

Bijlagen Schiphol tunnel (OV) + rijbanen naar/vanaf de tunnel

1. Wijz. bp b 06102016.pdf
2. BVT QRA – Advies Veiligheidsbeambte.pdf
3. Kwantitatieve risicoanalyse.pdf
4. GRO tunnelveiligheid 15022017.pdf
5. Verkeersveiligheidsanalyse A2A.pdf





Onderwerp Advies QRA Buitenveldertunnelsysteem en Dienstentunnel
Aan C.R. Uijl - Operationeel Tunnelbeheerder
Van Henry van der Pluym
Kopie J. Rundberg – Projectleider; Miriam Hoekstra Tunnelbeheerder Schiphol
Datum 11-10-2016
Kenmerk VB.SPA.20161011

Geachte heer Uijl, beste Kees,

Op verzoek van het project renovatie tunnels Schiphol, stuur ik je bij deze mijn advies op de QRA Buitenveldertunnelsysteem met referentie T&PBC5845-106-103R004F04, versie 0.9.

1 Uitgangspunten QRA.

In de QRA is een uiteenzetting gemaakt van de gehanteerde uitgangspunten, de gebruikte data en de berekende invoergegevens mbt type en hoeveelheid verkeer op verschillende tijdstippen. De navolgend invoergegevens zijn hiervoor gebruikt en onderbouwd:

- Geometrie;
- Voorzieningen;
- Motorvoertuigen;
- Periode en verkeersintensiteiten;
- Verkeerssamenstelling;
- Gevaarlijke stoffen;
- File benedenstrooms;
- Incidentkans;

De “beperkingen” van het QRA-rekenmodel t.o.v. de specifieke situatie van het Buitenveldertunnelsysteem zijn inzichtelijk gemaakt en er is aangegeven op welke wijze de analyse voor de specifieke situaties alsnog is uitgevoerd. Hierbij is een wijze gehanteerd die zo dicht mogelijk bij de specifieke situatie in de buurt komt en gebruik gemaakt van conservatieve uitgangspunten. De wijze waarop binnen het model de specifieke situaties bepaald en brekend zijn, zijn in overleg en afstemming gedaan met RWS.

Daarnaast is gekeken naar de borging van het de betrouwbaarheid door falen van het systeem door het vaststellen van de, door de systeemontwikkelaar te hanteren, faalkans bij aanspraak voor de kritische veiligheidssystemen en is een overzicht gegeven van de faaldefinities waarop het technisch beheerproces ingericht dient te worden.

2 Uitkomsten QRA analyse

Op basis van de gehanteerde uitgangspunten met de daarbij behorende invoerdata laat het model zien dat het Buitenveldertunnelsysteem aan de veiligheidsnorm voldoet. Dit is inzichtelijk gemaakt voor de verschillende gebruikperiodes met daarbij behorende intensiteit en voor de specifieke situatie dat de veiligheid kritische functie - beheerst afsluiten tunnel - faalt.

Buis A laat het hoogste groepsrisico zien. Om die reden is een gevoeligheidsanalyse uitgewerkt voor buis A met een verhoging van de volgende parameters:



- I. Ongevalsfrequentie.
Deze wordt gezien als onzeker en is met een factor 2 verhoogt. De keuze van deze factor is op basis van de veilige normruimte in de uitkomst van de analyse. De analyse laat zien dat obv de verhoging de uitkomst binnen de norm blijft.
- II. Filekans.
Deze invoerparameter wordt gezien als onzeker, hierom is gekozen om de gevoeligheidsanalyse uit te voeren met een factor 10 verhoging van de gehanteerde data. De analyse laat zien dat obv de verhoging de uitkomst binnen de norm blijft.
- III. Verkeersintensiteiten.
Door de onzeker voorspelbaarheid van de verkeersgroei is hier een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met een autonome groei van 50%. De analyse laat zien dat obv de verhoging de uitkomst binnen de norm blijft.
- IV. Aantal gewonden per letselincident.
De gehanteerde data van het aantal gewonden is verhoogd met een factor 10. De analyse laat zien dat obv de verhoging de uitkomst binnen de norm blijft.
- V. Aandeel bussen.
De locatie van een bus tijdens het incident is een onzekere factor. De basis QRA is uitgegaan van een kans van 1,4% dat de bus zich binnen effectgebied bevindt, dit obv evenredige verdeling van plaats. Om binnen de norm van de QRA te blijven mag de kans dat een bus zich binnen het effectgebied bevindt maximaal 35% toenemen naar 1,9%. Bij deze toename naar 1,9% laat de analyse zien dat obv deze verhoging de uitkomst binnen de norm blijft.

3 Conclusie en advies

De uitwerking van de QRA is zodanig uitgevoerd dat, binnen de beperkingen die de QRA heeft voor de verschillende scenario's, de uitkomsten hiervan toch representatief zijn. De analyses laten zien dat de veiligheid van het gebruik van de het Buitenveldertunnelsysteem binnen de grenswaarden van de QRA blijft. Bij de gevoeligheidsanalyse die is uitgevoerd zie ik twee risicovolle parameters naar voren komen; de ongeval frequentie en de afstand van de bussen tot het incident.

De ongevalsfrequentie kan bij de gevoeligheidsanalyse maximaal verdubbeld worden, wanneer aangenomen wordt dat deze hoger is zal deze niet meer binnen de norm passen. Getoetst aan de huidige ongevalsfrequentie, rekening houdend met een autonome verkeersgroei van 1% lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat de verdubbeling van deze parameter in werkelijkheid ook zal plaatsvinden. Hierdoor is het zeer onwaarschijnlijk dat op basis van een toename in de ongevalsfrequentie boven de norm zal worden uitgekomen.

De afstand van de bussen tot het incident is naar mijn mening het meest kritische. Dit wordt ook aangegeven in de conclusie van het rapport. De mogelijke toename van 35% op de kans van 1,4% dat een bus zich binnen het effectgebied bevindt is minimaal. Hierom is het fundamenteel dat, met name in de spits, het aantal bussen en de onderlinge afstand binnen de basis-aannamen van het veiligheidsconcept blijven. De maatregelen om dit te borgen zijn afspraken en instructie met de busmaatschappijen en de chauffeurs en het gebruik van toeritdosering voor de bussen tijdens de spits. Omdat deze maatregelen dit kritische veiligheidsaspect moeten borgen adviseer ik dat de Tunnelbeheerder actief en nauw betrokken is bij de opvolging en de implementatie hiervan. Dit geldt ook voor het monitoren van het gedrag van de buschauffeurs om direct te kunnen bijsturen indien niet wordt voldaan aan de gemaakte afspraken.

Als laatste wil ik nog verwijzen naar paragraaf 2.3 waarin geborgd wordt dat adequaat gehandeld wordt bij technisch falen van veiligheidssystemen. Hier is voor een aantal systemen een faalkans bij aanspraak vastgesteld en er zijn een aantal te hanteren faaldefinities vastgesteld. Ik zou willen adviseren om de



faalkans bij aanspraak niet alleen op systeem niveau vast te stellen maar juist op keten niveau, bijvoorbeeld vanuit de 3 veiligheid kritische functies, ventilatie, overdruk en onbeheerst afsluiten.

Ten aanzien van de faaldefinities zou ik willen adviseren deze SMART-er op te stellen. Ik zie dat ze soms kwalitatief zijn gedefinieerd of dat onduidelijk is hoe de faaldefinitie moet worden geïnterpreteerd, (bijvoorbeeld 25% uitval van de lussen, hier is niet duidelijk of dit aaneengesloten is of 25% van het totaal).

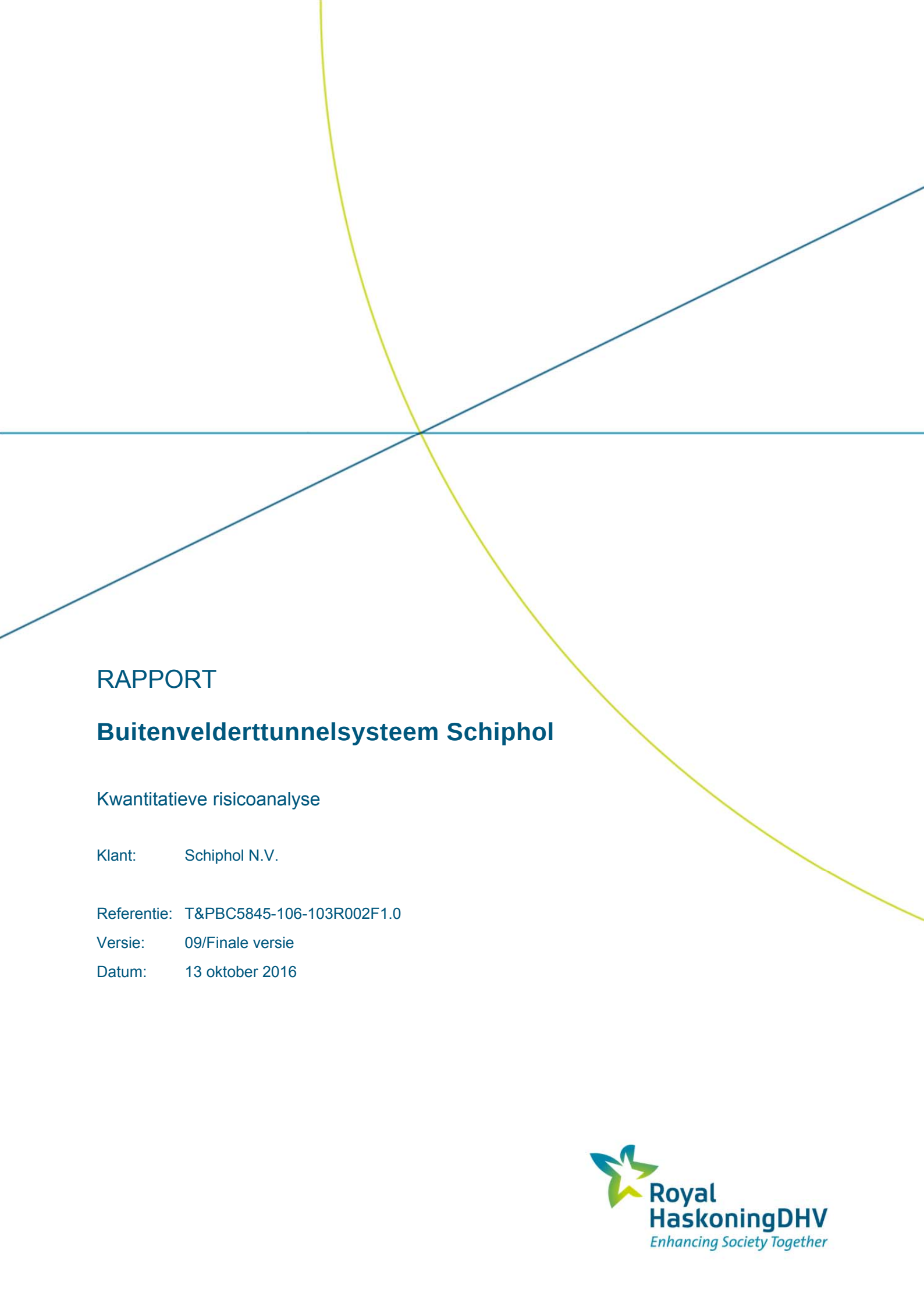
In acht neming met mijn bovenstaand advies ben ik van mening dat de QRA Buitenveldertunnelsysteem met referentie T&PBC5845-106-103R004F04 voldoende onderbouwd aantoont dat de het Buitenveldertunnelsysteem na voltooiing van de renovatie binnen de risico-norm blijft en veilig gebruikt kan worden.

Mocht je nog vragen of opmerkingen hebben ben ik beschikbaar.

Met vriendelijke groet,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'H.C. van der Pluym'.

H.C. van der Pluym
Veiligheidsbeambte tunnels Schiphol NV



RAPPORT

Buitenveldertunnelsysteem Schiphol

Kwantitatieve risicoanalyse

Klant: Schiphol N.V.

