nacht bevolkingsbestanden tot stand komen.

### 3.3 Toekomstige situatie

In deze paragraaf worden de transportgegevens en de bevolkingsgegevens gegeven die gebruikt zijn bij de risicoberekening voor de toekomstige situatie.

#### 3.3.1 Algemeen

Ten aanzien van de railinfrastructuur over het beschouwde traject gelden voor de toekomstige situatie de volgende uitgangspunten:

- In het baakvak zijn wissels aanwezig;
- In het baanvak zijn overwegen afwezig
- De toegestane maximum snelheid is hoger dan 40 km/uur
- Het baanvak is niet voorzien van extra veiligheidsmaatregelen in de vorm van ATB nieuwe generatie of hotboxdetectie.
- Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen geldt de volgende verhouding tussen dag en nacht: 0/100. Dit betekent dat het transport volledig plaats vindt gedurende de meteorologische nacht)
- Het transport van gevaarlijke stoffen vindt plaats in bonte treinen met uitzondering van het transport van giftige gassen (B2 en B3).

#### 3.3.2 Transportgegevens

Het aantal wagons dat in de toekomstige situatie per jaar wordt vervoerd is gebaseerd op de marktprognose uit september 2007 van ProRail en weergegeven in onderstaande tabel [16]. Voor het vervoer van zeer giftige gassen in de toekomstige situatie is nog geen rekening gehouden met het beëindigen van het DSM ammoniakvervoer op het traject Vleuten-Utrecht-Breukelen zoals onlangs is overeengekomen tussen DSM en de ministeries van V&W en VROM [20].

Tabel 3-2 Toegepaste transportgegevens toekomstige situatie.

Traject	A Brandbare gassen	B2 Giftige gassen	B3 Zeer giftige gassen	C3 Zeer brandbare vloeistoffen	D3 Acrylnitril	D4 Zeer giftige vloeistoffen
Vleuten-Utrecht CS	0	0	0	0	0	0
Utrecht CS- Lunetten	600	4700	0	1200	200	100
Bunnik-Lunetten	0	0	0	0	0	0
Houten-Lunetten	600	4700	0	1200	200	100

In bijlage D zijn tabellen opgenomen die de ongevalsscenario's en -frequenties voor de huidige en toekomstige situatie tonen.

### 3.3.3 *Bevolkingsgegevens*

Voor de toekomstige situatie is voor de aanwezigheid tevens gebruik gemaakt van de bevolkingsbestanden uit de ANKER-studie. Voor de berekening van het groepsrisico is gebruik gemaakt van het toekomstbestand dat een verwachte aanwezigheid voor 2010 weergeeft.

Voor de toekomstige situatie is de aanwezigheid geïnventariseerd tot op in ieder geval 1500 meter uit het hart van het spoor. Deze afstand komt overeen met de aanbevolen afstand uit [12] als vervoer van toxische gassen de grootste effectafstand opleveren. In bijlage A is een overzicht gegeven van de gebruikte aanwezigheidsgegevens. In B is beschreven hoe de dag en nacht bevolkingsbestanden tot stand komen.

## 3.4 **Weerscondities**

Voor de scenario's van vrijkomen van gevaarlijke stoffen is de verspreiding van producten naar de omgeving van belang. De verspreiding van een gaswolk is, onder andere, afhankelijk van de heersende stabiliteitsklasse, de windsnelheid en de windrichting. De dispersieberekeningen worden uitgevoerd voor 6 weerklassen, één en ander conform het Paarse Boek [7].

Voor de meteorologische data is voor deze studie uitgegaan van meteostation Soesterberg, zoals vermeld in het Paarse Boek. De voor de studie gehanteerde weersgegevens zijn voor waarnemingsstation Soesterberg samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 3-3 Verdeling over weerklassen.

Weerklasse	% dag	% nacht
B3	11,0	0,0
D1.5	8,9	11,2
D5	17,4	12,0
D9	12,7	6,4
E5	0,0	4,4
F1.5	0,0	15,8

## 4 Ongevalsecenario's

### 4.1 Schade-effecten

Uit de in hoofdstuk 3 genoemde gevaarlijke stoffen die over de sporen binnen het project 'Sporen in Utrecht' worden vervoerd kan worden afgeleid welke scenario's van belang zijn voor het vaststellen van het groepsrisico en het plaatsgebonden risico. Hieronder volgt per stofcategorie een korte beschrijving van de mogelijke scenario's.

Voor alle stofcategorieën worden 2 scenario's beschouwd:

- Instantaan vrijkomen van de inhoud;
- Uitstroming uit een gat van 3 inch.

Voor de berekening van de schade is aangesloten bij de schadeafstanden die met RBM II [15] worden berekend.

De schadeafstanden staan weergegeven in bijlage D.

#### 4.1.1 Brandbaar gas (categorie A)

Een ongeval met brandbaar gas kan worden veroorzaakt door een gat in de tank waarbij gedurende een bepaalde periode een hoeveelheid gas vrijkomt uit de tank. Ook is een scenario denkbaar waarbij de tank faalt en de gehele inhoud instantaan vrijkomt. De totale inhoud van een tank met brandbaar gas bedraagt maximaal 48 ton. In beide gevallen is het mogelijk dat het gas onmiddellijk ontsteekt of dat ontsteking pas na enige tijd plaats vindt. In het laatste geval heeft zich dan al een gaswolk gevormd en deze gaswolk zal ontbranden.

Bij een continue uitstroming en een directe ontsteking ontstaat een fakkelbrand. De volledige inhoud kan ook ineens vrijkomen. Door de instantane verdamping treedt een fysische explosie op ook wel Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) genoemd. Vaak wordt de gaswolk ontstoken en treedt ook een vuurbal op. Er zijn twee oorzaken voor het optreden van een BLEVE:

- Ten gevolge van een mechanisch impact (botsing of ontsporing) of materieel defect scheurt de tank instantaan open bij omgevingstemperatuur en -druk. Dit wordt een "koude" BLEVE genoemd.
- Een BLEVE kan ook ontstaan doordat in de buurt van de wagon met brandbaar gas een brand ontstaat, bijvoorbeeld door het vrijkomen van brandbare vloeistof uit een nabijgelegen wagon. Door de warmtestraling van de brand zal de inhoud van de gaswagon opwarmen en de druk in de betreffende wagon oplopen. Wanneer de wandtemperatuur aan de bovenzijde (gaszijde) boven de 500 °C komt zal de stalen tankwand verzwakken en bezwijken. Dit wordt een "warme" BLEVE genoemd. Door de hogere druk van LPG in de tank bij het bezwijken zijn de gevolgen groter dan bij een koude BLEVE.

Letsel onder de in de nabije omgeving aanwezige personen kan ontstaan door direct vlamcontact of door warmtestraling op een wat grotere afstand van het vuur. Tevens treden drukeffecten op.

Voor alle scenario's met brandbare gassen geldt dat het letsel vrijwel onmiddellijk optreedt na het ontstaan van het ongeval. De scenario's met brandbare gassen zijn het meest relevant voor het groepsrisico, gezien het relatief grote schadegebied en de hoge sterftekans binnen dit gebied.

#### 4.1.2 *Giftig gas (categorie B2, B3)*

Bij het vrijkomen van een giftig gas kan letsel ontstaan bij personen door blootstelling aan het toxische gas. Vanwege de benodigde tijd voor de verspreiding van het gas en de blootstellingduur van de aanwezige personen gaat er enige tijd overheen voordat de eerste slachtoffers vallen. Ook tussen het tijdstip dat het eerste slachtoffer wordt getroffen en het laatste zit geruime tijd. In de berekening wordt zowel uitstroming uit een gat als instantaan vrijkomen meegenomen.

#### 4.1.3 *Zeer brandbare vloeistof (categorie C3)*

In de risicoberekening worden voor deze categorie conform [7] twee plasgroottes aangenomen, te weten een plasoppervlak van 300 m<sup>2</sup> voor een continue uitstroming en een plasoppervlak van 600 m<sup>2</sup> voor het instantaan vrijkomen van de gehele inhoud. Bij directe ontsteking van de vloeistof ontstaat een plasbrand. Mensen die zich in deze plas bevinden zullen omkomen. Bij verdamping van de vloeistof en ontsteking van de ontstane gaswolk kunnen mensen ook letsel oplopen wanneer ze zich binnen de gevormde gaswolk bevinden. Letsel zal vrijwel meteen na het ontstaan van het ongeval optreden. Voor zeer brandbare vloeistoffen geldt dat de schadeafstanden vrij beperkt zijn. De warmtestraling van een plasbrand dient voor alle 6 weerklassen te worden beschouwd.

#### 4.1.4 *Giftige en zeer giftige vloeistof (categorie D3, D4)*

In de risicoberekeningen worden voor beide stofcategorieën twee uitstroomhoeveelheden meegenomen. Na verdamping ontstaat een gaswolk. Door blootstelling aan deze gaswolk treedt bij een percentage van de aanwezigen letsel op. Net als bij de scenario's met giftige gassen zit er enige tijd tussen het ontstaan van het ongeval en het optreden van letsel. Scenario's met (zeer) giftige vloeistoffen zijn vaak van belang vanwege de grote effectafstanden. De overlijdenskans in de wolk is echter niet zo groot. Bovendien geniet men binnenshuis nog enige bescherming tegen dit scenario.

## 4.2 **Ongevalsefrequenties**

De gebruikte ongevals-frequenties staan vermeld in bijlage C. In bijlage D staat gegeven hoe de frequenties zijn bepaald en staan de gebruikte route en de correctiefactoren.



## 5 Resultaten risicoberekening

In deze studie zijn het plaatsgebonden risico en het groepsrisico voor de huidige en de toekomstige situatie berekend. In dit hoofdstuk worden de resultaten van deze berekening gepresenteerd. De transportcijfers staan hieronder samengevat.

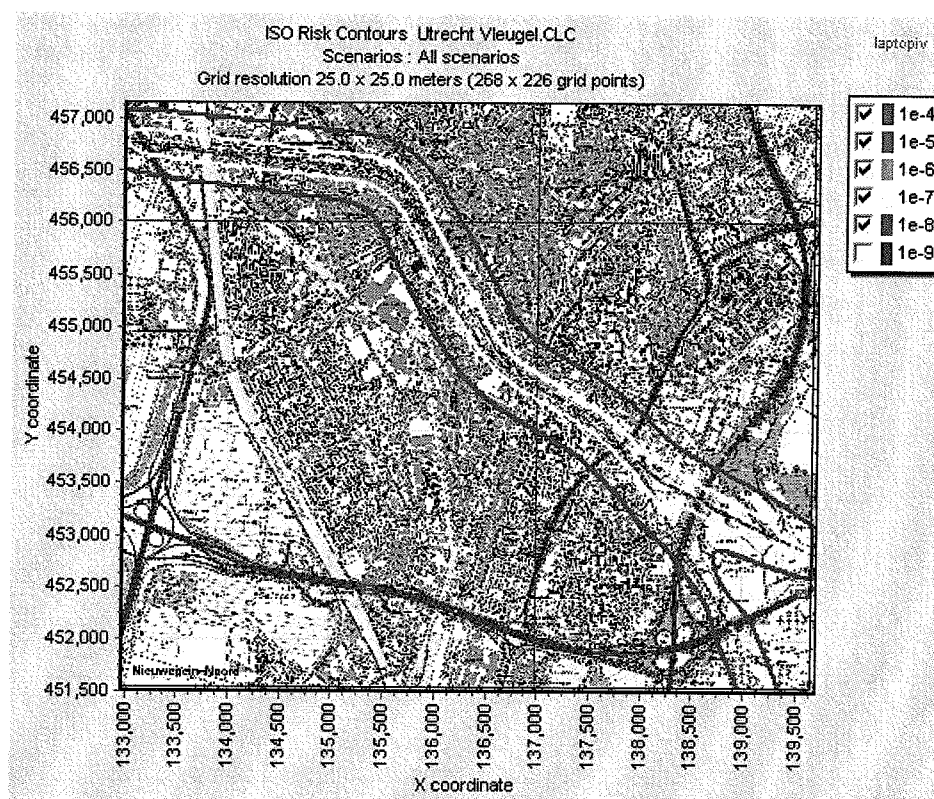
Tabel 5-1 Toegepaste transportgegevens

Traject	A Brandbare gassen	B2 Giftige gassen	B3 Zeer giftige gassen	C3 Zeer brandbare vloeistoffen	D3 Acrylnitril	D4 Zeer giftige vloeistoffen
<b>Huidig (realisatie 2006)</b>						
Vleuten-Utrecht CS	1050	0	0	2850	50	400
Utrecht CS- Lunetten	1050	2500	0	2900	50	400
Bunnik-Lunetten	1000	0	0	2850	50	400
Houten-Lunetten	100	2550	0	300	50	0
<b>Toekomst (marktprognose)</b>						
Vleuten-Utrecht CS	0	0	0	0	0	0
Utrecht CS- Lunetten	600	4700	0	1200	200	100
Bunnik-Lunetten	0	0	0	0	0	0
Houten-Lunetten	600	4700	0	1200	200	100

### 5.1 Plaatsgebonden risico

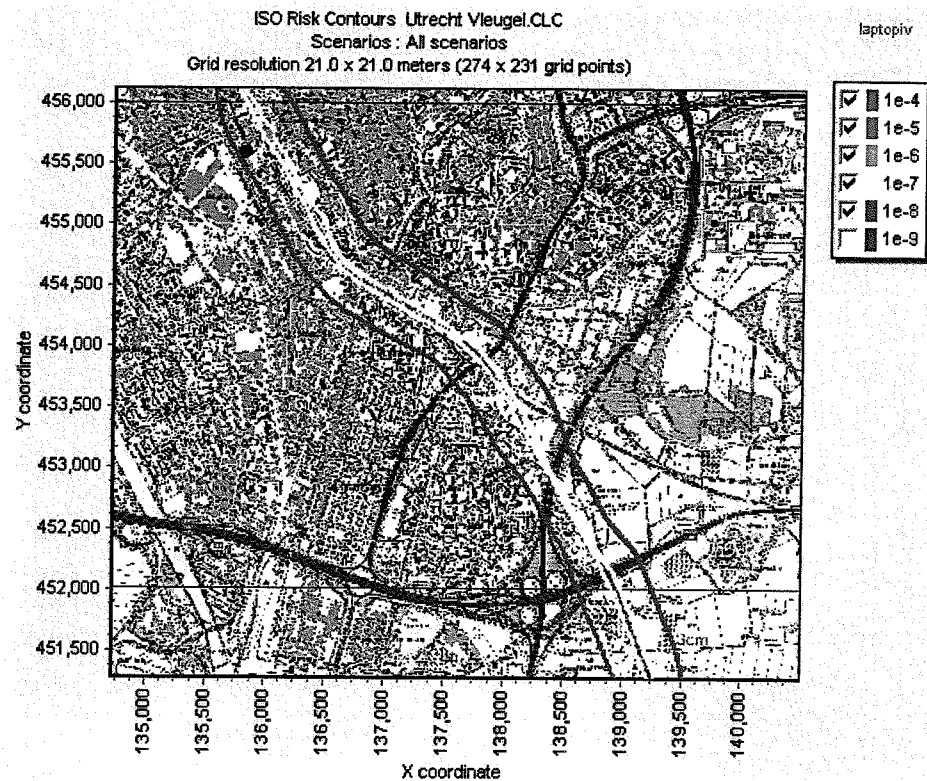
De resultaten van de berekening van het plaatsgebonden risico is in onderstaande figuren gepresenteerd.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> In deze berekening is niet het vervoer in de richting van Breukelen en in de richting van Amersfoort meegenomen, waardoor de gepresenteerde 10-8 contour iets kan afwijken van de situatie waar dit vervoer wel meegenomen was.



Figuur 5-1 PR-contour 'Sporen in Utrecht' huidige situatie.

Uit bovenstaande figuur blijkt dat er in de huidige situatie geen plaatsgebonden  $10^{-6}$  per jaar risicocontour wordt berekend. Vergeleken met de vorige berekening ([1]) zijn de plaatsgebonden risicocontouren kleiner, ondanks toegenomen transport aantallen. Dit komt omdat er in [1] twee keer gecorrigeerd is voor de aanwezigheid van wissels.



Figuur 5-2 PR-contour 'Sporen in Utrecht', toekomstige situatie.

In Figuur 5-2 is het plaatsgebonden risico voor de toekomstige situatie weergegeven.

In de toekomstige situatie ontstaat geen  $10^{-6}$  per jaar plaatsgebonden risico contour. Een  $10^{-7}$  per jaar- en een  $10^{-8}$  per jaar plaatsgebonden risico contour worden in de toekomstige situatie alleen berekend voor het traject tussen Utrecht CS en Houten. Voor de overige trajecten worden geen PR-contouren meer berekend aangezien hierover in de toekomstige situatie geen transport van gevaarlijke stoffen meer zal plaatsvinden.

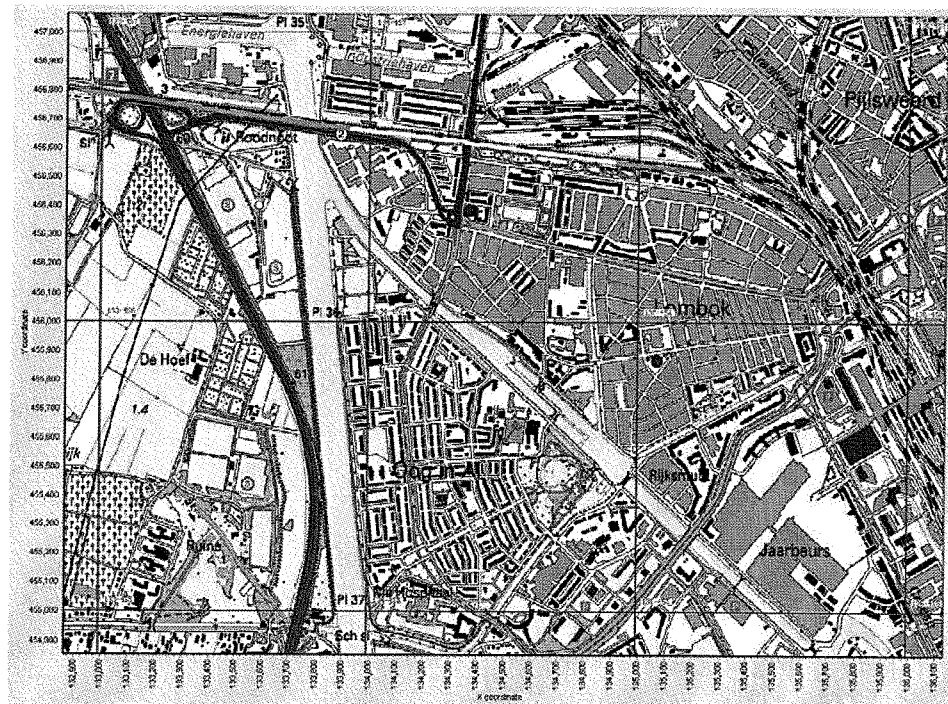
Doordat er zowel voor de huidige als toekomstige situatie geen plaatsgebonden  $10^{-6}$  per jaar risicocontour aanwezig is, zijn er vanuit het plaatsgebonden risico geen beperkingen voor het ruimtelijk gebruik rondom 'Sporen in Utrecht'.

## 5.2 Groepsrisico

In de risicoanalyse zijn verschillende deeltrajecten doorgerekend. Aangezien het transport over deze deeltrajecten varieert, is per deeltraject een groepsrisico berekend. Het groepsrisico wordt per definitie per kilometer traject berekend. In onderstaande paragrafen is per deeltraject de groepsrisicocurven weergegeven voor de verschillende kilometersecties binnen dat traject.

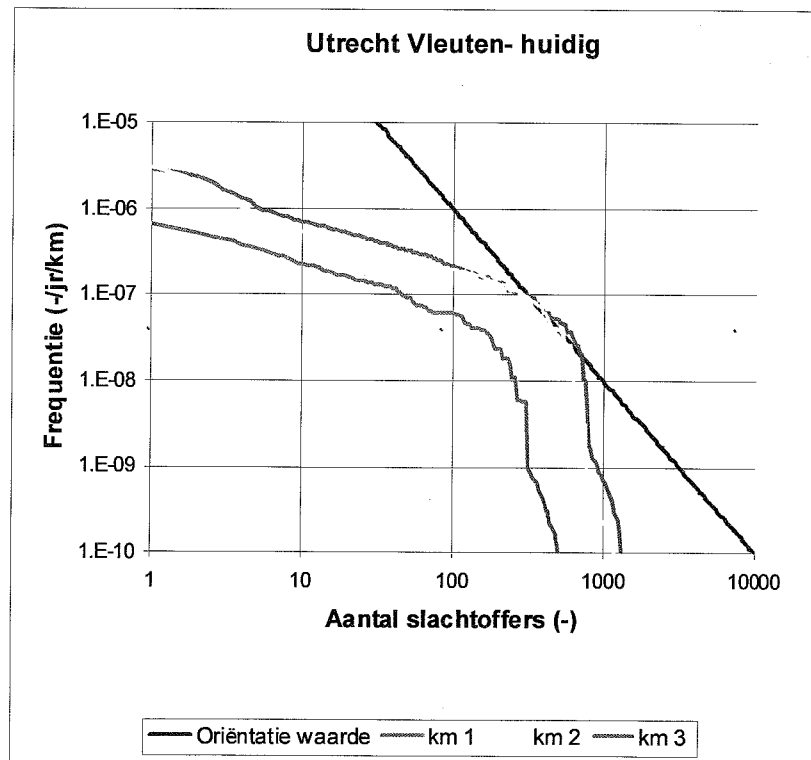
### 5.2.1 Traject Vleuten-Utrecht CS

Het groepsrisico wordt gepresenteerd per km sectie. Figuur 5-3 toont de toegepaste km secties.



Figuur 5-3 Kilometersecties traject Vleuten-Utrecht CS.

In onderstaande figuur zijn voor drie kilometersecties op het traject tussen Utrecht CS en Vleuten de fN-curven gegeven.



Figuur 5-4 fN-curve traject Vleuten- Utrecht CS.

In Figuur 5-4 zijn met corresponderende kleuren de groepsrisicocurven gegeven van de in Figuur 5-3 weergegeven kilometersecties.

Uit Figuur 5-3 blijkt dat de twee kilometers het dichtst bij Utrecht CS (oranje en gele kilometersectie) een kleine overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport laat zien bij 200-800 slachtoffers. Uit een analyse van het groepsrisico komt naar voren dat dit deel van de groepsrisicocurve grotendeels wordt bepaald door de warme BLEVE van propaan.

In de toekomstige situatie is er geen sprake meer van een groepsrisico veroorzaakt door het transport over het deeltraject Utrecht CS- Vleuten aangezien er geen transport van gevaarlijke stoffen over dit traject zal plaatsvinden.<sup>1</sup>

In onderstaande tabel is de verhouding tussen het groepsrisico per kilometersectie en de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport weergegeven met behulp van het maximaal quotiënt.<sup>2</sup>

Tabel 5-2 Maximaal quotiënt deeltraject Vleuten – Utrecht CS.

Traject/kilometersectie	Maximaal quotiënt huidige situatie	Maximaal quotiënt toekomstige situatie
Utrecht-Vleuten		
Km 1 (oranje) <sup>3</sup>	1.4	0
Km 2 (geel)	1.1	0
Km 3 (groen)	0.1	0

Omdat in de toekomstige situatie geen vervoer van gevaarlijke stoffen op het traject Vleuten – Utrecht CS plaats vindt is er geen groepsrisico meer. Op basis van de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen is een verantwoording van het groepsrisico derhalve voor dit deeltraject niet vereist.

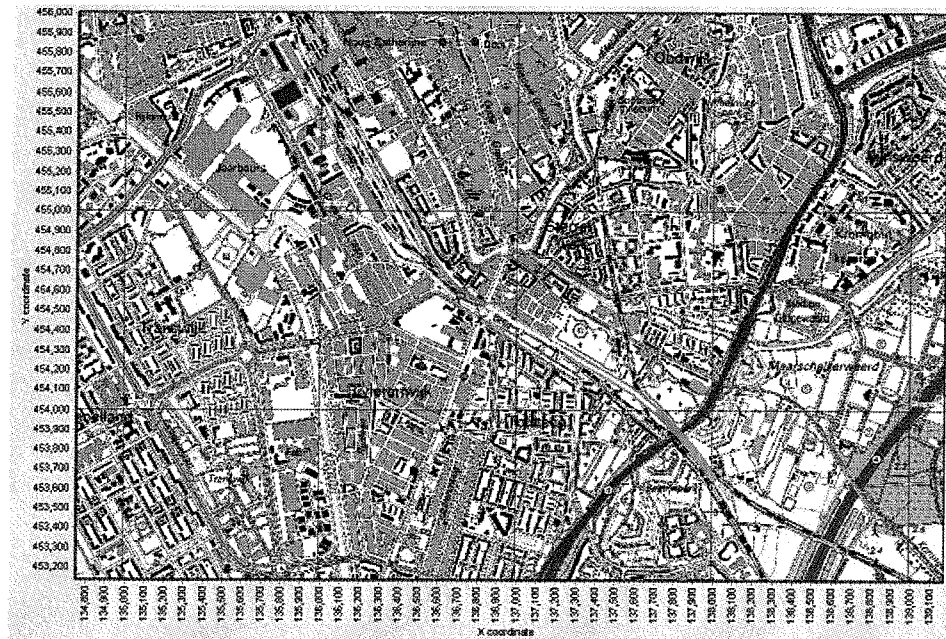
### 5.2.2 Utrecht CS- Lunetten

In onderstaande figuur zijn de kilometersecties weergegeven. Hierbij overlappen de groene en de gele kilometer elkaar gedeeltelijk.