Referentie: T&PBC5845-106-103R002F1.0

Versie: 09/Finale versie

Datum: 13 oktober 2016

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Buitenveldertunnelsysteem Schiphol

Ondertitel:
Referentie: T&PBC5845-106-103R002F1.0
Versie: 09/Finale versie
Datum: 13 oktober 2016
Projectnaam: Tunnelveiligheid Schiphol
Projectnummer: BC5845-106-103
Auteur(s): Martje Bolle, Robert Oosterveld

Opgesteld door: Martje Bolle, Robert Oosterveld

Gecontroleerd door: Rob Houben

Datum/Initialen: 13 oktober 2016 *RBH*

Goedgekeurd door: Rob Houben

Datum/Initialen: 13 oktober 2016 *RBH*

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.

Inhoud

1	Aanleiding	0
2	Systeembeschrijving	1
2.1	Buis A	1
2.2	Buis C & D	2
2.3	Betrouwbaarheid en faaldefinities	3
3	QRA-tunnels	5
3.1	Het kansenmodel	5
3.2	Het gevolgenmodel	6
3.3	Het risicomodel	6
4	Invoergegevens	8
4.1	Geometrie	8
4.1.1	Buis A	8
4.1.2	Buis C	8
4.1.3	Buis D	8
4.2	Voorzieningen	8
4.2.1	Buis A	9
4.2.2	Buis C	9
4.2.3	Buis D	9
4.3	Motorvoertuigen	9
4.3.1	Buis A	9
4.3.2	Buis C	10
4.3.3	Buis D	10
4.4	Periode en verkeersintensiteiten	10
4.4.1	Buis A	11
4.4.2	Buis C	13
4.4.3	Buis D	14
4.5	Gevaarlijke stoffen	14
4.6	File benedenstrooms	15
4.6.1	Buis A	15
4.6.2	Buis C	15
4.6.3	Buis D	15
4.7	Incidentkans	15
4.7.1	Buis A	16
4.7.2	Buis C	16
4.7.3	Buis D	16

5	Modellering Buitenvelderttunnel	16
5.1	Modellering buis A	16
5.1.1	Vluchttrappen, wachtrij vluchtdeur en uitstaptijd bussen	16
5.1.2	Aantal inzittenden bussen	17
5.1.3	Aantal doden per letselincident	17
5.1.4	Vrije busbaan en instructies aan buschauffeurs	18
5.1.5	Invoerwaarden modellering	19
5.2	Modellering buis C	23
5.2.1	Wachtrij vluchtdeur en uitstaptijd bussen	23
5.2.2	Aantal inzittenden bussen	23
5.2.3	Instructies buschauffeurs	23
5.2.4	Aantal doden per letselincident	24
5.2.5	Toeritdosering	24
5.2.6	Invoerwaarden modellering	24
6	Resultaten	26
6.1	Buis A	26
6.2	Buis C	26
6.3	Buis D	27
7	Gevoeligheidsanalyse	29
7.1	Invoerwaarden gevoeligheidsanalyse	29
8	Conclusie	33
9	Referenties	34
10	Bijlagen	35

Bijlagen

- 1 – Plattegrond en langsdoorsnede Buitenvelderttunnelsysteem
- 2 – Verkeersintensiteit Buis C NZ
- 3 – Rekenblad incidentkansen Buis A
- 4 – Rekenblad incidentkansen Buis C
- 5 – Rekenblad incidentkansen Buis D
- 6 – Maatregelenpakket en faaldefinities

1 Aanleiding

Het Buitenveldertunnelsysteem, voorheen de Buitenveldertunnel en Diensttunnel Loevesteinse Randweg, ligt op het terrein van Schiphol Amsterdam Airport, in de gemeente Haarlemmermeer. Het tunnelsysteem is in gebruik voor normaal wegverkeer en OV-verkeer van Connexxion en andere lijnbussen zoals bussen van GVB.

Per 2019 dienen alle Nederlandse wegtunnels buiten het Trans-Europese wegennet te voldoen aan de wet- en regelgeving rond tunnelveiligheid. Dit betekent dat ook het Buitenveldertunnelsysteem aan deze wetgeving zal moeten voldoen. Hiertoe is een analyse gemaakt van de maatregelen en voorzieningen die noodzakelijk zijn in het Buitenveldertunnelsysteem om het wettelijke veiligheidsniveau te behalen.

Wettelijk is vastgelegd dat de kans op slachtoffers in een wegtunnel blijkens een risicoanalyse niet groter mag zijn dan $0,1/N^2$ per kilometer tunnelbuis per jaar, waarbij N het aantal dodelijke slachtoffers onder de weggebruikers per incident is en waarbij dat aantal 10 of meer bedraagt. De verificatie hiervan dient plaats te vinden conform het model QRA-tunnels 2,0, ontwikkeld door en in beheer van Rijkswaterstaat. In de onderhavige rapportage zijn de nieuwe uitgangspunten getoetst aan de risiconorm, middels het model QRA-Tunnel, versie 2.0.

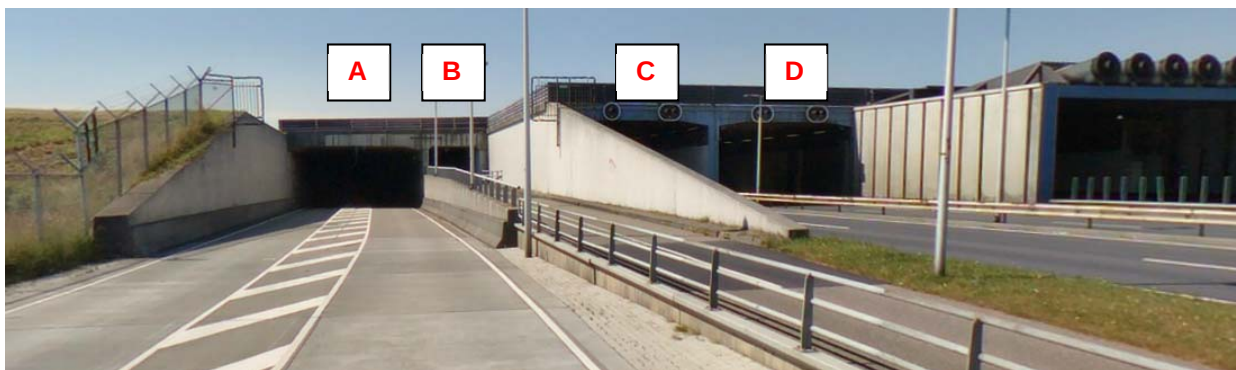
De rapportage toont aan dat Buis A, C en D van het Buitenveldertunnelsysteem voldoen aan de veiligheidsnorm.

2 Systeembeschrijving

De configuratie van de huidige tunnels zal worden aangepast tot één tunnelsysteem, waarbij zowel het OV-verkeer als het overige verkeer in zuidwaartse richting, door de huidige Diensttunnel worden geleid, en in noordelijke richting door de huidige Buitenvelderttunnel. Dit systeem wordt aangeduid als het Buitenvelderttunnelsysteem.

Het Buitenvelderttunnelsysteem is onderverdeeld in vier buizen die achtereenvolgens worden aangeduid als, zie ook figuur 1:

- Buis A: huidige Buitenvelderttunnel;
- Buis B: fietstunnel;
- Buis C: huidige Diensttunnel oost;
- Buis D: huidige Diensttunnel west.



Figuur 1: Tunnelmond noordzijde

Voor Buis B: de fietstunnel hoeft volgens het wettelijk kader geen QRA-analyse worden opgesteld. Deze rapportage zal daarom alleen ingaan op de tunnelbuizen A, C en D van het Buitenvelderttunnelsysteem. Wel fungeert buis B bij calamiteiten als veilige vluchtroute vanuit buis A. De beschikbaarheid van deze vluchtroute inclusief de noodzakelijke voorzieningen voor het borgen van een veilig klimaat gedurende de benodigde evacuatielijd geldt daarom als randvoorwaarde voor de validiteit van deze risicoanalyse. Dit vertaalt zich in de eisen aan de faalkansen van de veiligheidsvoorzieningen in buis B. Voor de maximaal toegestane faalkansen van het Buitenvelderttunnelsysteem, zie par. 2.3.

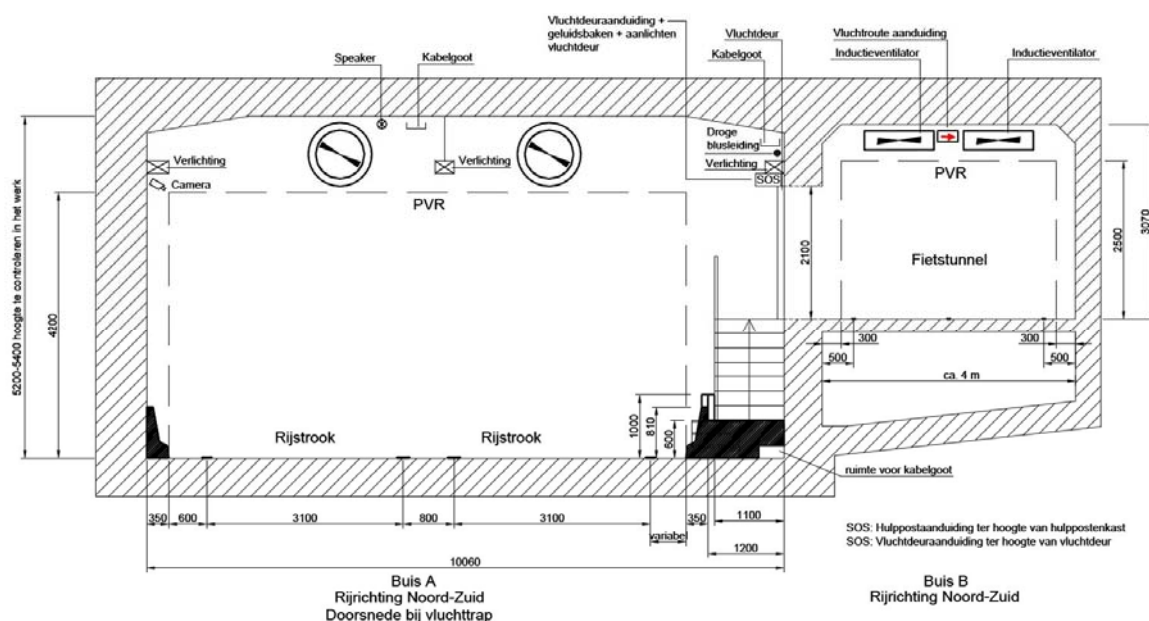
2.1 Buis A

In de huidige situatie is buis A van het Buitenvelderttunnelsysteem in gebruik voor OV verkeer bestaande uit lijnbussen van Connexxion (R-NET en Schiphol Sarnet). Overig verkeer is niet toegestaan in de tunnel, met uitzondering van brandweer, politie en kMar bij prio 1 meldingen en vervoerders van de Dienst Justitiële Inrichtingen. Boven de tunnel bevinden zich de Buitenveldertbaan en rijbanen voor vliegverkeer.

De lengte van Buis A is 482 meter. De buis bestaat uit twee rijstroken, momenteel elk voor verkeer in een andere rijrichting. De rijstroken zijn gescheiden door een 1,86 meter brede rijrichtingscheiding die is voorzien van verdrijvingsstrepen. Er zijn geen vluchtstroken in de tunnel.

In de nieuwe situatie zal één rijstrook (de rechter rijstrook) worden opengesteld voor OV-verkeer en de andere rijstrook (de linker rijstrook) voor het overige verkeer. De rijrichting in de gehele tunnel zal richting het noorden zijn. De twee rijstroken in deze buis worden dan gescheiden door middel van een dubbele doorgetrokken streep, om te voorkomen dat het verkeer zich vermengt.

De afstand tussen de twee doorgetrokken strepen bedraagt 80 cm. Aan beide zijden is een redresseerstrook aanwezig van 60 cm. Daarnaast geldt een inhaalverbod en een maximumsnelheid van 60 km/h. In de nieuwe situatie zal de buis worden voorzien van één vluchtdeur, bestaande uit twee trappen die leiden naar de naastgelegen fietstunnel. De vluchtdeur wordt aangebracht in het midden van Buis A.



Figuur 2: Dwarsdoorsnede nieuwe situatie Buitenvelderttunnelsysteem buis A en B (Indicatief ontwerp)

2.2 Buis C & D

De huidige Diensttunnel bestaat uit twee tunnelbuizen met elk twee rijstroken en eenrichtingsverkeer per buis. Er zijn geen vluchstroken in de tunnel. De lengte van de tunnel inclusief toeritten (viaduct rijbaan Alfa) bedraagt circa 760 m. De lengte van het besloten gedeelte is circa 540 m. Tussen buis C en D zijn twee vluchtdoors aanwezig, op 171 m vanaf de zuidelijke tunnelmond en 178 m vanaf de noordelijke tunnelmond. De afstand tussen deze twee vluchtdoors, en tevens de maximale afstand tussen twee uitgangen, bedraagt 191 meter.

In de nieuwe situatie zal alleen verkeer in zuidelijke richting plaatsvinden. Er zal in elke buis één rijstrook in gebruik worden genomen. Het OV-verkeer zal door de Buis C worden geleid en het overige verkeer door Buis D. Door het plaatsen van een barrier in beide tunnelbuizen wordt het vluchtpad afgeschermd. Tijdens een calamiteit worden de vluchtende personen hierdoor beschermd tegen aanrijding door het eventueel aanwezige verkeer in de niet-incidentbuis. De barrier wordt voorzien van plaatselijke verlagingsen voor het passeren van de barrier in de incidentbuis bij het vluchten naar de ondersteunende buis. Deze verlagingsen zullen minimaal 5 meter van de vluchtdoors af worden geplaatst. Hiermee wordt voorkomen dat vluchtenden vanuit de vluchtdoor de barrier passeren en de rijbaan betreden. Figuur 3 laat een dwarsdoorsnede zien van de Diensttunnel. In bijlage 1 is het bovenaanzicht van het Buitenvelderttunnelsysteem weergegeven.



afsluitboom verkeerslicht	De faalkans bij aanspraak dat een afsluitboom neer wordt gelaten en het verkeerslicht van dezelfde rijstrook niet op rood staat dient kleiner te zijn dan 0,001.
---------------------------	--

Tabel 1: FBA-eisen

Na aanpassing van het tunnelsysteem zal in een aantal gevallen de tunnel worden gesloten als gevolg van technisch falen. Dit houdt in dat het gewenste veiligheidsniveau niet kan worden gerealiseerd als gevolg van het technische falen. De faaldefinities zoals weergegeven in tabel 2 worden gehanteerd. Dit falen dient direct hersteld te worden. De tunnel wordt gesloten indien de faaldefinitie realiteit wordt.

Functionele eenheden	Faalcriterium
Luchtcondities borgen (ventilatie)	Ventilatie start niet na indrukken calamiteitenknop of n.a.v. een stilstandmelding
Zicht borgen (verlichting)	De tunnelbuisverlichting is over de gehele verkeersbuislengte volledig uitgevallen.
Waterafvoer	De waterafvoer is niet in staat plasvorming van een hinderlijk formaat te voorkomen.
Vluchtweg vrijgeven	Tenminste twee opeenvolgende vluchtdeuren kunnen niet worden geopend. Een vluchtdeur "opent niet" wanneer de openingskracht > 100 N.
Verkeersbeïnvloeding	Tenminste één verkeerslicht functioneert onbedoeld of functioneert in tegenspraak met de functionele vergrendeling(en).
Stilstand / snelheid onderschrijdings systeem	Over meer dan 25% van de tunnelbuislengte wordt een stilstand niet opgemerkt en gemeld door het tunnelsysteem.
Besturing	Besturing van tenminste 1 tunnelbuis faalt. Onder "besturing" wordt in deze definitie verstaan de systeemlogica en/of de buislogica.
Energie voorziening	Er is geen spanning beschikbaar op het conventionele energie distributie netwerk. Conventioneel is niet zijnde de no break.

Tabel 2: Faalcriteria Buitenveldertunnelsysteem

3 QRA-tunnels

De Regeling Aanvullende Regels Veiligheid Wegtunnels (RARVW) schrijft voor dat de risicoanalyse wordt uitgevoerd overeenkomstig het model QRA-tunnels. Dit model is ontwikkeld door en in beheer van het Steunpunt Tunnelveiligheid van Rijkswaterstaat.

Het model is ontwikkeld voor het berekenen van het interne risico van Nederlandse wegtunnels met een lengte tussen de 80 meter en 2000 meter en met maximaal 6 rijstroken. Hoewel het model is ontwikkeld door Rijkswaterstaat, is het ook van toepassing op wegtunnels buiten het hoofdwegennet. Desondanks dat in veel gevallen het mogelijk is om de parameters binnen een bepaald domein aan te passen, is het voor sommige eigenschappen en voorzieningen zoals tegenverkeer of dwarsventilatie moeilijk om deze in de QRA-tunnels te modelleren.

Hieronder volgt een beknopte beschrijving van het model. Deze beschrijving is gebaseerd op en grotendeels overgenomen uit het achtergronddocument QRA-tunnels, Rijkswaterstaat 2012, zie bron [1]. Voor een uitgebreidere beschrijving van het model wordt verwezen naar dit document.

De in het model berekende risico's hebben alleen betrekking op de risico's ten gevolge van het gebruik van de tunnel. Risico's ten gevolge van externe invloeden, zoals aardbevingen en dergelijke, zijn niet in het model opgenomen.

Bij de bepaling van de risicokentallen worden de kansen en gevolgen van een groot aantal scenario's (ook wel gebeurtenissen genoemd) bepaald. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een gebeurtenissenboom. Hierin worden alle bekende relevante (ongewenste) gebeurtenissen opgenomen die bepalend zijn voor het risico.

Bij tunnels is het kenmerkende de zijwaartse en verticale opsluiting die vooral bij een voertuigbrand en/of een uitstroming van gevaarlijke stoffen een negatieve rol kan spelen; deze incidenten hebben kleine kansen maar potentieel grote gevolgen. Het model richt zich vooral op het berekenen van de risico's van deze incidenten. Incidenten zonder uitstroming van gevaarlijke stoffen en/of brand, de 'gewone' incidenten, zijn minder kenmerkend omdat de directe gevolgen niet veel zullen verschillen van de situatie op de open weg (hoewel de bereikbaarheid van de plaats van het incident en de beschikbare werkruimte voor de hulpdiensten wel verschillend zijn). Deze incidenten worden wel in het model meegenomen.

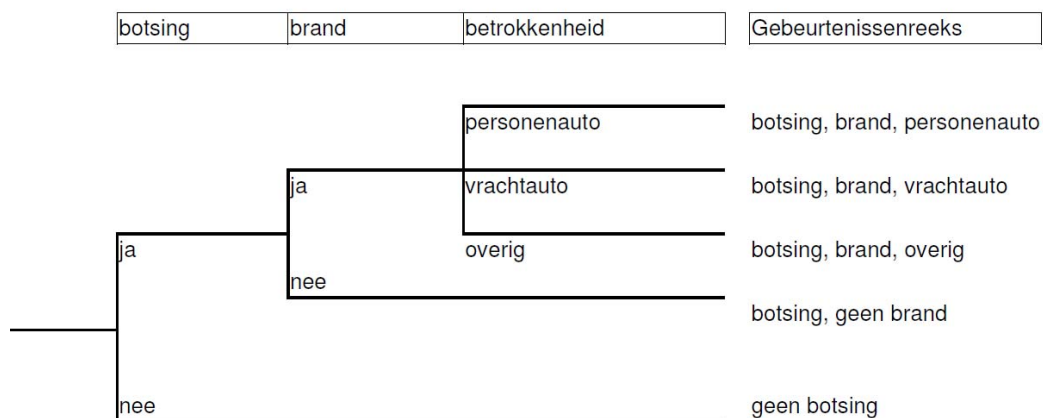
QRA-tunnels bestaat uit:

- het kansenmodel, gebaseerd op een gebeurtenissenboomanalyse, voor de berekening van de kans van optreden van elk ongevalsscenario;
- het gevolgenmodel voor het berekenen van een effect per ongevalsscenario;
- een model voor het berekenen van het risico;
- een beschrijving van de invoer en de uitvoer.

3.1 Het kansenmodel

Het kansenmodel in QRA-tunnels bestaat uit één gebeurtenissenboom. Met de gebeurtenissenboom worden alle voor het risico relevante scenario's in beeld gebracht. Deze gebeurtenissenboom heeft de structuur van 20 opeenvolgende vervolgebeurtenissen of condities, in dit document kortweg gebeurtenissen genoemd.

Figuur 4 toont een vereenvoudigde weergave van de structuur van de gebeurtenissenboom. Het voorbeeld bestaat uit twee fictieve vervolgebeurtenissen (een botsing en een brand na een botsing) en een conditie (het type voertuig betrokken bij de door brand gevolgde botsing). Er zijn in dit voorbeeld vijf mogelijke verlopen van de gebeurtenissenreeks (scenario's) aangegeven.



Figuur 4: Voorbeeld vereenvoudigde gebeurtenissenboomstructuur

Van elk scenario (gebeurtenissenreeks) wordt de kans bepaald voor één motorvoertuigkilometer (mvtkm). Bijvoorbeeld de gebeurtenissenreeks 'botsing, brand, personenauto' heeft een kans van optreden die bestaat uit het product van de kans P_{botsing} , de kans P_{brand} en de kans $P_{\text{personenauto}}$.

3.2 Het gevolgenmodel

Het gevolg dat per incident wordt beschouwd is het aantal weggebruikers dat overlijdt ten gevolge van het incident. Bij het aantal weggebruikers dat overlijdt ten gevolge van het incident worden drie 'typen' slachtoffers onderscheiden:

- de 'directe' slachtoffers: de 'normale' verkeersdoden. Aangenomen wordt dat de invloed van de tunnel op het aantal slachtoffers, gegeven een letselongeval, verwaarloosbaar is. De tunnel is wel van invloed op de kans op letselongevallen!;
- de 'extra' slachtoffers: de beknelden en/of zwaar gewonden in de direct bij een brand betrokken voertuigen die niet tijdig kunnen worden bevrijd en daardoor omkomen. Aangenomen wordt dat in de tunnel de bevrijding uit voertuigen wordt bemoeilijkt ten opzichte van de open weg. De 'extra' slachtoffers komen alleen voor bij letselongevallen met voertuigbranden;
- de 'kleine-kans-grote-gevolgen' slachtoffers: de niet direct bij het incident betrokken weggebruikers die, ten gevolge van de effecten van brand en/of uitstroming van gevaarlijke stoffen, niet tijdig kunnen vluchten en daardoor omkomen. De invloed van de tunnel op het aantal slachtoffers is hierbij zeer groot.

3.3 Het risicomodel

Het risico wordt berekend voor één tunnelbuis. Wel worden in de berekening de slachtoffers die in andere tunnelbuizen vallen (ten gevolge van een incident in de beschouwde tunnelbuis) meegenomen. Voor het totale risico in een tunnel met meer dan één tunnelbuis dient dus voor elke tunnelbuis het risico te worden berekend en dienen de risico's van elke tunnelbuis bij elkaar te worden opgeteld.