<sup>1</sup> Hierbij moet opgemerkt worden dat over een deel van de oranje kilometer (figuur 5-4) in de toekomstige situatie wel sprake is van vervoer van gevaarlijke stoffen. Dit betreft het vervoer van gevaarlijke stoffen uit de richting Breukelen. Aangezien dit traject buiten het bereik van de studie valt is de hoogte van het groepsrisico over de oranje kilometer ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen over het traject Breukelen-Utrecht CS niet bepaald.

<sup>2</sup> Het quotiënt wordt berekend door de frequentie van de groepsrisicocurve bij een bepaalde slachtoffercategorie te delen door de frequentie van de oriënterende waarde van het groepsrisico bij dezelfde slachtoffercategorie. Een waarde kleiner dan 1 betekent dat het groepsrisico lager is dan de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport en een waarde groter dan 1 betekent dat er sprake is van een overschrijding van de oriënterende waarde voor het groepsrisico voor transport. Het maximaal quotiënt is de grootste waarde die gevonden wordt indien het groepsrisico door de oriënterende waarde wordt gedeeld.

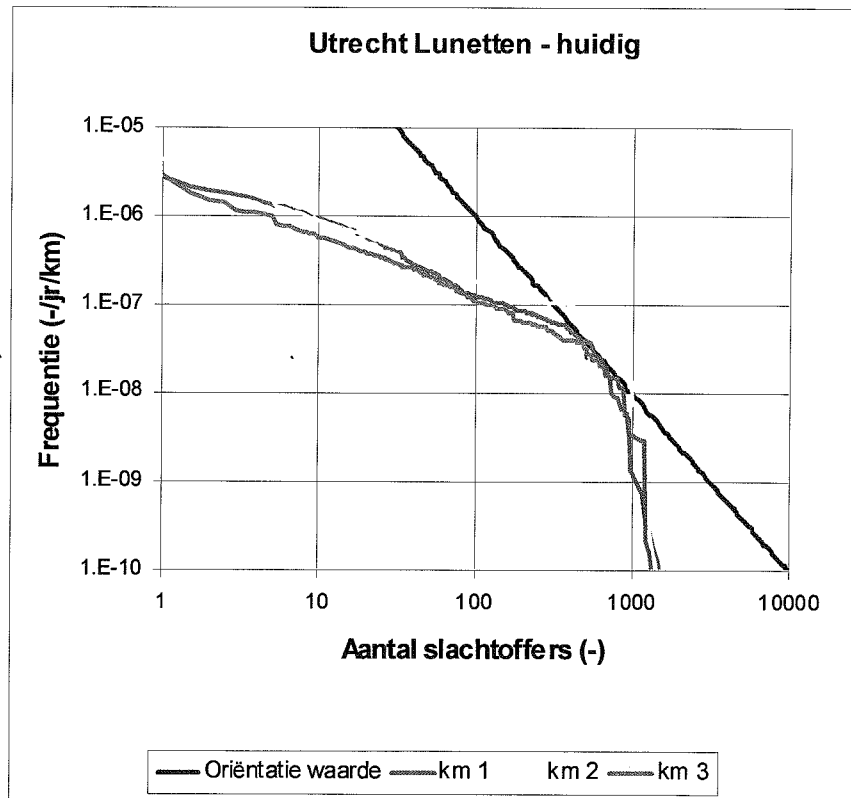
<sup>3</sup> Over kilometersectie 1 vindt nog wel vervoer van gevaarlijke stoffen plaats vanuit de richting Breukelen. Het traject Breukelen – Utrecht CS valt buiten het bereik van deze studie en is niet meegenomen in de berekening. Het groepsrisico voor deze kilometer zal derhalve zowel in de huidige als in de toekomstige situatie hoger zijn dan weergegeven in tabel 5-1.



Figuur 5-5 Kilometersecties behorend bij fN-curve huidige situatie Utrecht-Lunetten.

**Huidige situatie**

In Figuur 5-5 is het groepsrisico voor het transport over het deeltraject Utrecht CS – Lunetten in een fN-curve gegeven per kilometer.

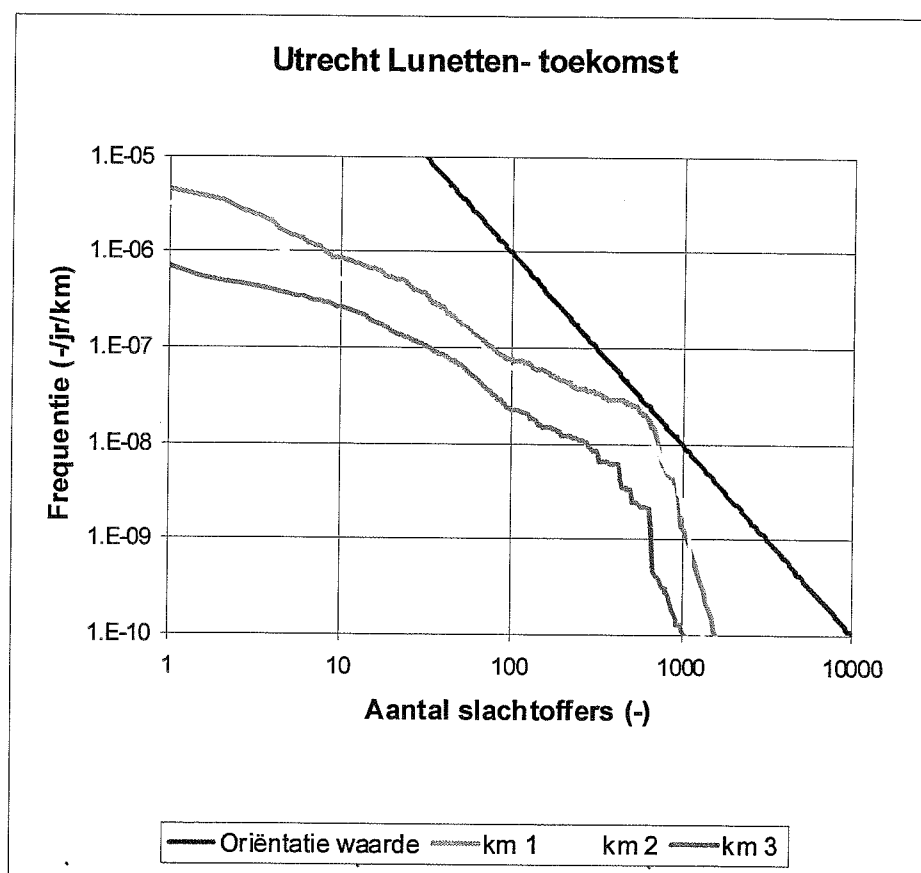


Figuur 5-6 fN-curve huidige situatie traject Utrecht CS-Lunetten.

Uit bovenstaande figuur blijkt dat het groepsrisico de oriënterende waarde voor het groepsrisico voor transport overschrijdt voor de eerste en tweede kilometer. Transporten met brandbare gassen (A) bepalen vrijwel geheel het groepsrisico, waarvan de warme BLEVE de grootste bijdrage levert.

#### *Toekomstige situatie*

In Figuur 5-7 is de groepsrisicocurve voor het toekomstige transport gegeven. Er is geen sprake meer van een overschrijding van de oriënterende waarde. De bijbehorende kilometersecties zijn weergegeven in Figuur 5-5. Net als voor de huidige situatie wordt het groepsrisico hoofdzakelijk bepaald door het transport van brandbare gassen (A).



Figuur 5-7 Kilometersecties behorend bij fN-curve toekomstige situatie Utrecht-Lunetten.

Het maximum aantal slachtoffers neemt in de toekomst iets af voor km 2 en km 3 (1400 naar 1350 resp. 1350 naar 1000). Voor km 1 neemt het maximum aantal slachtoffers iets toe (1450 naar 1550).

In onderstaande tabel is de verhouding tussen het groepsrisico per kilometersectie en de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport weergegeven met behulp van het maximale quotiënt.<sup>1</sup>

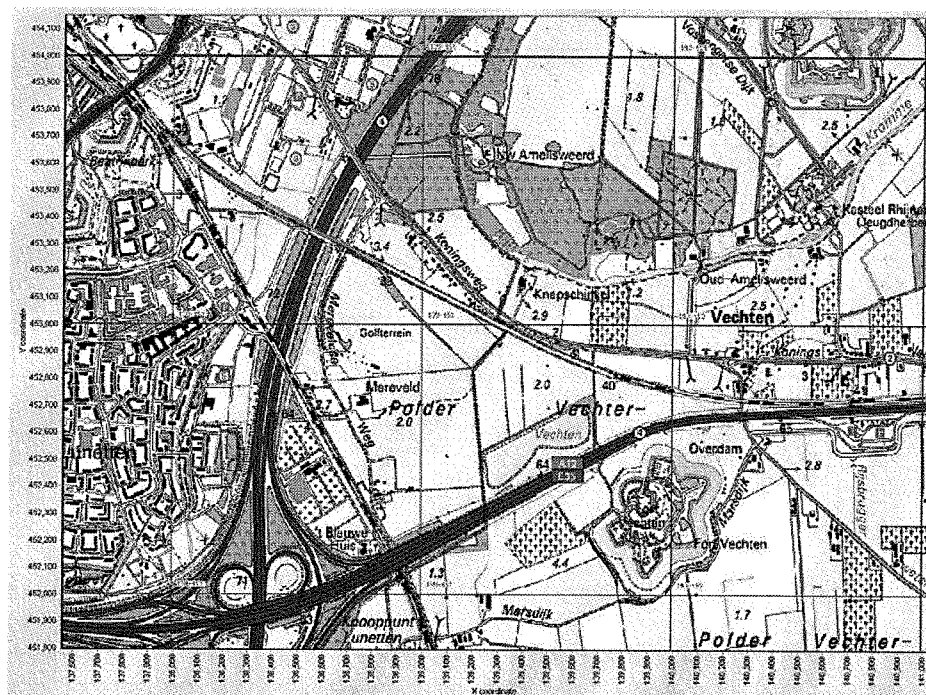
Tabel 5-3 Maximaal quotiënt deeltraject Utrecht CS – Lunetten.

Traject/kilometersectie	Maximaal quotiënt huidige situatie	Maximaal quotiënt toekomstige situatie
<b>Utrecht CS - Lunetten</b>		
Km1 (oranje)	1.1	0.8
Km 2 (geel)	2.4	0.5
Laatste km (groen)	0.9	0.1

Uit bovenstaande tabel blijkt dat het groepsrisico in de toekomstige situatie significant afneemt en daarbij onder de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport ligt. Derhalve is volgens de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen een verantwoording van het groepsrisico niet vereist [4].

### 5.2.3 Bunnik- Lunetten

In onderstaande figuur zijn de kilometersecties weergegeven die overeenkomen met de gepresenteerde groepsrisicocurven. De kleuren corresponderen met Figuur 5-9.