Het risico wordt uitgedrukt in de volgende risicokentallen:

- Verwachtingswaarde: dit is het verwachte aantal slachtoffers dat per jaar in de desbetreffende tunnelbuis valt. Dit wordt bepaald door voor elk scenario kans en effect met elkaar te vermenigvuldigen, vervolgens al deze producten bij elkaar op te tellen en daarna te vermenigvuldigen met het aantal in de tunnelbuis gereden voertuigkilometers per jaar;
- Persoonlijk risico: Het persoonlijk risico geeft de kans per, in de tunnelbuis afgelegde kilometer, voor een weggebruiker om in de tunnel te overlijden als gevolg van een incident in de betreffende tunnelbuis;
- Het groepsrisico is de kans per jaar dat in één keer een groep mensen komt te overlijden bij een ongeval in de tunnel. Het groepsrisico wordt in beeld gebracht in een grafiek, de zogenaamde f-N curve. In deze grafiek wordt de overschrijdingsfrequentie $f(N)$ van ongelukken met N of meer doden op een dubbel logaritmische schaal weergegeven.

4 Invoergegevens

De invoergegevens in de QRA-tunnels zijn variabelen en zijn onderverdeeld in de volgende rubrieken

- Geometrie;
- Voorzieningen;
- Motorvoertuigen;
- Periode en verkeersintensiteiten;
- Verkeerssamenstelling;
- Gevaarlijke stoffen;
- File benedenstrooms;
- Incidentkans;

In de volgende paragrafen volgt een korte toelichting op een aantal belangrijke invoerwaarden per buis.

4.1 Geometrie

Bij invulling van de geometrie van de tunnel is grotendeels gebruik gemaakt van de gegevens, die zijn opgenomen in de scenarioanalyse inclusief de bijbehorende tekeningen.

4.1.1 Buis A

Voor de QRA berekening van Buis A is rekening gehouden met één vluchtdeur, bestaande uit twee trappen die leiden naar de naastgelegen fietstunnel, in het midden van Buis A. Het maximale hart op hart afstand tussen twee uitgangen zal hierdoor uitkomen op 241 meter.

4.1.2 Buis C

Voor de QRA berekening van Buis C is rekening gehouden met de bestaande locaties van de twee vluchtdeuren. Deze hebben onderling een maximale vluchtdeurafstand van 191 meter.

4.1.3 Buis D

Voor de QRA berekening van Buis D is rekening gehouden met de bestaande locaties van de twee vluchtdeuren. Deze hebben onderling een maximale vluchtdeurafstand van 191 meter.

4.2 Voorzieningen

De veiligheidsvoorzieningen in de tunnel zijn ontleend aan de Verslaglegging Scenarioanalyse Buitenveldertsysteem, Royal HaskoningDHV, 13 oktober 2015, bron [2]. De volgende voorzieningen die aanwezig zijn of zullen worden aangebracht in elk van de drie verkeersbuizen zijn relevant voor de QRA:

- Bediening en bewaking vanuit het regiecentrum;
- Langsventilatie;
- Luidsprekersysteem;
- Blusvoorzieningen;
- Hulppost met noodtelefoon;
- Snelheidsdetectie;
- Calamiteitenknop;
- Afsluitmogelijkheid door middel van informatieborden, verkeerslichten en afsluitbomen. Afsluitbomen en verkeerslichten aangestuurd door de calamiteitenknop;

- Bij een stilstanddetectie in de tunnel wordt automatisch de ventilatie, indien deze nog niet in werking is, opgestart op luchtverversingsstand en worden de camerabeelden van de incidentlocatie opgeschakeld in het Regiecentrum; de calamiteitenstand wordt bij calamiteiten geactiveerd middels de calamiteitenknop;
- Bij een stilstanddetectie benedenstrooms van de tunnelbuis gedurende 30 seconden wordt de verkeersbuis visueel gesloten (i.e.: door middel van verkeerslichten).

4.2.1 Buis A

De extra voorzieningen die aanwezig zijn of zullen worden aangebracht in de tunnel die relevant zijn voor de QRA zijn:

- Vluchtrappen, leidend naar een in de vluchtrichting altijd ontgrendelde vluchtdeur in de middenwand van de tunnel (de wand tussen buis A en buis B);
- Verkeersdosering voor het OV-verkeer middels een negenoog;
- Filevermijding voor het overige verkeer, middels de VRI benedenstrooms van de tunnelbuis.

4.2.2 Buis C

De extra voorzieningen die aanwezig zijn of zullen worden aangebracht in de tunnel die relevant zijn voor de QRA zijn:

- In de vluchtrichting altijd ontgrendelde vluchtdeuren in de middenwand van de tunnel (de wand van buis C en D);
- Verkeersdosering middels een negenoog.

4.2.3 Buis D

De extra voorzieningen die aanwezig zijn of zullen worden aangebracht in de tunnel die relevant zijn voor de QRA zijn:

- In de vluchtrichting altijd ontgrendelde vluchtdeuren in de middenwand van de tunnel (de wand van buis C en D);

4.3 Motorvoertuigen

Het Buitenveldertunnelsysteem zal worden gebruikt door P3-bussen (bussen die rijden tussen Schiphol Airport en de parkeerplaats P3 voor lang parkeren), auto's, vrachtwagens en OV-verkeer van Connexxion en bussen van andere vervoerders zoals GVB (het Gemeentelijk Vervoer Bedrijf van Amsterdam). Gemiddeld genomen bevinden zich 1.5 inzittende in een auto en 1 persoon in een vrachtauto [5]. De maximumsnelheid wordt na de aanpassing van het tunnelsysteem 60 km/h.

4.3.1 Buis A

Aantal inzittenden

Rijstrook OV-verkeer

Het aantal inzittenden op de rijstrook van het OV-verkeer is ontleend zijn aan de rapportage 'Scenarioanalyse Buitenveldertunnel OV', Witteveen+Bos, 2011, zie literatuur [4]. Tijdens de spits zitten in de bussen van Schiphol Sternet gemiddeld 60 tot 70 personen. Buiten de spits bedraagt het aantal inzittenden 20 tot 30. In de bussen van R-NET zitten gemiddeld 80 tot 90 mensen tijdens de spits en 30 tot 40 personen daarbuiten. Het gemiddeld aantal inzittenden van de bussen van Connexxion en Schiphol Sternet per bus bedraagt 39.

Als gemiddeld aantal inzittenden van een bus wordt gerekend met het maximum aantal inzittenden tijdens de betreffende periode.

Rijstrook overig verkeer

Over de rijstrook voor het overige verkeer rijden geen lijnbussen. Wel rijden er P3-bussen en mogelijk touringcars van particuliere organisaties. Het aantal inzittenden in een P3-bus tijdens de drukste periode bedraagt ca. 40. Het aantal inzittenden van eventuele touringcars is niet bekend. Het aantal bussen dat niet behoort tot de P3-bussen is echter relatief klein. Als gemiddeld aantal inzittenden van de bussen op de rijstrook die niet is gereserveerd voor het OV-verkeer wordt daarom uitgegaan van 40.

Het aantal inzittenden in een personenauto is 1,5 en het aantal inzittenden in een vrachtauto bedraagt 1 (zie rapportage Kwantitatieve Risicoanalyse Dienstunnel Loevesteinse Randweg, Witteveen+Bos, 22 juni 2010, SPL107-7/arnc/006).

Gehele verkeersbuis

Als gemiddeld aantal inzittenden van een bus wordt gerekend met het maximum aantal inzittenden tijdens de betreffende periode. Dit is gelijk aan het aantal inzittenden van de bussen van R-NET, te weten 90 personen tijdens de spits en 40 personen daarbuiten.

4.3.2 Buis C

Buis C zal enkel worden gebruikt door OV-verkeer van Connexxion, waaronder R-Net en Schiphol Sternet. Ook wordt de tunnel sporadisch gebruikt door voertuigen van politie en marechaussee. Dit gebeurt echter zelden, en heeft geen negatieve invloed op het groepsrisico. Daarom is in deze QRA voor buis C alleen het OV-verkeer beschouwd.

Aantal inzittenden

De QRA-tunnels gaat uit van een gemiddeld aantal inzittenden per type motorvoertuig. Het gemiddeld aantal inzittenden per bus is berekend aan de hand van de gegevens ontleend aan de rapportage 'Scenarioanalyse Buitenveldertunnel OV', Witteveen+Bos, 2011, zie literatuur [3]. In de bussen van Sternet zitten tijdens de spits 60 tot 70 mensen zitten en daarbuiten 20 tot 30. In de bussen van de Zuidtangent zijn dit er tijdens de spits 80 tot 90 en daarbuiten 30 tot 40. Dit levert een gemiddeld aantal inzittenden per bus op van 39. Dit is het gemiddeld aantal inzittenden van een bus, gegeven de verschillende verkeersintensiteiten en aantallen inzittenden in de verschillende periodes.

4.3.3 Buis D

Buis D zal worden gebruikt door P3-bussen, personenauto's en vrachtauto's.

Aantal inzittenden

De bussen die van de tunnelbuis gebruik maken, bestaan grotendeels uit P3-bussen. Het gemiddeld aantal inzittenden in deze bussen is 40.

Het aantal inzittenden in een personenauto is 1,5 en het aantal inzittenden in een vrachtauto bedraagt 1 (zie rapportage Kwantitatieve Risicoanalyse Dienstunnel Loevesteinse Randweg, Witteveen+Bos, 22 juni 2010, SPL107-7/arnc/006).

4.4 Periode en verkeersintensiteiten

De verkeercijfers moeten voor de QRA-tunnel naar verkeersintensiteit per periode-uur worden vertaald. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de perioden 'spits' (relatief veel verkeer), 'nacht' (relatief weinig verkeer) en 'dag' (de overige uren).

4.4.1 Buis A

De verkeerscijfers zijn ontleend aan de rapportage 'Witteveen+Bos, Kwantitatieve Risicoanalyse Buitenvelderttunnel OV (Bustunnel), 22 juni 2010, SPL107-7/arnc/005'(bron [9]) en de tellingen uit 2009 in de huidige Diensttunnel, zie literatuur [5].

Rijstrook overig verkeer

Tabel 3 geeft een overzicht van de verkeerscijfers uit 2009 aangaande de verkeersintensiteit in de bestaande situatie van de Oostelijke buis van de huidige Diensttunnel. Deze verkeersstroom zal in de nieuwe situatie over de rijstrook in Buis A die niet is gereserveerd voor het OV-verkeer rijden.

Verkeerstellingen Oostelijke buis Diensttunnel 2009			
verkeersintensiteit (mvt/jaar)	2.067.676		
	spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	2,86	11,14	10
verkeersintensiteit (mvt/h)	546	272	107
aandeel bussen	0,01	0,02	0,06
aandeel vrachtauto's	0,02	0,02	0,02
aandeel personenauto's	0,97	0,96	0,92

Tabel 3: Verkeerscijfers linkerrijstrook Buis A

In noordelijke richting is er sprake van een spitsperiode op weekdays tussen 15.00 en 19.00 uur. Hierin rijden er gemiddeld 546 voertuigen per uur door de tunnel. Gemiddeld is er sprake van $(5 / 7 \times 4 =) 2,86$ uur spits per dag. De intensiteit tussen 21.00 en 7.00 uur is relatief laag. Dit wordt aangemerkt als de nachtperiode. De verkeersintensiteit per uur in deze nachtperiode bedraagt 107 in noordelijke richting, zie tabel 3.

De verwachte groei van de verkeersintensiteit bedraagt 1% per jaar. Dit betreft de autonome groei, er zijn geen wijzigingen gepland die reden geven om uit te gaan van een sterkere groei en tevens is gebleken dat het type verkeer de afgelopen jaren geen noemenswaardige groei heeft laten zien. Aangezien deze verwachte groei toch enige onzekerheid bevat, is bij het bepalen van de verkeersprognoses uitgegaan van een groei van 2%. Op basis van deze 2% groei zijn de verkeerscijfers uit 2009 opgehoogd voor het jaar 2025.

Verkeersprognoses Buis A 2025 rijstrook overig verkeer			
verkeersintensiteit (mvt/jaar)	2.838.476		
	spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	2,86	11,14	10
verkeersintensiteit (mvt/h)	750	373	147
aandeel bussen	0,01	0,02	0,06
aandeel vrachtauto's	0,02	0,02	0,02
aandeel personenauto's	0,97	0,96	0,92

Tabel 4: Verkeersprognoses voor 2025 linkerrijstrook Buis A

Rijstrook OV-verkeer

Tabel 4 geeft de hoeveelheden OV-verkeer door de huidige Buitenvelderttunnel in Noordelijke richting.

Uit het verslag overleg uitgangspunten Buitenveldert Schiphol d.d. 2 mei 2012, SPL147-1-P/koem3/009 blijkt dat een toename van de verkeersintensiteit de komende jaren niet wordt verwacht. Deze aanname is onzeker en daarom wordt conservatief uitgegaan van een groei van 1%.

Zuid-Noord (2008)				Zuid-Noord (prognose 2025)			
tijd	ma	t/m	za	tijd	ma	t/m	za
	vr		zo		vr		zo
5.00 - 6.00	35	36	33	5.00 - 6.00	41	43	39
6.00 - 7.00	38	38	34	6.00 - 7.00	45	45	40
7.00 - 8.00	43	28	24	7.00 - 8.00	51	33	28
8.00 - 9.00	44	29	25	8.00 - 9.00	52	34	30
9.00 - 10.00	44	30	26	9.00 - 10.00	52	36	31
10.00 - 11.00	44	30	26	10.00 - 11.00	52	36	31
11.00 - 12.00	44	30	26	11.00 - 12.00	52	36	31
12.00 - 13.00	44	30	26	12.00 - 13.00	52	36	31
13.00 - 14.00	44	40	36	13.00 - 14.00	52	47	43
14.00 - 15.00	44	40	36	14.00 - 15.00	52	47	43
15.00 - 16.00	44	30	26	15.00 - 16.00	52	36	31
16.00 - 17.00	44	30	26	16.00 - 17.00	52	36	31
17.00 - 18.00	44	30	26	17.00 - 18.00	52	36	31
18.00 - 19.00	44	22	18	18.00 - 19.00	52	26	21
19.00 - 20.00	23	20	18	19.00 - 20.00	27	24	21
20.00 - 21.00	18	18	18	20.00 - 21.00	21	21	21
21.00 - 22.00	18	18	18	21.00 - 22.00	21	21	21
22.00 - 23.00	18	18	18	22.00 - 23.00	21	21	21
23.00 - 24.00	18	18	18	23.00 - 24.00	21	21	21
24.00 - 1.00	15	15	15	24.00 - 1.00	18	18	18
1.00 - 2.00	10	10	10	1.00 - 2.00	12	12	12
2.00 - 3.00	10	10	10	2.00 - 3.00	12	12	12
3.00 - 4.00	10	10	10	3.00 - 4.00	12	12	12
4.00 - 5.00	10	10	10	4.00 - 5.00	12	12	12

Tabel 5: Verkeersprognoses rechterrijstrook Buis A

Aangezien het OV-verkeer grofweg 10% uitmaakt van het totale verkeersaanbod, wordt voor de verdeling tussen de dag-, nacht- en spitsperiode uitgegaan van de verdeling van het verkeer op de linkerrijstrook. Zoals hierboven aangegeven is er in noordelijke richting sprake van een spitsperiode op weekdays tussen 15.00 en 19.00 uur en valt de nachtperiode tussen 21.00 en 7.00 uur. In tabel 5 is de spitsperiode grijs gearceerd en zwart omlijnd en is de nachtperiode lichtgrijs gearceerd. Dit leidt voor het OV-verkeer in buis A tot de aantallen weergegeven in tabel 6, en voor het totale verkeersaanbod in buis A tot de verkeersprognoses weergegeven in tabel 7.

verkeersintensiteit (mvt/jaar)	301252		
	Spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	2,86	11,14	10
verkeersintensiteit (mvt/h)	52	41	21
aandeel bussen	1	1	1
aandeel vrachtauto's	0	0	0
aandeel personenauto's	0	0	0

Tabel 6: Samenvatting verkeersprognoses rechtterijstrook Buis A

Verkeersprognoses Buis A 2025 beide rijstroken			
verkeersintensiteit (mvt/jaar)	3.139.728		
	spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	2,86	11,14	10
verkeersintensiteit (mvt/h)	802	414	168
aandeel bussen	0,07	0,12	0,18
aandeel vrachtauto's	0,02	0,02	0,02
aandeel personenauto's	0,91	0,86	0,81

Tabel 7: Verkeersprognoses Buis A

4.4.2 Buis C

De verkeerscijfers zijn ontleend aan de rapportage 'Scenarioanalyse Buitenveldertunnel OV', Witteveen+Bos, 2011(bron [3]). De berekening van de verkeersintensiteit in Buis C is opgenomen in bijlage 2. Tabel 8 geeft een overzicht van de verkeersprognose in Buis C

Uit het verslag overleg uitgangspunten Buitenveldert Schiphol d.d. 2 mei 2012, SPL147-1-P/koem3/009 blijkt dat een toename van de verkeersintensiteit de komende jaren niet wordt verwacht. Deze aanname is onzeker en daarom wordt uitgegaan van een conservatieve groei van 1%.

Verkeerscijfers Buitenveldertunnel (gebaseerd op tellingen in 2008)			
	Noord-Zuid		
verkeersintensiteit (mvt/jaar)	214.374		
	spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	3	15,29	5,71
verkeersintensiteit (mvt/h)	38	28	9
aandeel bussen	1	1	1
aandeel vrachtauto's	0	0	0
aandeel personenauto's	0	0	0

Verkeersprognoses Buis C 2025			
	Noord-Zuid		
verkeersintensiteit (mvt/jaar)	253.884		
	spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	3	15,29	5,71
verkeersintensiteit (mvt/h)	45	33	11
aandeel bussen	1	1	1
aandeel vrachtauto's	0	0	0
aandeel personenauto's	0	0	0

Tabel 8: Verkeersprognose Buis C

4.4.3 Buis D

De verkeerscijfers zijn gebaseerd op tellingen uitgevoerd in 2009, zie literatuur [5]. In zuidelijke richting is er sprake van een spitsperiode op weekdays tussen 7.00 en 11.00 uur. Hierin rijden er gemiddeld 479 motorvoertuigen per uur door de tunnel. Gemiddeld is er sprake van $(5 / 7 \times 4 =) 2,86$ uur spits per dag. De intensiteit tussen 21.00 en 7.00 uur is relatief laag. Dit wordt aangemerkt als de nachtperiode. De verkeersintensiteit per uur in deze nachtperiode bedraagt 87 in zuidelijke richting.

De verwachte groei van de verkeersintensiteit bedraagt 1%. Dit betreft de autonome groei, er zijn geen wijzigingen gepland die reden geven om uit te gaan van een sterkere groei en tevens is gebleken dat het type verkeer de afgelopen jaren geen noemenswaardige groei heeft laten zien. Tabel 9 geeft een overzicht van de verkeersprognoses voor de Buis D.

Verkeerscijfers Dienstunnel (gebaseerd op tellingen in 2009)			
	Noord-Zuid		
verkeersintensiteit (mvt/jaar)	1.739.712		
	spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	2,86	11,14	10
verkeersintensiteit (mvt/h)	479	227	87
aandeel bussen	0,01	0,03	0,07
aandeel vrachtauto's	0,02	0,02	0,02
aandeel personenauto's	0,97	0,95	0,91
Verkeersprognoses Buis D 2025			
	Noord-Zuid		
verkeersintensiteit (mvt/jaar)	2.388.252		
	spits	dag	nacht
aantal uren per etmaal	2,86	11,14	10
verkeersintensiteit (mvt/h)	658	312	119
aandeel bussen	0,01	0,03	0,07
aandeel vrachtauto's	0,02	0,02	0,02
aandeel personenauto's	0,97	0,95	0,91

Tabel 9: Verkeersprognoses Buis D

4.5 Gevaarlijke stoffen

Momenteel vindt er een kleine hoeveelheid vervoer van gevaarlijke stoffen plaats. Na aanpassing van de tunnel valt de tunnel in categorie E. Hierdoor mogen door buis A, C en D geen gevaarlijke stoffen worden getransporteerd. Ondanks het verbod op het vervoer van gevaarlijke stoffen, is het risico op overtreders hiervan niet uit te sluiten. Gegeven de kleine hoeveelheid VGS in de huidige situatie (zie [5]), wordt de hoeveelheid VGS na doorvoering van het verbod verwaarloosbaar verondersteld.

4.6 File benedenstrooms

4.6.1 Buis A

De filekans in buis A zal klein zijn, doordat de verkeersintensiteit relatief laag is daarnaast maatregelen worden getroffen om filevorming in de buis te voorkomen.

Rijstrook overig verkeer

Op basis van de verkeersintensiteiten wordt geen congestie verwacht in de tunnelbuis. Omdat filevorming in de tunnel niet volledig is uit te sluiten, is in de analyse uitgegaan van 36,5 keer per jaar filevorming in de tunnel tijdens de periode spits en dag (0,1 x per dag). Het aantal keer dat in de nachtelijke periode filevorming voorkomt is nihil.

Buis A wordt uitgerust met een fileverplaatsing- of preventiesysteem. Hierdoor ontstaat er alleen benedenstroomse filevorming, wanneer er een file ontstaat ten gevolge van congestie of incidenten én dit fileverplaatsingssysteem faalt. Aangezien de faalfrequentie van het systeem wordt geschat op maximaal 1 x per jaar en de hersteltijd van dit systeem maximaal 24 uur bedraagt, leidt dit tot een filefrequentie van maximaal eens per 10 jaar. Dit komt overeen met eens per 3650 dagen. Hierom wordt voor de filefrequentie een waarde aangehouden van 0,0003 tijdens de dag- en spitsperiode. Tijdens de nacht is de filekans 0.

Rijstrook OV-verkeer

Het OV-verkeer zal in de nieuwe situatie met een negenoog worden gedoseerd. Hierdoor is het niet te verwachten dat filevorming zal ontstaan in de tunnel.

4.6.2 Buis C

Het OV-verkeer zal in de nieuwe situatie met een negenoog worden gedoseerd. Hierdoor wordt filevorming in de tunnel voorkomen.

4.6.3 Buis D

Buis D wordt uitgerust met een fileverplaatsing- of preventiesysteem. Omdat filevorming in de tunnel niet volledig is uit te sluiten, is in de analyse uitgegaan van 36,5 keer per jaar filevorming in de tunnel tijdens de periode spits en dag. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het fileverplaatsing- of preventiesysteem.

Aangezien de faalfrequentie van het systeem wordt geschat op maximaal 1 x per jaar en de hersteltijd van dit systeem maximaal 24 uur bedraagt, leidt dit tot een filefrequentie van maximaal eens per 10 jaar. Dit komt overeen met eens per 3650 dagen. Hierom wordt voor de filefrequentie een waarde aangehouden van 0,0003 tijdens de dag- en spitsperiode. Tijdens de nacht is de filekans 0.

4.7 Incidentkans

Voor de letselongevalsfrequentie is gebruik gemaakt van de handreiking incidenten beschreven in, literatuur [7]. De frequentie van UMS-ongevallen ligt volgens de achtergronddocumentatie van de QRA-tunnels [1] gemiddeld een factor 10 hoger dan de letselongevalsfrequentie. Voor de pechfrequentie wordt uitgegaan van de gemiddelden waarde voor snelwegtunnels.

Voor de kans op het ontstaan van brand wordt de generieke waarde aangehouden van $2 \cdot 10^{-8}$ per mvtkm, zie [1] Achtergronddocument QRA-tunnels.

4.7.1 Buis A

De uitwerking van de incidentkansen is opgenomen in bijlage 3. De volgende incidentkansen worden gehanteerd:

- letselongevallen: $0,83 \cdot 10^{-7}$ per motorvoertuigkilometer;
- UMS: $0,83 \cdot 10^{-6}$ per motorvoertuigkilometer;
- pech: $1 \cdot 10^{-5}$ per motorvoertuigkilometer.