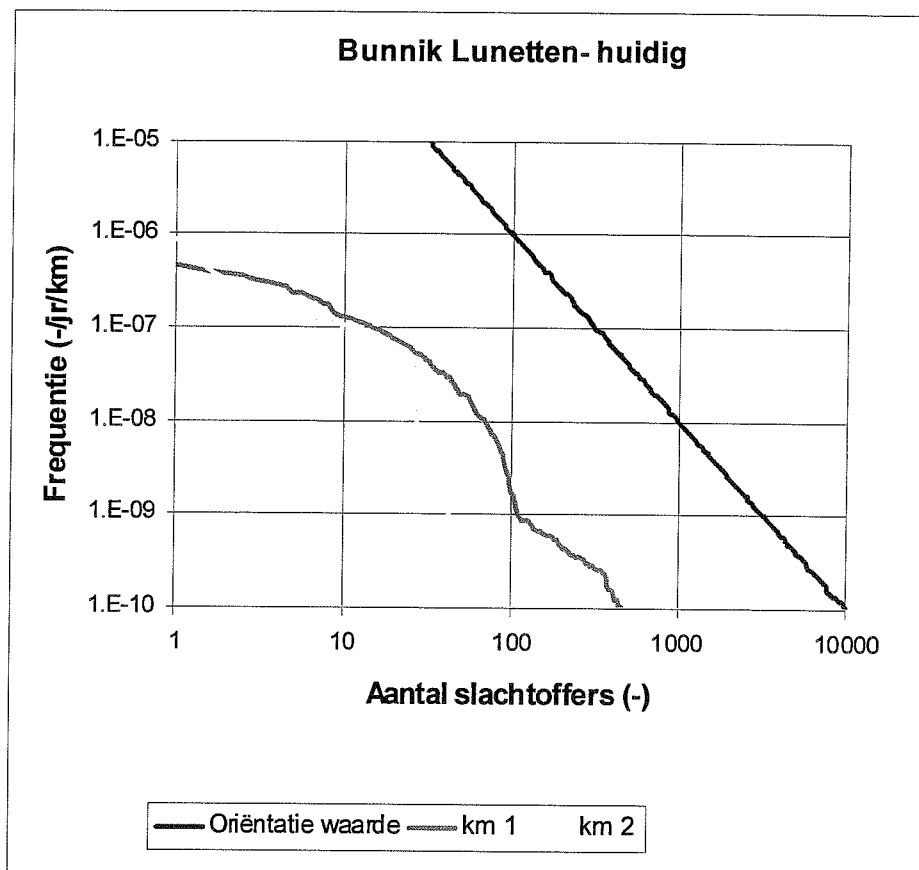


Figuur 5-8 Kilometersecties behorend bij fN-curve huidige situatie Bunnik-Lunetten.

<sup>1</sup> Het quotiënt wordt berekend door de frequentie van de groepsrisicocurve bij een bepaalde slachtoffercategorie te delen door de frequentie van de oriënterende waarde van het groepsrisico bij dezelfde slachtoffercategorie. Een waarde kleiner dan 1 betekent dat het groepsrisico lager is dan de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport en een waarde groter dan 1 betekent dat er sprake is van een overschrijding van de oriënterende waarde voor het groepsrisico voor transport. Het maximaal quotiënt is de grootste waarde die gevonden wordt indien het groepsrisico door de oriënterende waarde wordt gedeeld.



In Figuur 5-9 is het groepsrisico voor het deeltraject Bunnik-Lunetten gepresenteerd. Uit de curve blijkt dat voor beide kilometersecties de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport niet wordt overschreden.



Figuur 5-9 fN-curve huidig transport over het deeltraject Bunnik-Lunetten.

Uit analyse van het groepsrisico blijkt dat het groepsrisico grotendeels wordt veroorzaakt door het transport van brandbare gassen (A).

In de toekomstige situatie is er geen sprake meer van een groepsrisico aangezien er over dit deeltraject geen vervoer van gevaarlijke stoffen meer zal plaatsvinden.

In onderstaande tabel is de verhouding tussen het groepsrisico per kilometersectie en de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport weergegeven met behulp van het maximaal quotiënt.

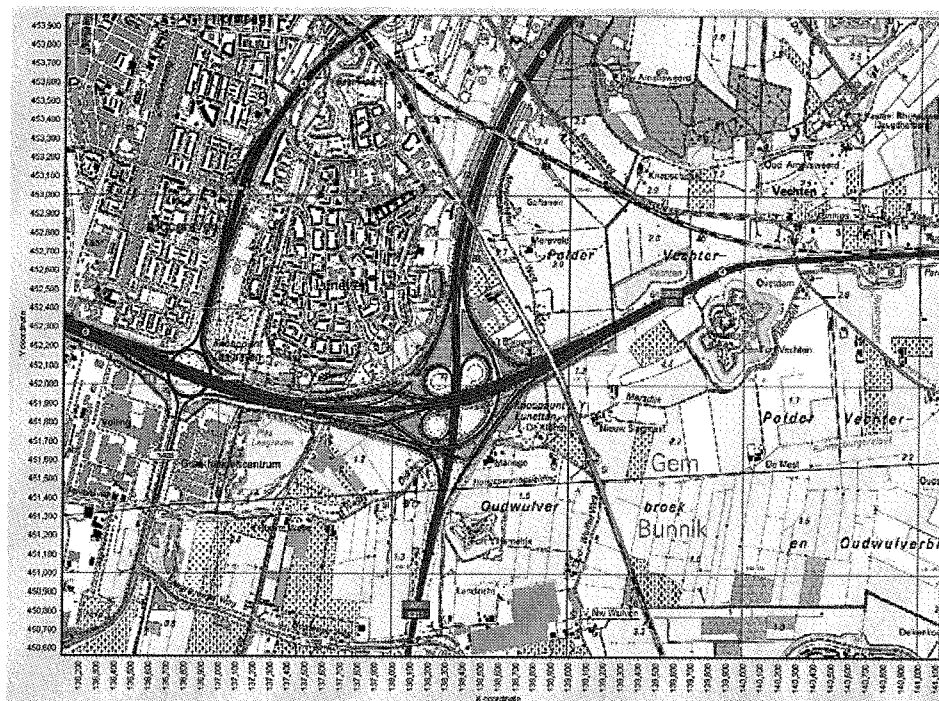
Tabel 5-4 Maximaal quotiënt deeltraject Bunnik – Lunetten.

Traject/kilometersectie	Maximaal quotiënt huidige situatie	Maximaal quotiënt toekomstige situatie
Bunnik-Lunetten		
Km1 (oranje)	0.005	0
Km2 (geel)	0.002	0

Omdat in de toekomstige situatie geen vervoer van gevaarlijke stoffen op het traject Bunnik Lunetten plaats vindt, is er geen groepsrisico meer. Een verantwoording van het groepsrisico is daarom niet vereist.

#### 5.2.4 Lunetten-Houten

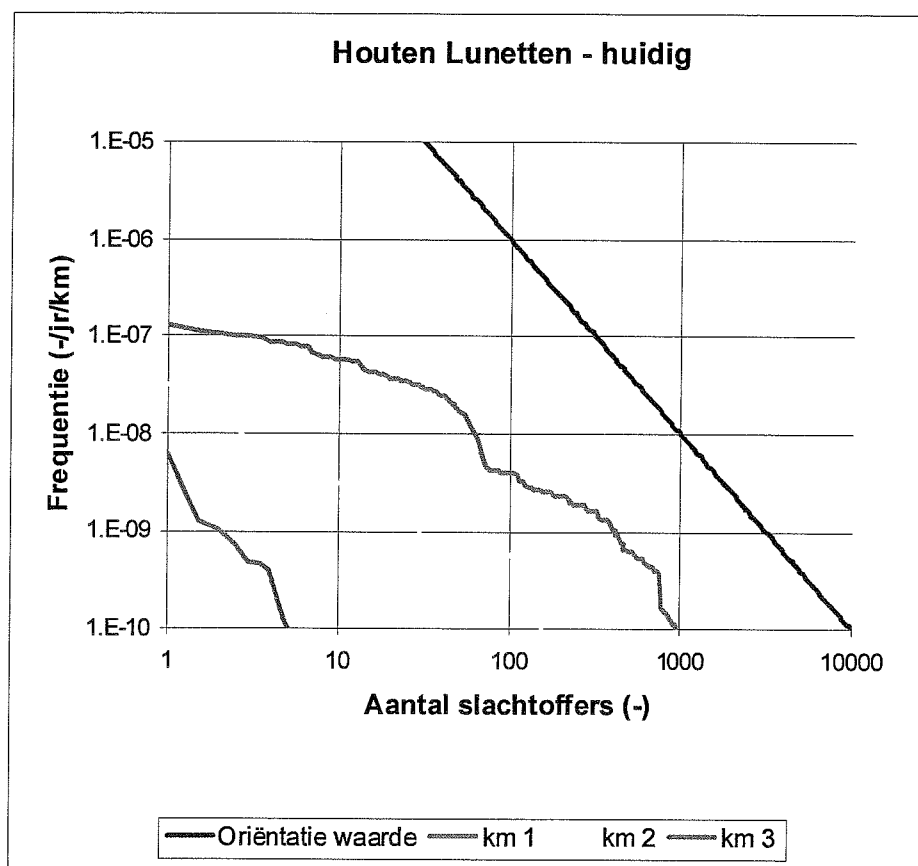
In onderstaande figuur is het traject weergegeven waarvoor in Figuur 5-11 de groepsrisicocurve is gepresenteerd. De kleuren van de kilometersecties komen overeen met de gebruikte kleuren in Figuur 5-11.



Figuur 5-10 Kilometersecties behorend bij FN-curve deeltraject Lunetten-Houten.

#### **Huidige situatie**

In Figuur 5-11 is het groepsrisico per kilometer weergegeven.



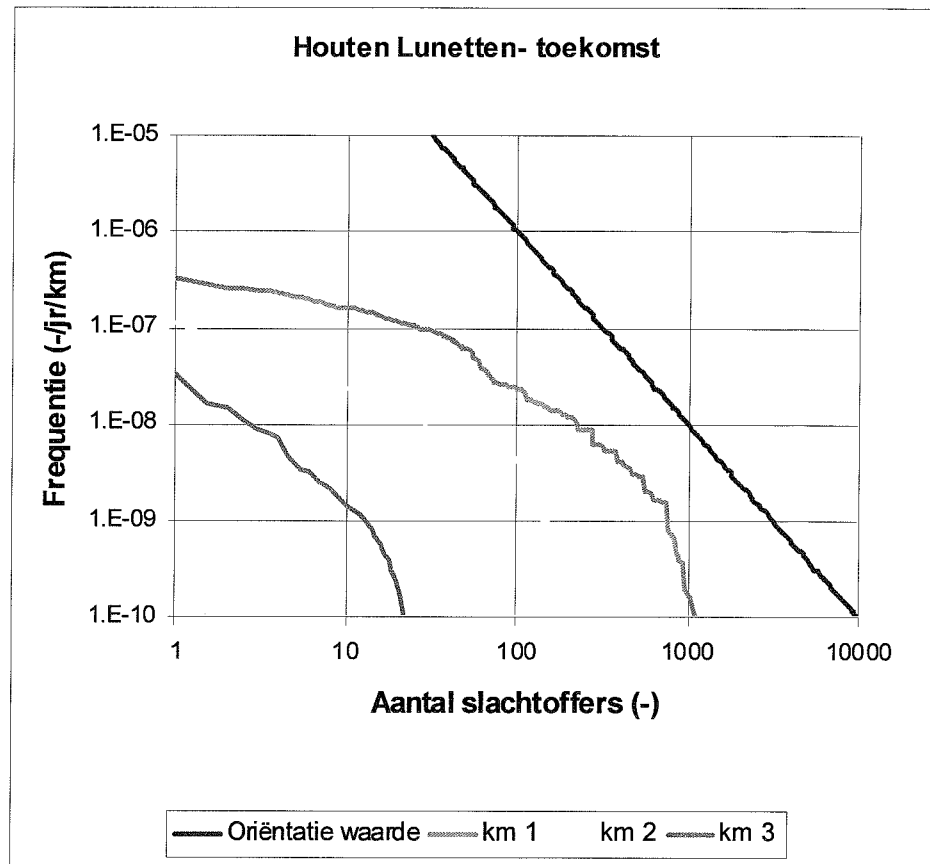
Figuur 5-11 fN-curve huidig transport over het deeltraject Lunetten-Houten.

Er is geen sprake van een overschrijding van de oriënterende waarde voor de huidige situatie.

Uit groepsrisicocurve blijkt dat het transport van gevaarlijke stoffen over het traject tussen Lunetten en Houten de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport niet overschrijdt. Uit de analyse van het groepsrisico komt naar voren dat het groepsrisico wordt bepaald door het vervoer van brandbare gassen (A).

#### *Toekomstige situatie*

In onderstaande figuur is het groepsrisico voor de verschillende kilometersecties weergegeven. De kilometersecties zijn weergegeven in Figuur 5-10.



Figuur 5-12 fN-curve toekomstige transport over het deeltraject Lunetten-Houten.

Uit bovenstaande figuur blijkt dat het groepsrisico in vergelijking met de huidige situatie toeneemt. Het maximale aantal slachtoffers neemt toe van ongeveer 940 in de huidige situatie naar ongeveer 1100 in de toekomstige situatie voor km 1. Uit analyse van het groepsrisico blijkt dat het groepsrisico grotendeels bepaald wordt door het transport van brandbare gassen (A). De toename in het groepsrisico ten opzichte van de huidige situatie wordt veroorzaakt door een toename van het aantal transporten.