4.7.2 Buis C

De uitwerking van de incidentkansen is opgenomen in bijlage 4. De volgende incidentkansen worden gehanteerd:

- letselongevallen: $0,42 \cdot 10^{-7}$ per motorvoertuigkilometer;
- UMS: $0,42 \cdot 10^{-6}$ per motorvoertuigkilometer;
- pech: $1 \cdot 10^{-5}$ per motorvoertuigkilometer.

4.7.3 Buis D

De uitwerking van de incidentkansen is opgenomen in bijlage 5. De volgende incidentkansen worden gehanteerd:

- letselongevallen: $0,40 \cdot 10^{-7}$ per motorvoertuigkilometer;
- UMS: $0,40 \cdot 10^{-6}$ per motorvoertuigkilometer;
- pech: $1 \cdot 10^{-5}$ per motorvoertuigkilometer.

5 Modelling Buitenveldertunnel

In het model QRA-tunnels valt een aantal eigenschappen van het Buitenveldertunnelsysteem moeilijk of niet in te voeren. Hieronder wordt beschreven om welke eigenschappen het gaat en hoe hiermee in het model is omgegaan. Een deel van de modelleringsknelpunten volgt uit het hoge percentage busverkeer. Deze treden zowel op in buis A als in buis C. Voor de overzichtelijkheid wordt de modellering echter voor beide buizen apart beschreven.

5.1 Modelling buis A

In Buis A zijn relatief veel bussen aanwezig, waardoor in het model bepaalde vertekeningen kunnen optreden. Ook maken de bussen gebruik van een vrije busbaan, hetgeen niet in het model is in te voeren. Ten slotte vormen de vluchtrappen een belangrijk afwijkend kenmerk van deze tunnelbuis.

5.1.1 Vluchtrappen, wachtrij vluchtdeur en uitstaptijd bussen

Uitgangspunt in het model is dat personen tijdens een calamiteit of incident in de tunnel in horizontale richting vluchten. De belemmering van de vluchtsnelheid door het omhoog vluchten over een trap in buis A van de Buitenveldertunnel kan niet worden gemodelleerd. Ook houdt het model geen rekening met eventuele wachtrijen bij de vluchtdeuren. Aangezien in de Buitenveldertunnel mogelijk veel mensen op één locatie zullen vluchten (alle inzittenden uit een bus), is het echter wel een reëel risico dat er bij de vluchtrappen een wachtrij zal ontstaan. Ten slotte is de uitstaptijd uit een bus niet alleen langer dan uit een personenauto, maar verschilt deze bovendien per persoon. Dit laatste (variabele uitstaptijd) is niet in het model in te voeren.

Hierom is op basis van de doorstroomcapaciteit van een trap berekend hoeveel tijd de vluchtenden nodig zullen hebben om via de trappen de tunnelbuis te verlaten. Aangezien een wachtrij niet is in te voeren in het model, wordt deze wachttijd ingevoerd als uitstaptijd.

De grotere uitstaptijd uit de bus (bij een volle bus is dit 1 minuut) is niet bepalend, omdat er een wachtrij bij de vluchtdeur ontstaat, en deze de bottleneck vormt voor het verlaten van de tunnel (terwijl de laatste persoon nog bezig is met uitstappen zal de eerste persoon al richting vluchtrap lopen; deze zal dus ook eerder beginnen met het oplopen van de trap dan dat de laatste persoon uit de bus is gestapt).

Men zal niet voorbij de brand vluchten, maar kiezen voor de dichtstbijzijnde vluchtdeur of tunneluitgang bovenstrooms van het incident. Wanneer er geen file in de tunnelbuis staat, zal in 50% van de gevallen geen sprake zijn van een wachtrij bij de vluchtdeur, aangezien het incident ter plaatse van of vóór de vluchtdeur plaatsvindt, waardoor de aanwezigen vluchten via de tunnelmond, en niet via de vluchtrappen. Dit is het geval wanneer het incident in de eerste helft (in de lengte gezien) van de tunnelbuis plaatsvindt. Dit komt overeen met het neergaande deel. Om dit onderscheid te kunnen maken worden de scenario's waarbij er geen benedenstroomse file in de tunnelbuis staat apart berekend van de scenario's waarbij er wel benedenstroomse file staat. Bij de scenario's waarbij er geen file staat, wordt vervolgens alleen voor het opgaande deel uitgegaan van een wachtrij bij de vluchtdeur. Voor het neergaande deel wordt de berekening uitgevoerd zonder wachtrij, waarbij de maximale uitstaptijd uit een bus als uitstaptijd wordt genomen. In het geval van een file benedenstrooms van het incident, wordt in de berekening altijd uitgegaan van een wachtrij bij de vluchtdeur.

De lengte van de wachtrij bij de vluchtdeur wordt bepaald door het aantal aanwezigen dat op de vluchtdeur is aangewezen. Wanneer er geen file staat in de tunnelbuis én het afsluiten van de tunnelbuis faalt niet, wordt het aantal aanwezigen in de tunnelbuis beperkt door de hoeveelheid voertuigen die de tunnel inrijden tussen het incident en het afsluiten van de tunnel, en daarbij opgeteld het aantal personen dat zich bij het ontstaan van het incident in de tunnelbuis bevindt. Dit is gelijk aan de som van het aantal mensen dat de tunnel inrijdt tijdens de doorrijdtijd van de afstand tussen de slagboom vóór de tunnelingang tot de tunneluitgang en het aantal mensen dat de tunnel inrijdt tussen het ontstaan van het incident en het afsluiten van de tunnelbuis. Voor verduidelijking, zie kader.

Berekening aanwezigen in tunnelbuis wanneer er geen file staat en het afsluiten van de tunnel niet faalt

a = afstand tussen slagboom en tunnelingang

b = tunnellengte + a

c = doorrijdtijd lengte b (dus $c = b \times \text{gereden snelheid}$)

d = tijd tussen incident en afsluiten bus

e = c + d

f = aantal voertuigen dat in tijd e de tunnel in rijdt = verkeersintensiteit x tijdsduur e

g = aantal inzittenden van aantal voertuigen f (dus $g = f \times \text{gemiddeld aantal inzittenden van een voertuig}$)

Het maximaal aantal aanwezigen in de tunnel bij een incident is gelijk aan g

Wanneer er file staat in de tunnelbuis óf het afsluiten van de tunnelbuis faalt, is dit niet het geval. Het maximum aantal aanwezigen in de tunnelbuis wordt dan bepaald door de hoeveelheid mensen die zich in de tunnel kunnen bevinden, wanneer de rijstrook waarop deze file aanwezig is vol staat met verkeer. Om dit onderscheid te kunnen maken in de berekening, worden ook de scenario's waarbij het afsluiten van de tunnel faalt apart berekend.

5.1.2 Aantal inzittenden bussen

Het aantal inzittenden van een bus, verschilt per periode. Omdat dit een belangrijke factor is in de QRA wordt de QRA uitgevoerd voor de verschillende perioden apart, waarbij per periode het aantal inzittenden in een bus verschilt. Dit heeft ook invloed op de wachttijd bij de vluchtdeuren.

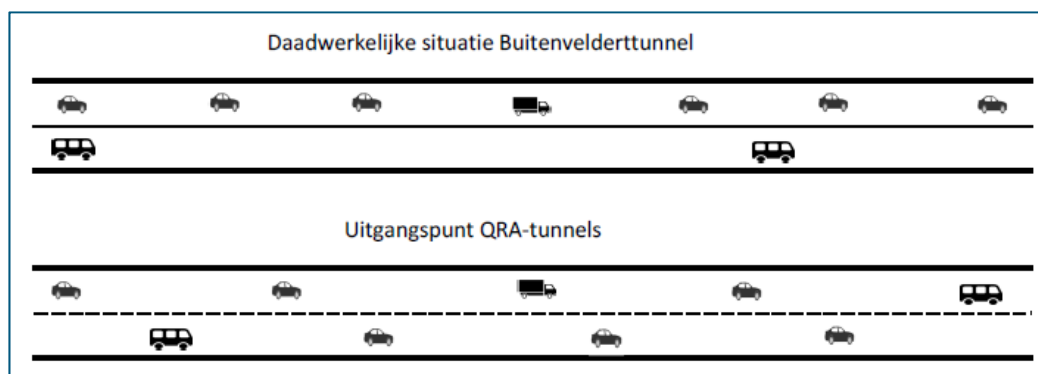
5.1.3 Aantal doden per letselincident

In de QRA wordt het aantal 'directe' slachtoffers berekend dat komt te overlijden bij een ongeval. Dit aantal is gelijk aan het aantal doden dat in het incidentvoertuig zal vallen. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen incidentvoertuigen. Aangezien het gemiddeld aantal doden bij een letselongeval in een bus groter zal zijn dan in een personenauto of vrachtauto, levert dit een vertekening op die groter wordt naarmate het aandeel bussen groter is. Hierom is het aantal doden per letselongeval verhoogd.

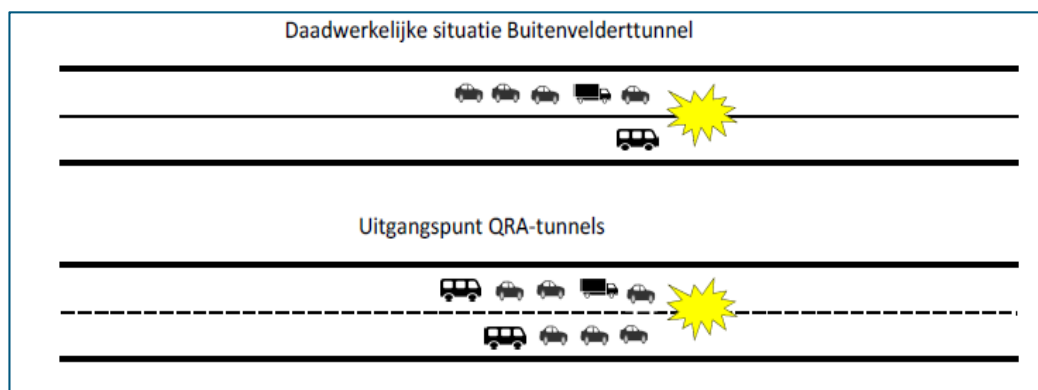
In de QRA wordt ook het aantal 'extra' slachtoffers berekend dat komt te overlijden omdat ze bekneld en/of zwaar gewond zijn en daardoor niet tijdig kunnen vluchten. Dit aantal is sterk afhankelijk van het aantal gewonden en beknelden dat in het incidentvoertuig zal vallen. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen incidentvoertuigen. Aangezien het aantal gewonden en/of beknelden in een bus groter zal zijn dan in een personenauto of vrachtauto, levert dit een vertekening op die groter wordt naarmate het aandeel bussen groter is. Het aantal gewonden en/of beknelden per letselongeval wordt hierom verhoogd in de gevoeligheidsanalyse.

5.1.4 Vrije busbaan en instructies aan buschauffeurs

Het is niet mogelijk om in de QRA per rijstrook aan te geven, welke voertuigen daarvan gebruik maken. In de QRA-berekeningen wordt uitgegaan van een evenredige verspreiding van voertuigen over de tunnelbuis. Aangezien in buis A van de Buitenvelderttunnel enkel bussen gebruik maken van de meest rechtse rijstrook, zullen zich bij incidenten in de tunnel op de rechter rijstrook enkel bussen achter elkaar opbouwen. Dit betekent dat de kans groter is dat er direct achter een incident waardoor de rechter rijstrook óf beide rijstroken word(t)en geblokkeerd, zich een bus zal bevinden. Hierdoor zal de personendichtheid (het gemiddeld aantal personen per strekkende meter) in de directe omgeving van het incident toenemen. Doordat over de andere rijstrook echter zowel personenauto's als vrachtauto's en bussen rijden, zal het QRA-model er van uitgaan dat op beide rijstroken de fileopbouw achter het incident uit deze mix van personenauto's, vrachtverkeer en bussen bestaat (zie figuur 5 en 6). Hierdoor wordt de personendichtheid direct nabij het incident in de QRA onderschat ten opzichte van de werkelijke situatie.



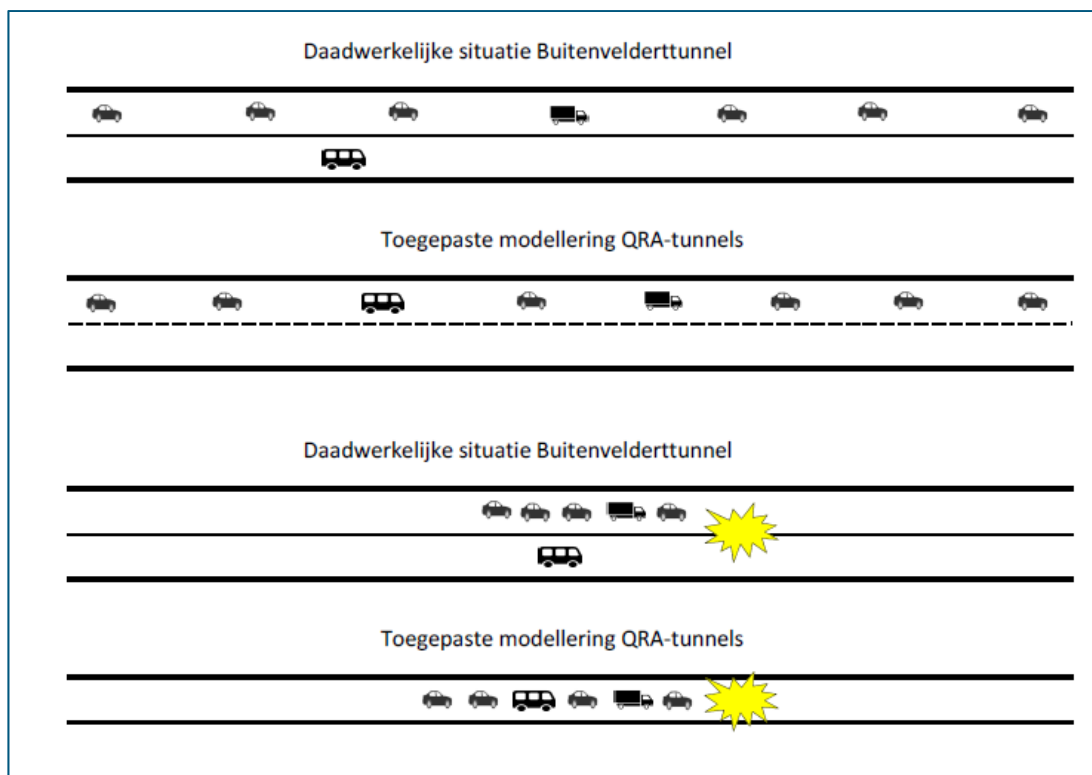
Figuur 5: verdeling verkeer in Buitenvelderttunnelsysteem buis A



Figuur 6: fileopbouw na incident Buitenvelderttunnelsysteem buis A

Onder andere om dit effect te mitigeren, worden de chauffeurs geïnstrueerd om minimaal 30 seconden rijafstand te houden. Hierdoor zal er nooit meer dan één lijnbus tegelijk in de tunnel zijn. Ook worden de buschauffeurs geïnstrueerd om bij calamiteiten in de tunnel zo snel mogelijk te stoppen en niet door te rijden tot aan het incident. Wanneer een bus zelf het incidentvoertuig is, dient de chauffeur zo mogelijk wel te tunnel uit te rijden en niet in de tunnel te stoppen.

Door deze instructies, is de kans dat de lijnbus in de tunnel direct achter het incident tot stilstand komt sterk beperkt. Globaal zal de kans dat de bus zich op een bepaalde locatie bevindt gelijkmatig over de tunnel verdeeld zijn. Hierom wordt in de QRA het totale verkeersaanbod in de tunnelbuis gemodelleerd over één rijstrook. De lijnbus zal zich daardoor tussen het overige verkeer bevinden, waarbij de kans dat de bus zich op een bepaalde locatie bevindt gelijkmatig is verdeeld over de tunnelbuis (zie figuur 7). Op deze manier zal ook, net als in de daadwerkelijke situatie, de file zich opbouwen over één rijstrook.



Figuur 7: modellering fileopbouw Buitenveldertunnel buis A

Er wordt in deze analyse niet vanuit gegaan dat de bestuurders op de linker rijstrook (de rijstrook niet gereserveerd voor het OV-verkeer) bij een brandincident over de busbaan zullen gaan rijden. De reden hiervoor is dat men over het algemeen bij brand niet zal proberen het incident te passeren. Dit sluit aan bij de uitgangspunten in het model QRA-tunnel.

5.1.5 Invoerwaarden modellering

Voor het OV-verkeer wordt aangenomen dat bij een letselongeval de chauffeur van een bus zwaar gewond is of komt te overlijden. Daarom is het gemiddeld aantal doden per letselongeval verhoogd naar 1. Het aantal gewonden per letselincident is niet verhoogd ten opzichte van de default waarde. In de gevoeligheidsanalyse is echter wel gerekend met een verhoging van het aantal gewonden per letselincident met een factor 10 tot 11.64.

Zoals hierboven beschreven, wordt de berekening uitgevoerd, voor een aantal scenariotypen apart.

De QRA wordt opgedeeld in de volgende delen:

1. Spits, geen file, het afsluiten faalt niet. Hierbij is er alleen op het opgaande deel van de tunnel een wachtrij, en wordt de lengte van de wachtrij bepaald door het aantal mensen dat de tunnel inrijdt tijdens de doorrijdtijd van de tunnel en de afstand tussen tunnelmond en afsluitboom samen. Als gemiddeld aantal inzittenden van een bus wordt gerekend met het maximum aantal inzittenden tijdens de spits (90 personen).
2. Dag of nacht, geen file, afsluiten faalt niet. Hierbij is er alleen op het opgaande deel van de tunnel een wachtrij, en wordt de lengte van de wachtrij bepaald door het aantal mensen dat de tunnel inrijdt tijdens de doorrijdtijd van de tunnel en de afstand tussen tunnelmond en afsluitboom samen. Als gemiddeld aantal inzittenden van een bus wordt gerekend met het maximum aantal inzittenden buiten de spits (40 personen).
3. Alle scenario's waarbij het afsluiten van de tunnelbuis wel faalt maar er geen benedenstroomse file staat. Hierbij is er alleen op het opgaande deel van de tunnel een wachtrij, en wordt de lengte van de wachtrij bepaald door het aantal mensen dat is aangewezen op de vluchtdoor wanneer de rijstrook achter het incident volstaat met file. Conservatief wordt als gemiddeld aantal inzittenden van een bus gerekend met het maximum aantal inzittenden tijdens de spits (90 personen).
4. Alle scenario's waarbij er wel benedenstroomse file staat. Hierbij is er in 100% van de gevallen een wachtrij, en wordt de lengte van de wachtrij bepaald door het aantal mensen dat is aangewezen op de vluchtdoor wanneer de rijstrook volstaat met file. Conservatief wordt als gemiddeld aantal inzittenden van een bus gerekend met het maximum aantal inzittenden tijdens de spits (90 personen).

1. Spits

Het aantal mensen dat is aangewezen op de vluchtrampen wordt beperkt door aan het aantal mensen dat zich in de tunnel of tussen de afsluitboom en de bovenstroomse tunnelmond bevindt op het moment van het incident, opgeteld bij het aantal mensen dat de tunnel inrijdt tussen het ontstaan van het incident en het afsluiten van de tunnelbuis. Dit is een conservatieve benadering, aangezien een deel van de mensen in de tunnelbuis zich voorbij het incident zal bevinden en de tunnel dus kan uitrijden. Ook zal een deel van de mensen niet via de vluchtrampen vluchten, maar via de bovenstroomse tunnelmond.

De lengte van de tunnel is: 482 m. De afstand tussen de slagboom en de tunnelmond is: 135 m. De totale lengte van tunnel en toerit is dus: 617 m. Bij een snelheid van 60 km/h leidt dit tot een doorrijtijd van 37 seconden. De afsluittijd van de tunnel bedraagt 50 seconden (30 seconden reactietijd van de operator, 10 seconden tussen incident en melding incidentdetectie en 10 seconden voor het sluiten van de slagboom). Het aantal motorvoertuigen per uur dat de tunnel inrijdt bedraagt 802. Het aantal voertuigen in de tunnel is dus gelijk aan $(37,02 \text{ s} + 50 \text{ s}) \times (802/3600) = 19,39$.

Het gemiddeld aantal inzittenden van een voertuig op de rijstrook voor het overige verkeer is (zie par. 4.3.1 en 4.4.1): $(0,01 \times 40 + 0,02 \times 1 + 0,97 \times 1,5) = 1,875$. Het aantal vluchtenden op de rijstrook voor het overige verkeer bedraagt dus: $19,39 \times 1,875 = 36,35$. Hierbij opgeteld één volle bus op de busbaan, met daarin 90 mensen, leidt tot een aantal vluchtenden in de tunnelbuis van 126,35.

De vluchtingang bestaat uit een dubbele vluchtrap met vluchtdoor. De doorstroomcapaciteit van de trap is maatgevend en bedraagt 45 personen per meter per minuut. De doorstroomcapaciteit van één 0,9 meter brede trap is dus 40,6 personen per minuut.

De 126,35 mensen kunnen over één trap de tunnel verlaten in 3,1 minuten. Het is echter niet aannemelijk dat men deze tijd gaat wachten, dus zal men zich verdelen over de twee trappen van de dubbele trap. In 1,6 minuut zijn deze mensen dus de trap over en de vluchtdoor door.

Aangezien een wachtrij niet is in te voeren in het model, wordt deze wachttijd ingevoerd als uitstaptijd. De uitstaptijd uit de bus (1 minuut) is niet bepalend, omdat er een wachtrij bij de vluchtdeur ontstaat, en deze de bottleneck vormt voor het verlaten van de tunnel (terwijl de laatste persoon nog bezig is met uitstappen zal de eerste persoon al richting vluchtrap lopen; deze zal dus ook eerder beginnen met het oplopen van de trap).

De uitstaptijd wordt hierom verhoogd naar 1,6 min.

Aangezien er één vluchtingang is en deze in het midden van de tunnel zit, zal in het neergaande deel van de tunnelbuis (de eerste helft) niet via de vluchtrappen worden gevlucht, maar via de bovenstroomse tunnelmond. In die gevallen is er geen sprake van een wachtrij. De uitstaptijd wordt dan bepaald door de maximale uitstaptijd uit de bus. De uitstaptijd uit een bus is hoger dan de uitstaptijd uit een personenauto, van gemiddeld 0,2 minuten. Tijdens de spits zitten er maximaal 90 personen in een bus.

In dat geval betreft het een gelede bus met drie deuren. Uit elk van deze drie deuren zal elke 2 seconden 1 persoon uitstappen. Dit leidt tot een uitstaptijd voor de laatste inzittende van 1 minuut. Met deze uitstaptijd zal worden gerekend voor de gevallen waarbij er niet via de trappen wordt gevlucht. Dit is een conservatieve benadering, omdat de uitstaptijd uit een bus in werkelijkheid per persoon verschilt en bovendien de uitstaptijd uit een personenauto of vrachtauto aanzienlijk lager is en de bussen slechts ca. 10% uitmaken van het totale verkeersaanbod. De uitstaptijd van 1 minuut is dus een worst-case aanname.

Om in de QRA te verwerken dat de wachttijd bij de vluchtdeur alleen in het opgaande deel wordt gemodelleerd, worden de berekeningen voor het opgaande deel en het neergaande deel apart uitgevoerd. Voor de berekening van het opgaande deel geldt een uitstaptijd van 1,6 minuten en voor de berekening van het neergaande deel geldt een uitstaptijd van 1 minuut.