In onderstaande tabel is middels het maximaal quotiënt de verhouding tussen de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport en het groepsrisico per kilometersectie weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat het groepsrisico de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport niet overschrijdt maar dat het is toegenomen ten opzichte van de huidige situatie. Op basis van de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen is een verantwoording van het groepsrisico vereist [4].

Tabel 5-5 Maximaal quotiënt deeltraject Houten – Lunetten.

Traject/kilometersectie	Maximaal quotiënt huidige situatie	Maximaal quotiënt toekomstige situatie
Houten - Lunetten		
Km1 (oranje)	0.02	0.09
Km2 (geel)	0.001	0.007
Km3 (groen)	<0.001	<0.001

In de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [2] is verwoord dat elke overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport of elke toename van het groepsrisico verantwoord dient te worden. Op basis van bovenstaande tabel kan geconcludeerd worden dat voor het traject Houten- Lunetten een verantwoording van het groepsrisico vereist is vanwege de toename van het groepsrisico.

## 6 Conclusies

In opdracht van ProRail heeft TNO, Industriële en Externe Veiligheid een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd naar het transport over de sporen die binnen het project ‘Sporen in Utrecht’ vallen. Onderstaand zijn de belangrijkste conclusies weergegeven.

### ***Plaatsgebonden risico***

Zowel voor de huidige als toekomstige situatie ontstaat geen plaatsgebonden  $10^{-6}$  per jaar risico contour. Vanuit het plaatsgebonden risico is er geen beperking aan het gebruik van de ruimte aangrenzend aan de sporen.

### **Groepsrisico**

In de huidige situatie wordt de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport voor twee kilometersecties op het traject Vleuten – Utrecht CS overschreden en voor twee kilometersecties op het traject Utrecht CS – Lunetten. Deze overschrijding wordt met name veroorzaakt door het transport van brandbare gassen (A). In de toekomstige situatie is er voor geen enkel traject sprake van een overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico. Voor het traject Houten- Lunetten neemt het groepsrisico echter wel toe door een toename van het aantal transporten. Voor het traject Vleuten-Utrecht<sup>1</sup> als ook voor het traject Bunnik – Lunetten bestaat geen groepsrisico meer doordat hierover geen transport van gevaarlijke stoffen meer zal plaatsvinden.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van hoe het groepsrisico zich verhoudt tot de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport. Hiervoor is de frequentie van de groepsrisicocurve bij een bepaalde slachtoffercategorie gedeeld door de frequentie van de oriënterende waarde van het groepsrisico bij dezelfde slachtoffercategorie. In onderstaande tabel is het maximale quotiënt hiervan weergegeven. Een waarde kleiner dan 1 betekent dat het groepsrisico lager is dan de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport en een waarde groter dan 1 betekent dat er sprake is van een overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport.

---

<sup>1</sup> Over een deel van kilometersectie 1 (dicht bij Utrecht CS) op het traject Vleuten – Utrecht CS vindt nog wel vervoer van gevaarlijke stoffen plaats vanuit de richting Breukelen. Het traject Breukelen – Utrecht CS valt buiten het bereik van deze studie en is niet meegenomen in de berekening. Het groepsrisico voor deze kilometer zal derhalve zowel in de huidige als in de toekomstige situatie hoger zijn dan weergegeven in tabel 5-1.

Tabel 6-1 Maximaal quotiënt voor de deeltrajecten binnen 'Sporen in Utrecht'.

Traject/kilometersectie	Maximaal quotiënt huidige situatie	Maximaal quotiënt toekomstige situatie	Verantwoording groepsrisico vereist o.b.v. [4]
Vleuten- Utrecht CS			
Km 1	1.4	0	Nee
Km 2	1.1	0	Nee
Km 3	0.1	0	Nee
Utrecht CS - Lunetten			
Km1	1.1	0.8	Nee
Km 2	2.4	0.5	Nee
Laatste km	0.9	0.1	Nee
Bunnik-Lunetten			
Km1	0.005	0	Nee
Km2	0.002	0	Nee
Houten - Lunetten			
Km1	0.02	0.09	Ja
Km2	0.001	0.007	Ja
Km3	<0.001	<0.001	Ja

In de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [4] is verwoord dat elke overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico voor transport of elke toename van het groepsrisico verantwoord dient te worden. Uit bovenstaande tabel kan worden afgeleid dat alleen voor het traject Houten- Lunetten een verantwoording van het groepsrisico vereist is.

#### Opmerking

Voor het vervoer van zeer giftige gassen in de toekomstige situatie is nog geen rekening gehouden met het beëindigen van het DSM ammoniakvervoer op het traject Vleuten-Utrecht-Breukelen zoals recent is overeengekomen tussen DSM en de ministeries van V&W en VROM. Indien hier wel rekening mee wordt gehouden zal het groepsrisico voor de toekomstige situatie op het traject Utrecht Lunetten – Utrecht CS verder afnemen.

## 7 Referenties

- [1] Risicoanalyse externe veiligheid “Sporen in Utrecht”, J. Hobert, M. Molag, TNO 2007-A-R0678/B, augustus 2007
- [2] Update risicoanalyse vervoer gevaarlijke stoffen Utrecht Centraal, R2008, in bewerking
- [3] Risicoanalyse van het railtransport in het Stationsgebied Utrecht, A.W.T. van Blanken, M. Molag, R2004/322, juli 2004
- [4] Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, juli 2004
- [5] Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico, versie 1.0, Ministerie VROM, november 2007
- [6] Toetsingskader externe veiligheid spoorzone Dordrecht/Zwijndrecht, T. Wiersma, M. Molag, J.W. Ekelenkamp, TNO-rapport R2004/105
- [7] Purple Book, Guidelines for quantitative risk assessment, Committee for the Prevention of Disasters, CPR-18E, The Hague, The Netherlands, First edition, 1999
- [8] Effects 4. Fire, explosion and dispersion models for accidental releases of hazardous materials, softwarepakket dat modellen bevat gebaseerd op het Gele Boek, TNO-MEP, Afdeling Industriële Veiligheid.
- [9] 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.
- [10] RiskCurves, Softwarepakket voor de uitvoering van kwantitatieve risicoanalyses, versie 7.54, TNO-Bouw en Ondergrond, Afdeling Industriële en Externe Veiligheid.
- [11] Groene Boek, Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, CPR 16. Directoraat Generaal van de Arbeid. Eerste druk, 1990
- [12] Rekenprotocol vervoer gevaarlijke stoffen per spoor, ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 2005
- [13] Verslag over de rekenmethodiek voor risicostudies stationslocaties (Arnhem, Breda en Utrecht) d.d. 26 november 2002



- [14] Achtergronddocument RBMII, AVIV, 23 november 2004.
- [15] RBMII, versie 1.1.1.7, 2005
- [16] MEMO – Onderwerp VLEUGEL, J. Lafeber, ProRail; Capaciteitsmanagement d.d. 12 december 2007, ProRail, gebaseerd op de "Marktverwachting Vervoer Gevaarlijke stoffen per spoor" van ProRail Capaciteitsmanagement van 26 september 2007
- [17] Brief van de Ministers van VROM en Verkeer en waterstaat aan de Tweede Kamer betreffende het principe akkoord met DSM over het beëindigen van het ammoniakvervoer per spoor van Geleen naar IJmuiden, Den Haag 4 maart 2008

## 8 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

ProRail Infraprojecten  
T.a.v. de heer J.W. van den Brink  
Postbus 2038  
3500 GA Utrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers:

J. Hobert	projectmedewerker
M. Molag	projectmedewerker
I. Raben	projectleider

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

-

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

maart 2008 – april 2008

Naam en paraaf tweede lezer:

M. Molag

Ondertekening:

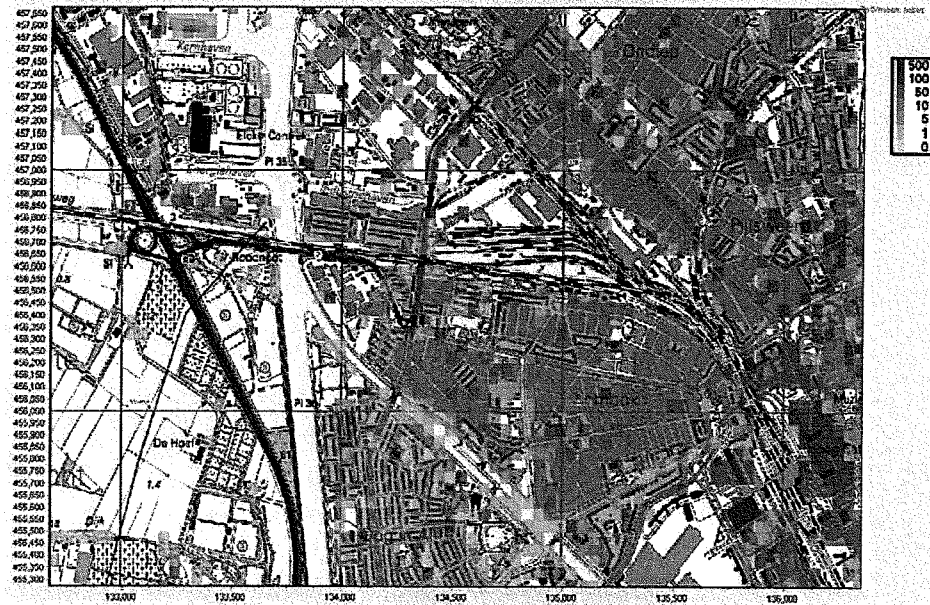
Goedgekeurd door:

I. Raben  
projectleider

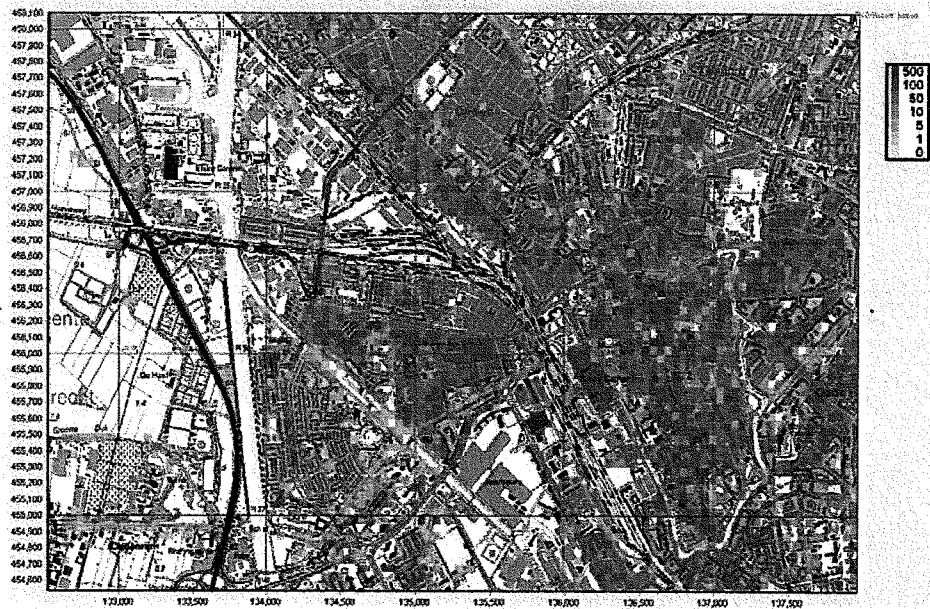
N. Rosmuller  
team manager

## A Toegepaste bevolkingsgegevens

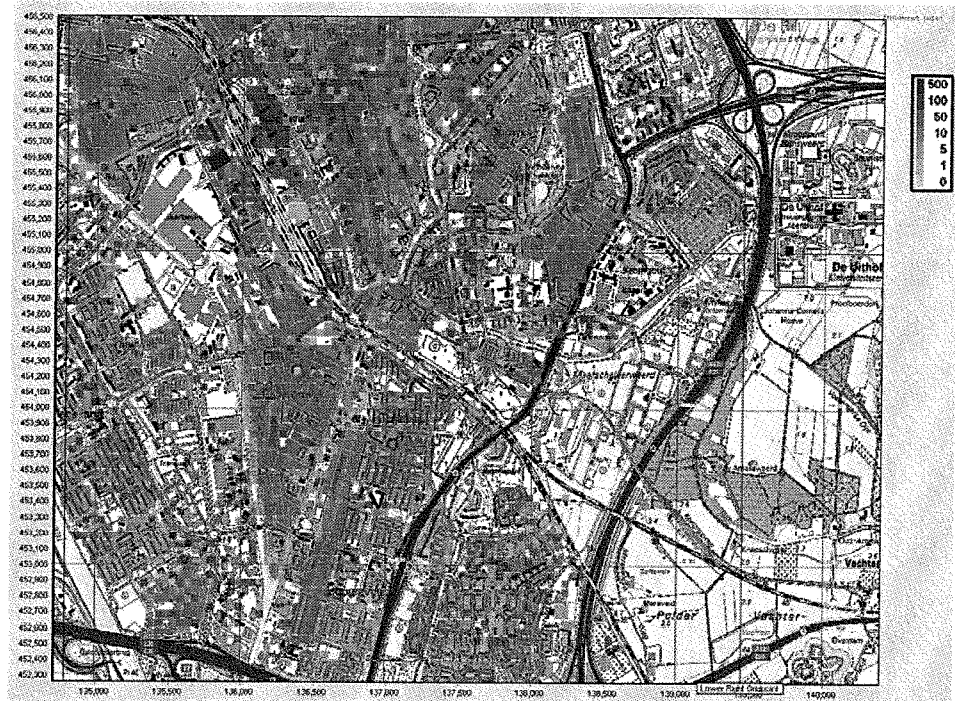
De hieronder volgende figuren tonen details van het gehele aanwezigen bestand. Elk figuur is ingezoomd op een deeltraject.



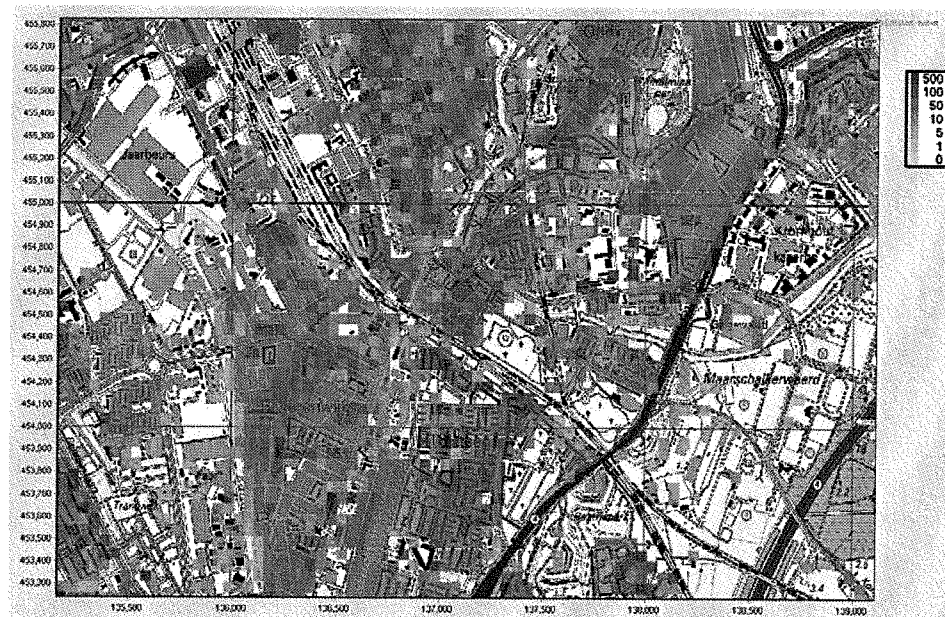
Figuur 1 Aanwezigheid gedurende de dag voor het traject Vleuten – Utrecht CS.



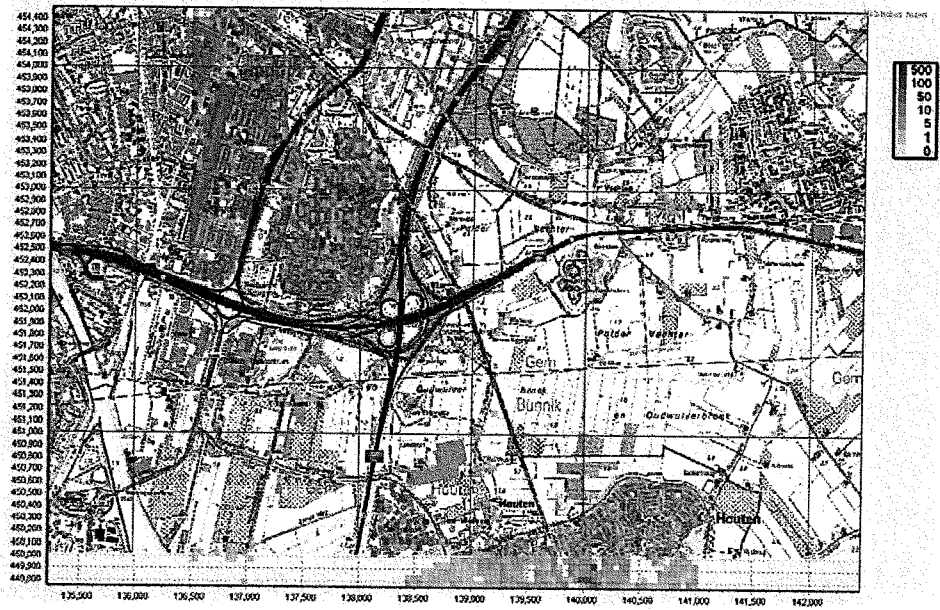
Figuur 2 Aanwezigheid gedurende de nacht voor het traject Vleuten – Utrecht CS.



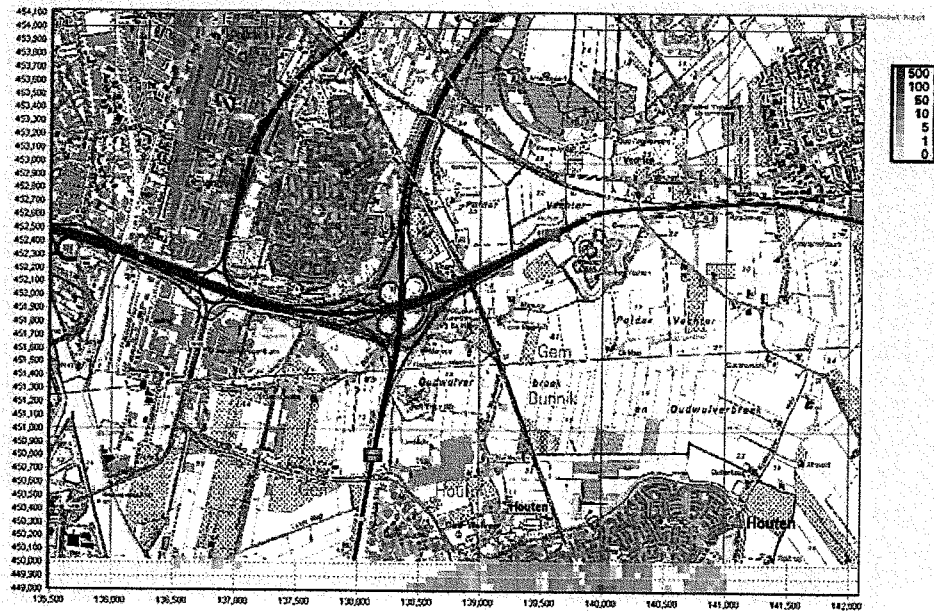
Figuur 3 Aanwezigheid gedurende de dag voor het traject Utrecht CS – Lunetten.



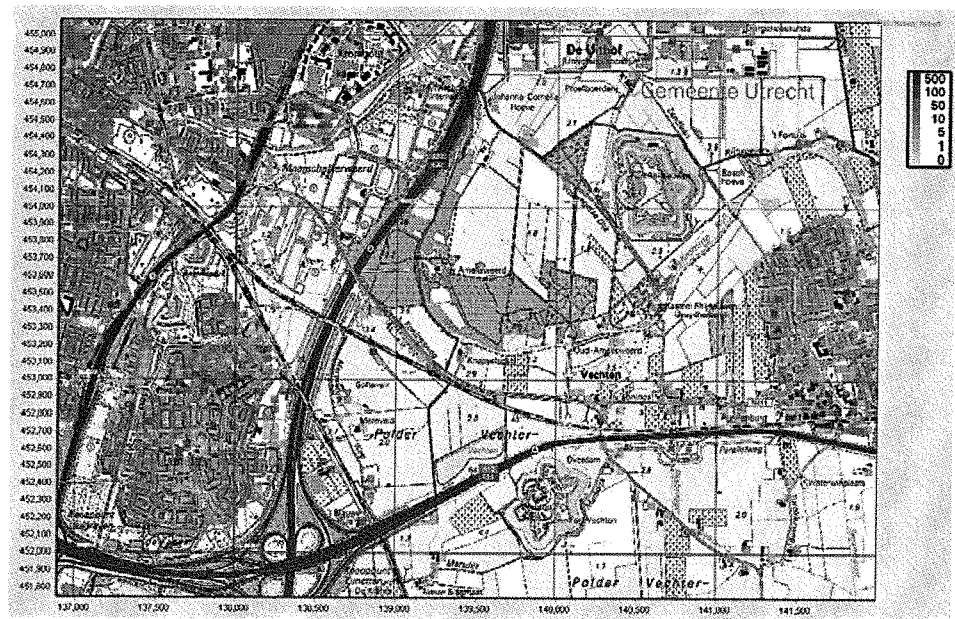
Figuur 4 Aanwezigheid gedurende de nacht voor het traject Utrecht CS – Lunetten.



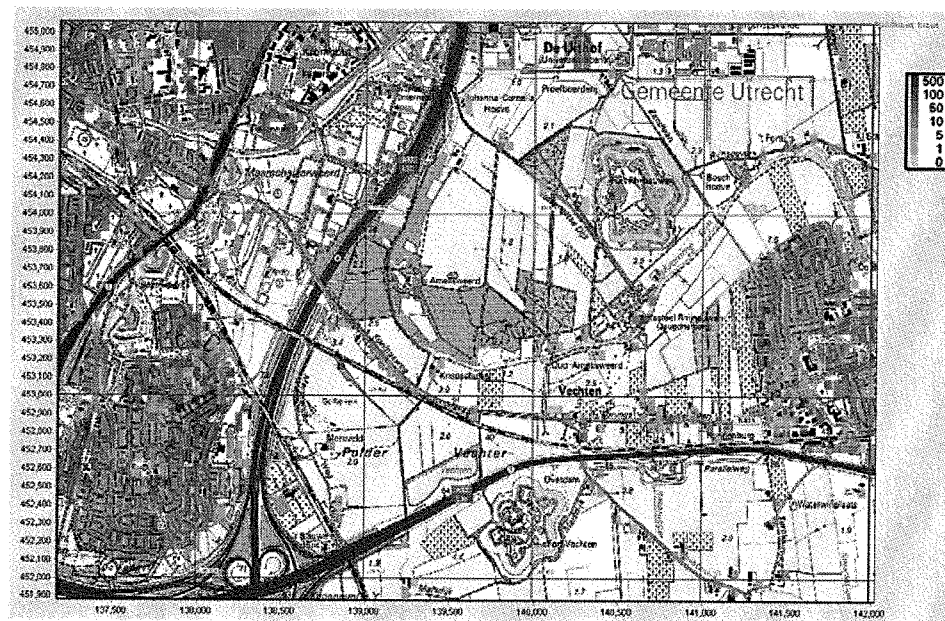
Figuur 5 Aanwezigheid gedurende de dag voor het traject Houten – Lunetten.



Figuur 6 Aanwezigheid gedurende de nacht voor het traject Houten – Lunetten.



Figuur 7 Aanwezigheid gedurende de dag voor het traject Bunnik – Lunetten.



Figuur 8 Aanwezigheid gedurende de nacht voor het traject Bunnik – Lunetten.

## B Bevolking

Voor de bepaling van het groepsrisico wordt rekening gehouden met de aanwezigheid van mensen. Hiervoor wordt een bevolkingsfile samengesteld. Het bevolkingsraster is ingedeeld in vakjes van 50\*50 meter. De bevolkingsgegevens worden ingevoerd per RDM-coördinaat. Indien zich in één vakje meerdere coördinaten bevinden die in één vakje vallen, worden deze bij elkaar opgeteld.

Voor elk coördinaat is bepaald hoeveel personen aanwezig zijn gedurende de meteorologische dag en meteorologische nacht per type kwetsbare of minder kwetsbare bestemming. Het percentage aanwezigen in onderstaande tabel, een en ander conform [5].

Tabel 1 Aanwezigheidspercentages gedurende de dag en nacht.

Type bestemming	Dag %	Nacht %
<b>Kwetsbare bestemmingen</b>		
Woningen	50	100
Onderwijsinstellingen (zonder avondonderwijs)	100	0
Gezondheidsinstellingen	80	39
Kinderopvang en dagverblijven	100	0
Gevangenissen	69	59
<b>Minder kwetsbare bestemmingen</b>		
Kantoren en bedrijven	100	0
Volcontinu bedrijven	100	20
Speeltuinen, openluchtwembaden en pretparken	95	19
Sportvelden	95	19
Sportzalen, Sporthallen en overdekte zwembaden	92	38
Winkels	79	15
Horeca	38	93
Stations	100	56
Kerken	60	36
Theaters, bioscopen, zalencentra, buurthuizen	51	36

Conform het groene boek [11] wordt voor overdag aangenomen dat 93 % van de aanwezigen zich binnen bevindt en 7 % buiten. Voor de nacht wordt uitgegaan van respectievelijk 99% binnen en 1% buiten.

## C Toegepaste frequenties

Tabel 1 Frequenties Traject Vleuten-Utrecht CS Huidige situatie.

Frequenties Traject Vleuten-Utrecht CS Huidige situatie					
Stofcategorie	Scenario	Vervolgkans		Aantal wagens per jaar	Frequentie (per km per jaar)
		Uitstroming	Ontsteking		
A, propaan	1. Continue uitstroming wolkbrand	1.68E-03	0.5	1050	4.89E-09
	2. Continue uitstroming fakkel	1.68E-03	0.5		4.89E-09
	3. Inst. Vrijk. Wolkbrand	1.12E-03	0.2		1.30E-09
	4. inst. Vrijk. Koude BLEVE	1.12E-03	0.8		5.22E-09
	5. Inst. Vrijk. Warme BLEVE		1		8.78E-09
B2, Ammoniak	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	1.68E-03		2500	1.16E-07
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	1.12E-03			7.76E-08
B3, chloor	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	3.36E-04		0	0.00E+00
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	2.24E-04			0.00E+00
C3, hexaan	1. Kleine uitstr. plasbrand	3.36E-01	2.50E-01	2900	1.35E-06
	2. Grote uitstr. plasbrand	2.24E-01	2.50E-01		9.00E-07
D3, acrylnitril	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		50	9.31E-09
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			6.21E-09
D4, fluorwaterstof	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		400	7.45E-08
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			1050

Tabel 2 Frequenties Traject Utrecht CS-Lunetten Huidige situatie.

Frequenties Traject Utrecht CS-Lunetten Huidige situatie							
Stofcategorie	Scenario	Vervolgkans			Aantal wagens per jaar	Frequentie (per km per jaar) Spoor 10	Frequentie (per km per jaar) Spoor 16
		Uitstroming	Ontsteking				
A, propaan	1. Continue uitstroming wolkbrand	1.68E-03	0.5		1050	4.89E-09	1.96E-08
	2. Continue uitstroming fakkel	1.68E-03	0.5			4.89E-09	1.96E-08
	3. Inst. Vrijk. Wolkbrand	1.12E-03	0.2			1.30E-09	5.22E-09
	4. inst. Vrijk. Koude BLEVE	1.12E-03	0.8			5.22E-09	2.09E-08
	5. Inst. Vrijk. Warme BLEVE		1			8.78E-09	3.51E-08
B2, Ammoniak	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	1.68E-03			2500	1.16E-07	
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	1.12E-03				7.76E-08	
B3, chloor	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	3.36E-04			0	0.00E+00	
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	2.24E-04				0.00E+00	
C3, hexaan	1. Kleine uitstr. plasbrand	3.36E-01	2.50E-01		2900	1.35E-06	5.40E-06
	2. Grote uitstr. plasbrand	2.24E-01	2.50E-01			9.00E-07	3.60E-06
D3, acrylnitril	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02			50	9.31E-09	3.73E-08
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02				6.21E-09	2.48E-08
D4, fluorwaterstof	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02			400	7.45E-08	2.98E-07
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02				1050	4.97E-08



Tabel 3 Frequenties Traject Houten-Lunetten Huidige situatie.

Frequenties Traject Houten-Lunetten Huidige situatie						
Stofcategori e	Scenario	Vervolgkans		Aantal wagens per jaar	Frequentie (per km per jaar) Spoor 10	Frequentie (per km per jaar) Spoor 16
		Uitstro- ming	Ontste- king			
A, propaan	1. Continue uitstroming wolkbrand	1.68E-03	0.5	100	4.66E-10	1.86E-09
	2. Continue uitstroming fakkel	1.68E-03	0.5		4.66E-10	1.86E-09
	3. Inst. Vrijk. Wolkbrand	1.12E-03	0.2		1.24E-10	4.97E-10
	4. inst. Vrijk. Koude BLEVE	1.12E-03	0.8		4.97E-10	1.99E-09
	5. Inst. Vrijk. Warme BLEVE		1		2.02E-10	8.08E-10
B2, Ammoniak	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	1.68E-03		2550	1.19E-07	
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	1.12E-03			7.92E-08	
B3, chloor	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	3.36E-04		0	0.00E+00	
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	2.24E-04			0.00E+00	
C3, hexaan	1. Kleine uitstr. plasbrand	3.36E-01	2.50E-01	300	1.40E-07	5.59E-07
	2. Grote uitstr. plasbrand	2.24E-01	2.50E-01		9.31E-08	3.73E-07
D3, acrylnitril	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		50	9.31E-09	3.73E-08
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			6.21E-09	2.48E-08
D4, fluorwaterstof	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		0	0.00E+00	0.00E+00
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			100	0.00E+00

Tabel 4 Frequenties Traject Lunetten – Bunnik Huidige situatie.

Frequenties Traject Lunetten – Bunnik Huidige situatie					
Stofcategori e	Scenario	Vervolgkans		Aantal wagens per jaar	Frequentie (per km per jaar)
		Uitstro- ming	Ontste- king		
A, propaan	1. Continue uitstroming wolkbrand	1.68E-03	0.5	1000	2.33E-08
	2. Continue uitstroming fakkel	1.68E-03	0.5		2.33E-08
	3. Inst. Vrijk. Wolkbrand	1.12E-03	0.2		6.21E-09
	4. inst. Vrijk. Koude BLEVE	1.12E-03	0.8		2.48E-08
	5. Inst. Vrijk. Warme BLEVE		1		6.60E-08
B2, Ammoniak	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	1.68E-03		0	0.00E+00
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	1.12E-03			0.00E+00
B3, chloor	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	3.36E-04		0	0.00E+00
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	2.24E-04			0.00E+00
C3, hexaan	1. Kleine uitstr. plasbrand	3.36E-01	2.50E-01	2850	6.64E-06
	2. Grote uitstr. plasbrand	2.24E-01	2.50E-01		4.42E-06
D3, acrylnitril	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		50	4.66E-08
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			3.10E-08
D4, fluorwaterstof	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		400	3.73E-07
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			1000

Tabel 3 Frequenties Traject Houten-Lunetten Huidige situatie.

Frequenties Traject Houten-Lunetten Huidige situatie						
Stofcatego- rie	Scenario	Vervolgkans		Aantal wagens per jaar	Frequentie (per km per jaar) Spoor 10	Frequentie (per km per jaar) Spoor 16
		Uitstro- ming	Ontste- king			
A, propaan	1. Continue uitstroming wolkbrand	1.68E-03	0.5	100	4.66E-10	1.86E-09
	2. Continue uitstroming fakkel	1.68E-03	0.5		4.66E-10	1.86E-09
	3. Inst. Vrijk. Wolkbrand	1.12E-03	0.2		1.24E-10	4.97E-10
	4. inst. Vrijk. Koude BLEVE	1.12E-03	0.8		4.97E-10	1.99E-09
	5. Inst. Vrijk. Warme BLEVE		1		2.02E-10	8.08E-10
B2, Ammoniak	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	1.68E-03		2550	1.19E-07	
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	1.12E-03			7.92E-08	
B3, chloor	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	3.36E-04		0	0.00E+00	
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	2.24E-04			0.00E+00	
C3, hexaan	1. Kleine uitstr. plasbrand	3.36E-01	2.50E-01	300	1.40E-07	5.59E-07
	2. Grote uitstr. plasbrand	2.24E-01	2.50E-01		9.31E-08	3.73E-07
D3, acrylnitril	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		50	9.31E-09	3.73E-08
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			6.21E-09	2.48E-08
D4, fluorwaterstof	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		0	0.00E+00	0.00E+00
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			100	0.00E+00

Tabel 4 Frequenties Traject Lunetten – Bunnik Huidige situatie.

Frequenties Traject Lunetten – Bunnik Huidige situatie					
Stofcategor ie	Scenario	Vervolgkans		Aantal wagens per jaar	Frequentie (per km per jaar)
		Uitstro- ming	Ontste- king		
A, propaan	1. Continue uitstroming wolkbrand	1.68E-03	0.5	1000	2.33E-08
	2. Continue uitstroming fakkel	1.68E-03	0.5		2.33E-08
	3. Inst. Vrijk. Wolkbrand	1.12E-03	0.2		6.21E-09
	4. inst. Vrijk. Koude BLEVE	1.12E-03	0.8		2.48E-08
	5. Inst. Vrijk. Warme BLEVE		1		6.60E-08
B2, Ammoniak	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	1.68E-03		0	0.00E+00
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	1.12E-03			0.00E+00
B3, chloor	1. Cont. Uitst. Tox. Blootst.	3.36E-04		0	0.00E+00
	2. Inst. Vrijk. Tox. Blootst.	2.24E-04			0.00E+00
C3, hexaan	1. Kleine uitstr. plasbrand	3.36E-01	2.50E-01	2850	6.64E-06
	2. Grote uitstr. plasbrand	2.24E-01	2.50E-01		4.42E-06
D3, acrylnitril	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		50	4.66E-08
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			3.10E-08
D4, fluorwaterstof	1. Kleine uitstr. Tox. Blootst.	3.36E-02		400	3.73E-07
	2. Grote uitstr. Tox. Blootst.	2.24E-02			1000

## D Ongevalsscenario's

De ongevalsfrequentie is opgebouwd uit een generieke basisongevalsfrequentie, locatie-specifieke omstandigheden, getroffen veiligheidsmaatregelen en vervolgcansen op uitstroming.

De basisongevalsfrequentie is  $2,2 * 10^{-8}$  per kilometer transport<sup>11</sup>. Deze frequentie moet worden vermenigvuldigd met een factor voor de snelheid. Deze factor is 0,62 bij lage snelheid ( $\leq 40$  km/h) en 1,26 voor hoge snelheid ( $> 40$  km/h).

Vervolgens wordt bij de dan ontstane frequentie  $3,3 * 10^{-8}$  opgeteld indien er wissels in het beschouwde traject aanwezig zijn. Vanwege het ontbreken van gedetailleerde ongevalscasuïstiek wordt een standaardtoeslag gehanteerd voor de aanwezigheid van wissels, ongeacht het aantal.

De zo ontstane frequenties zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1 Ongevalsfrequenties per kilometer baanvak voor lage/hoge snelheid en wel of geen wissels, zonder verdere maatregelen.

	Geen wissels	Wel wissel(s)
Lage snelheid	$1,36 * 10^{-8}$	$4,66 * 10^{-8}$
Hoge snelheid	$2,77 * 10^{-8}$	$6,07 * 10^{-8}$

De tot zover berekende ongevalsfrequentie wordt per ongevalsscenario achtereenvolgens vermenigvuldigd met de vervolgcansen op uitstroming en ontsteking. Deze vervolgcansen zijn weergegeven in tabel hieronder. In deze tabel zijn tevens de (maximale) schadeafstanden en het schadebeeld vermeld.

<sup>11</sup> In het Paarse Boek staat per abuis een frequentie van  $3,6 * 10^{-8}$  per jaar.

Tabel 2 Scenario's met bijbehorende vervolgcansen op uitstroming en ontsteking en schadeafstanden.

Stof	Scenario	Vervolgkans uitstroming		Vervolgkans ontsteking	(Maximale) schade afstand RBMII (m)	Omschrijving schade
		≤ 40 km/h	> 40 km/h			
A (propaan)	1: cont.uitstr wolkbrand	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	0,5	90	100% letaal letsel, direct na ongeval
	2: cont.uitstr fakkel	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	0,5	lengte fakkel: 80 110	100% letaal letsel, direct na ongeval 1% letaliteit, direct na ongeval
	3: inst. vrijk. wolkbrand	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0,2	230	100% letaal letsel, direct na ongeval
	4: inst. vrijk. koude BLEVE	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0,8	110 (straal BLEVE) 230 (vanaf midden vuurbal)	100% letaal letsel, direct na ongeval 1% letaal letsel, direct na ongeval
	5: inst. vrijk. Warme BLEVE	-	-	1	110 (straal BLEVE) 170 (warmtestraling > 35 kW/m <sup>2</sup> ) 310 (vanaf midden vuurbal)	100% letaal letsel, direct na ongeval 100% letaal letsel, direct na ongeval 1% letaal letsel, direct na ongeval
B2 (ammoniak)	6: cont.uitstr. tox. blootst.	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	-	600	1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5) <sup>12</sup>
	7: inst. vrijk. tox. blootst.	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	-	55	1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5)
B3 (chloor) <sup>13</sup>	8: cont.uitstr. tox. blootst.	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	-		1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5)
	9: inst. vrijk. tox. blootst.	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	-		1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5)
C3 (hexaan)	10: kleine uitstr. Plasbrand	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-1}$	0,25	35	1% letaal letsel, direct na ongeval bij F1,5
	11: grote uitstr. Plasbrand	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	0,25 <sup>14</sup>	40	1% letaal letsel, direct na ongeval bij F1,5
D3 (acrylnitril)	12: kleine uitstr. Tox. blootst.	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-1}$	-	115	1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5)
	13: grote uitstr. Tox. blootst.	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	-	175	1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5)
D4 (fluor-waterstof) <sup>1</sup>	14: kleine uitstr. Tox. blootst.	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-1}$	-	1560	1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5)
	15: grote uitstr. Tox. blootst.	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	-	2290	1% letaal letsel, enige tijd na ongeval (bij F1,5)

Tot slot moeten de ongevalslocaties worden vastgesteld. Hiertoe worden de ongevals-scenario's gekoppeld aan het spoor binnen de onderzochte spoorbaan waar deze scenario's op kunnen treden. De standaarddocumenten geven hiervoor geen eenduidige richtsnoeren. Daarom wordt aangesloten bij de werkwijze die is toegepast bij Nationale

<sup>12</sup> F1,5 is zeer stabiel weer met een windsnelheid van 1,5 meter per seconde. Dit weertype geeft over het algemeen de grootste schadeafstanden.

<sup>13</sup> Omdat chloortreinen in Nederland moeten voldoen aan strenge veiligheidseisen, wordt de ongevalsfrequentie van chloortreinen vermenigvuldigd met 0,2.

<sup>14</sup> Het Paarse Boek noemt andere ontstekingskansen voor een plasbrand (categorie C3) dan IPORBM. In het Paarse Boek wordt een ontstekingskans van 0,5 vermeld. In de IPORBM-handleiding en –achtergronddocument worden 2 verschillende waarden genoemd, namelijk 0,13 en 0,25. Het rapport “(Basisfaal-frequenties voor het transport van gevaarlijke stof over de vrije baan” [7] waarop de ongevalsfrequenties zijn gebaseerd vermeld een waarde van 0,25. Deze 0,25 dient te worden toegepast.

Sluotelprojecten. Dit betekent dat de uiteindelijke (overall) ongevalsfrequentie per kilometer traject per jaar wordt berekend door de tot dusver berekende frequentie te vermenigvuldigen met het aantal passerende wagens per jaar.

### Project 'Sporen in Utrecht'

Hieronder staan tabellen waarin de gebruikte route en de correctiefactoren voor elk punt staan gepresenteerd. Deze correctiefactoren zijn gebaseerd op de aanwezigheid van wissels, overwegen, ATB nieuwe generatie of hot box detectie. Als basissituatie is gebruikt een traject met een toegestane snelheid van meer dan 40 km/h, zonder ATB nieuwe generatie of hotbox detectie en zonder wissels of overwegen.

Tabel 3 Aanwezigheid overwegen en wissels traject Vleuten Utrecht CS.

Traject Vleuten – Utrecht CS			
coördinaten		correctiefactor	Invloed
x	y		
135753	456171	2.191	wissel
135742	456186	2.191	wissel
135720	456225	2.191	wissel
135698	456261	2.191	wissel
135682	456288	2.191	wissel
135667	456308	2.191	wissel
135645	456335	2.191	wissel
135624	456358	2.191	wissel
135602	456380	2.191	wissel
135569	456407	2.191	wissel
135543	456426	2.191	wissel
135518	456441	2.191	wissel
135482	456460	2.191	wissel
135443	456477	2.191	wissel
135419	456485	2.191	wissel
135400	456503	2.191	wissel
135387	456500	2.191	wissel
135375	456504	2.191	wissel
135328	456511	2.191	wissel
135300	456512	2.191	wissel
135263	456517	2.191	wissel
135216	456522	2.191	wissel
135145	456530	2.191	wissel
135001	456544	2.191	wissel
134882	456556	2.191	wissel
134825	456563	2.191	wissel
134783	456569	2.191	wissel
134724	456577	2.191	wissel
134602	456588	2.191	wissel
134510	456602	2.191	wissel
134429	456613	2.191	wissel
134381	456616	2.191	wissel
134334	456624	2.191	wissel
134245	456633	2.191	wissel
134204	456641	2.191	wissel
134123	456649	2.191	wissel
134079	456652	2.191	wissel

Traject Vleuten – Utrecht CS			
coördinaten		correctiefactor	Invloed
x	y		
134036	456657	2.191	wissel
133994	456662	2.191	wissel
133921	456668	2.191	wissel
133846	456676	2.191	wissel
133775	456684	2.191	wissel
133739	456689	2.191	wissel
133660	456700	2.191	wissel
133598	456706	2.191	wissel
133529	456717	2.191	wissel
133472	456723	2.191	wissel
133401	456733	2.191	wissel
133327	456744	2.191	wissel
133269	456751	2.191	wissel
133181	456766	2.191	wissel
132917	456799	2.191	wissel

Tabel 4 Aanwezigheid overwegen en wissels traject Utrecht CS – Lunetten a.

Traject Utrecht CS – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
136260	455310	2.191	wissel
136269	455295	2.191	wissel
136295	455249	2.191	wissel
136312	455218	2.191	wissel
136323	455204	2.191	wissel
136332	455190	2.191	wissel
136372	455119	2.191	wissel
136400	455068	2.191	wissel
136432	455010	2.191	wissel
136494	454901	2.191	wissel
136525	454845	2.191	wissel
136550	454796	2.191	wissel
136576	454756	2.191	wissel
136578	454753	2.191	wissel
136605	454715	1	geen
136609	454710	1	geen
136637	454679	2.191	wissel
136693	454624	2.191	wissel
136720	454603	2.191	wissel
136789	454555	2.191	wissel
136845	454521	2.191	wissel
136918	454479	2.191	wissel
136998	454434	2.191	wissel
137015	454424	2.191	wissel
137078	454392	2.191	wissel
137138	454358	2.191	wissel
137250	454293	2.191	wissel
137339	454239	2.191	wissel
137471	454165	2.191	wissel

Traject Utrecht CS – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
137540	454125	2.191	wissel
137554	454116	2.191	wissel
137568	454107	1	geen
137611	454077	1	geen
137630	454063	2.191	geen
137658	454042	2.191	wissel
137705	454003	2.191	wissel
137742	453970	2.191	wissel
137788	453924	2.191	wissel
137824	453884	2.191	wissel
137869	453834	2.191	wissel
137916	453775	2.191	wissel
137943	453738	2.191	wissel
137971	453701	2.191	wissel

Tabel 5 Aanwezigheid overwegen en wissels traject Utrecht CS – Lunetten b.

Traject Utrecht CS – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
136,157	455,361	1	geen
136,174	455,331	1	geen
136,215	455,258	2,191	wissel
136,252	455,193	2,191	wissel
136,299	455,112	2,191	wissel
136,332	455,052	2,191	wissel
136,378	454,972	2,191	wissel
136,408	454,917	2,191	wissel
136,420	454,898	2,191	wissel
136,444	454,864	2,191	wissel
136,482	454,812	2,191	wissel
136,508	454,776	2,191	wissel
136,553	454,726	2,191	wissel
136,580	454,700	2,191	wissel
136,615	454,668	2,191	wissel
136,669	454,617	2,191	wissel
136,723	454,573	2,191	wissel
136,770	454,538	2,191	wissel
136,821	454,505	2,191	wissel
136,894	454,462	2,191	wissel
136,945	454,433	2,191	wissel
136,999	454,402	2,191	wissel
137,066	454,363	2,191	wissel
137,103	454,342	2,191	wissel
137,176	454,300	2,191	wissel
137,226	454,271	2,191	wissel
137,349	454,206	2,191	wissel
137,427	454,161	2,191	wissel
137,473	454,133	2,191	wissel
137,502	454,115	2,191	wissel

Traject Utrecht CS – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
137,538	454,090	2,191	wissel
137,568	454,069	2,191	wissel
137,617	454,030	2,191	wissel
137,646	454,004	2,191	wissel
137,693	453,961	2,191	wissel
137,732	453,922	2,191	wissel
137,768	453,886	2,191	wissel
137,798	453,855	2,191	wissel
137,829	453,825	2,191	wissel
137,878	453,776	2,191	wissel
137,901	453,743	2,191	wissel
137,915	453,722	2,191	wissel

Tabel 6 Aanwezigheid overwogen en wissels traject Houten – Lunetten a.

Traject Houten – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
137971	453701	2.191	wissel
137984	453683	2.191	wissel
138000	453659	2.191	wissel
138035	453604	2.191	wissel
138089	453512	2.191	wissel
138129	453440	2.191	wissel
138182	453340	2.191	wissel
138241	453232	2.191	wissel
138246	453223	2.191	wissel
138295	453133	1	geen
138337	453057	1	geen
138382	452979	1	geen
138445	452875	1	geen
138491	452799	1	geen
138556	452692	1	geen
138608	452606	1	geen
138668	452507	1	geen
138726	452410	1	geen
138769	452339	1	geen
138840	452220	1	geen
138849	452206	1	geen
138887	452142	2.191	wissel
138901	452117	2.191	wissel
138933	452057	2.191	wissel
138960	452000	2.191	wissel
138995	451919	2.191	wissel
139014	451876	2.191	wissel
139052	451780	2.191	wissel
139063	451755	2.191	wissel
139110	451639	2.191	wissel
139149	451544	2.191	wissel
139200	451420	2.191	wissel



Traject Houten – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
139253	451291	2.191	wissel
139255	451286	1	geen
139298	451182	1	geen
139334	451093	1	geen
139344	451070	1	geen
139347	451062	1	geen
139349	451059	1	geen
139353	451046	1	geen

Tabel 7 Aanwezigheid overwegen en wissels traject Houten – Lunetten b.

Traject Houten – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
139332	451088	1	geen
139267	451248	1	geen
139209	451388	2.191	wissel
139185	451447	2.191	wissel
139129	451585	2.191	wissel
139099	451656	2.191	wissel
139057	451756	2.191	wissel
138998	451900	2.191	wissel
138957	451996	2.191	wissel
138925	452062	2.191	wissel
138908	452095	2.191	wissel
138880	452146	2.191	wissel
138853	452192	2.191	wissel
138843	452208	2.191	wissel
138793	452290	2.191	geen
138742	452378	1	geen
138688	452466	1	geen
138631	452560	1	geen
138590	452629	1	geen
138569	452664	2.191	wissel
138545	452701	2.191	wissel
138469	452827	2.191	wissel
138441	452873	2.191	wissel
138408	452930	2.191	wissel
138383	452970	2.191	wissel
138357	453012	2.191	wissel
138332	453057	2.191	wissel
138308	453090	2.191	wissel
138298	453111	2.191	wissel
138282	453138	2.191	wissel
138239	453207	2.191	wissel
138211	453255	2.191	wissel
138184	453303	2.191	wissel
138147	453373	2.191	wissel
138135	453394	2.191	wissel
138123	453416	2.191	wissel

Traject Houten – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
138088	453478	2,191	wissel
138087	453480	2,191	wissel
138086	453482	2,191	wissel
138084	453486	2,191	wissel
138079	453493	2,191	wissel
138056	453532	2,191	wissel
138047	453544	2,191	wissel
138026	453578	2,191	wissel
137998	453617	2,191	wissel
137943	453689	2,191	wissel
137941	453692	2,191	wissel
137916	453721	2,191	wissel

Tabel 8 Aanwezigheid overwegen en wissels traject Bunnik – Lunetten.

Traject Bunnik – Lunetten			
Coördinaten		Correctiefactor	Invloed
x	y		
137971	453701	2,191	wissel
138012	453663	2,191	wissel
138065	453620	2,191	wissel
138100	453594	2,191	wissel
138162	453553	2,191	wissel
138224	453518	2,191	wissel
138297	453481	2,191	wissel
138365	453448	2,191	wissel
138427	453419	2,191	wissel
138494	453386	2,191	wissel
138617	453328	2,191	wissel
138725	453277	2,191	wissel
138900	453193	2,191	wissel
139025	453133	2,191	wissel
139116	453089	2,191	wissel
139193	453053	2,191	wissel
139297	453003	2,191	wissel
139346	452980	2,191	wissel
139352	452977	2,191	wissel
139442	452936	1	geen
139500	452909	1	geen
139619	452863	1	geen
139755	452813	1	geen