2. Buiten de spits

Het aantal motorvoertuigen per uur dat de tunnel inrijdt bedraagt 415 (conservatief wordt uitgegaan van de waarden tijdens de dagperiode; tijdens de nachtperiode zijn er minder aanwezigen in de tunnelbuis). Het aantal voertuigen in de tunnel is dus gelijk aan $(37,02 \text{ s} + 50 \text{ s}) \times (415/3600) = 10,03$.

Het gemiddeld aantal inzittenden van een voertuig op de rijstrook voor het overige verkeer is (zie par. 4.3.1 en 4.4.1): $(0,02 \times 40 + 0,02 \times 1 + 0,96 \times 1,5) = 2,26$. Het aantal vluchtenden op de rijstrook voor het overige verkeer bedraagt dus: $10,03 \times 2,26 = 22,67$. Hierbij opgeteld één volle bus op de busbaan, met daarin 40 mensen, leidt tot een aantal vluchtenden in de tunnelbuis van 62,67.

De vluchtingangen bestaan elk uit een dubbele vluchtrap met vluchtdeur. De doorstroomcapaciteit van de trap is maatgevend en bedraagt 45 personen per meter per minuut. De doorstroomcapaciteit van één 0,9 meter brede trap is dus 40,6 personen per minuut.

De 62,67 mensen kunnen over één trap de tunnel verlaten in 1,54 minuten. Het is echter niet aannemelijk dat men deze tijd gaat wachten, dus zal men zich verdelen over de twee trappen van de dubbele trap. In 0,8 minuut zijn deze mensen dus de trap over en de vluchtdeur door.

Aangezien een wachtrij niet is in te voeren in het model, wordt deze wachttijd ingevoerd als uitstaptijd. De grotere uitstaptijd uit de bus (1 minuut) is niet bepalend, omdat er een wachtrij bij de vluchtdeur ontstaat, en deze de bottleneck vormt voor het verlaten van de tunnel (terwijl de laatste persoon nog bezig is met uitstappen zal de eerste persoon al richting vluchtrap lopen; deze zal dus ook eerder beginnen met het oplopen van de trap).

De uitstaptijd wordt hierom verhoogd naar 0,8 min.

Buiten de spits bedraagt het aantal inzittenden maximaal 40. Wanneer de bus in dat geval 2 deuren heeft, is de uitstaptijd van de laatste persoon 40 seconden. Dit leidt tot een uitstaptijd voor de laatste inzittende van 0,67 minuut. Met deze uitstaptijd zal worden gerekend voor de gevallen waarbij er niet via de trappen wordt gevlucht. Dit is een conservatieve benadering, omdat de uitstaptijd uit een bus in werkelijkheid per persoon verschilt en bovendien de uitstaptijd uit een personenauto of vrachtauto aanzienlijk lager is en de bussen slechts ca. 10% uitmaken van het totale verkeersaanbod. De uitstaptijd van 0,67 minuut is dus een worst-case aanname.

Om in de QRA te verwerken dat de wachttijd bij de vluchtdeur alleen in het opgaande deel wordt gemodelleerd, worden de berekeningen voor het opgaande deel en het neergaande deel apart uitgevoerd. Voor de berekening van het opgaande deel geldt een uitstaptijd van 0,67 minuten en voor de berekening van het neergaande deel geldt een uitstaptijd van 0,8 minuten.

3. Afsluiten tunnelbuis faalt

Wanneer het afsluiten van de tunnelbuis faalt, wordt het maximaal aantal personen dat gebruik wil maken van de vluchtrampen niet beperkt door het afsluiten van de tunnel, maar door het aantal aanwezigen in de file in de tunnelbuis. Deze file vormt zich slechts over één rijstrook. Met 1 vluchtingang is de h-o-h afstand 214 meter. Er is maximaal 1,5 x deze afstand aan file aangewezen op de vluchtingang. Dat is 362 m aan file.

Conservatief wordt ervan uitgegaan dat er sprake is van de spitsperiode. Het maximaal aantal aanwezigen (file op rijstrook overig verkeer + inzittenden lijnbus) is dan het grootst.

Het ruimtebeslag van een personenauto in een file is 6,73 m, het ruimtebeslag van een bus of vrachtauto bedraagt 15,62 m. De personendichtheid van een personenauto in de file bedraagt dus $(1 / 6,73 \text{ m}) = 0,22 \text{ personen/m}$. Voor een vrachtauto bedraagt deze $(1 / 15,62 \text{ m}) = 0,06 \text{ pers/m}$ en voor een bus $(40 / 15,62 \text{ m}) = 2,56$. Gemiddeld bedraagt de personendichtheid in de file dus: $(0,97 \times 0,22 + 0,01 \times 0,06 + 0,02 \times 2,56) = 0,24$. Op de rijstrook voor het overige verkeer bevinden zich dus $(0,24 \times 362 \text{ m}) = 88$ personen die via de vluchtrampen zullen vluchten. Met hierbij opgeteld één volle lijnbus, leidt dit tot 178 vluchtenden bij de vluchtrampen.

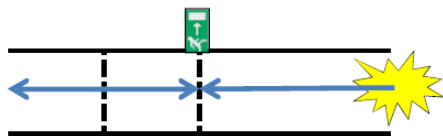
De 178 mensen kunnen over de twee trappen de tunnel verlaten in 2,19 minuten. In de berekening wordt daarom een uitstaptijd gehanteerd van 2,19 minuten.

Aangezien er geen file staat in de tunnel, zal alleen in het opgaande deel van de tunnelbuis worden gevlucht via de trappen. Alleen in deze gevallen is er sprake van een wachttijd. In het neergaande deel, waarbij wordt gevlucht via de bovenstroomse tunnelmond, wordt de maximale uitstaptijd uit de lijnbus van 1 minuut gehanteerd.

Om in de QRA te verwerken dat de wachttijd bij de vluchtdeur alleen in het opgaande deel wordt gemodelleerd, worden de berekeningen voor het opgaande deel en het neergaande deel apart uitgevoerd. Voor de berekening van het opgaande deel geldt een uitstaptijd van 2,19 minuten en voor de berekening van het neergaande deel geldt een uitstaptijd van 1 minuut.

4. File benedenstrooms

Wanneer er sprake is van een benedenstroomse file in de tunnelbuis, wordt het maximaal aantal personen dat gebruik wil maken van de vluchtrampen niet beperkt door het afsluiten van de tunnel, maar door het aantal aanwezigen in de file in de tunnelbuis. Deze file vormt zich slechts over één rijstrook. Met 1 vluchtingang is de h-o-h afstand 214 meter. Er is maximaal 1,5 x deze afstand aan file aangewezen op de vluchtingang (zie figuur 8). Dat is 362 m aan file.



Figuur 8: vluchtrichting in tunnelbuis

Conservatief wordt ervan uitgegaan dat er sprake is van de spitsperiode. Het maximaal aantal aanwezigen (file op rijstrook overig verkeer + inzittenden lijnbus) is dan het grootst.

Het ruimtebeslag van een personenauto in een file is 6,73 m, het ruimtebeslag van een bus of vrachtauto bedraagt 15,62 m. De personendichtheid per meter van een personenauto in de file bedraagt dus $(1,5 \text{ personen} / 6,73 \text{ m}) = 0,22 \text{ personen/m}$. Voor een vrachtauto bedraagt deze $(1 / 15,62) = 0,06 \text{ pers/m}$ en voor een bus $(40 / 15,62) = 2,56$. Gemiddeld bedraagt de personendichtheid in de file dus: $(0,97 \times 0,22 + 0,01 \times 0,06 + 0,02 \times 2,56) = 0,24$.

Op de rijstrook voor het overige verkeer bevinden zich dus $(0,24 \times 362) = 88$ personen, die via de vluchtrampen zullen vluchten. Met hierbij opgeteld één volle lijnbus, leidt dit tot 178 vluchtenden bij de vluchtrampen.

De 178 mensen kunnen over de twee trappen de tunnel verlaten in 2,19 minuten. In de berekening wordt daarom een uitstaptijd gehanteerd van 2,19 minuten.

5.2 Modellerings buis C

Een deel van de in par. 4.1 beschreven eigenschappen van buis A geldt ook voor Buis C. Het betreft de eigenschappen van het hoge percentage busverkeer.

5.2.1 Wachtrij vluchtdeur en uitstaptijd bussen

Uitgangspunt in het model is dat er geen wachtrijen ontstaan bij de vluchtdeuren. Aangezien in de Buitenvelderttunnel echter veel mensen op één locatie zullen vluchten (alle inzittenden uit een bus), is het wel een reëel risico dat er bij de vluchtdeuren een wachtrij zal ontstaan. Ook is de uitstaptijd uit een bus niet alleen langer dan uit een personenauto, maar verschilt deze bovendien per persoon. Dit laatste (variabele uitstaptijd) is niet in het model in te voeren.

Om toch een realistische benadering van het risico te maken, is op basis van de doorstroomcapaciteit van de vluchtdeuren bepaald hoe lang het duurt voor de vluchtenden in de tunnelbuis via de vluchtdeur de tunnel hebben verlaten. Deze tijd is gehanteerd als uitstaptijd. Aangezien deze wachttijd bij de vluchtdeuren de bottleneck vormt, is de uitstaptijd uit de bus verder niet in de berekening verwerkt.

5.2.2 Aantal inzittenden bussen

Het aantal inzittenden van een bus, verschilt per periode. Omdat dit een belangrijke factor is in de QRA wordt de QRA uitgevoerd voor de verschillende perioden apart, waarbij per periode het aantal inzittenden in een bus verschilt. Dit heeft ook invloed op de wachttijd bij de vluchtdeuren.

Conservatief is voor elke periode uitgegaan van het maximaal aantal inzittenden in een bus, in die periode.

5.2.3 Instructies buschauffeurs

De buschauffeurs in de Buitenvelderttunnel zullen worden geïnstrueerd op een bepaalde manier te handelen tijdens normaal gebruik en bij incidenten. Zo dienen zij een onderlinge afstand te houden van 30 rijseconden, en bij calamiteiten in de tunnel zo snel mogelijk te stoppen en niet door te rijden tot aan het incident.

Wanneer een bus zelf het incidentvoertuig is, dient de chauffeur zo mogelijk wel te tunnel uit te rijden en niet in de tunnel te stoppen. Het instrueren van chauffeurs kan echter niet in de QRA worden ingevoerd. Om het afstand houden van de bussen onderling in het model te simuleren, is het ruimtebeslag van een bus in de file aangepast. Een bijkomend negatief effect hiervan, is dat de kans op blokkade van één van de vluchtdeuren ook groter wordt. Dit geeft een overschatting van het risico.

5.2.4 Aantal doden per letselincident

In de QRA wordt het aantal 'directe' slachtoffers berekend dat komt te overlijden bij een ongeval. Dit aantal is gelijk aan het aantal doden dat in het incidentvoertuig zal vallen. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen incidentvoertuigen. Aangezien het gemiddeld aantal doden bij een letselongeval in een bus groter zal zijn dan in een personenauto of vrachtauto, levert dit een vertekening op die groter wordt naarmate het aandeel bussen groter is. Hierom is het aantal doden per letselongeval verhoogd.

In de QRA wordt ook het aantal 'extra' slachtoffers berekend dat komt te overlijden omdat ze bekneld en/of zwaar gewond zijn en daardoor niet tijdig kunnen vluchten. Dit aantal is sterk afhankelijk van het aantal gewonden en beknelden dat in het incidentvoertuig zal vallen. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen incidentvoertuigen. Aangezien het aantal gewonden en/of beknelden in een bus groter zal zijn dan in een personenauto of vrachtauto, levert dit een vertekening op die groter wordt naarmate het aandeel bussen groter is. Het aantal gewonden en/of beknelden per letselongeval wordt hierom verhoogd in de gevoeligheidsanalyse.

5.2.5 Toeritdosering

Buis C zal worden voorzien van een toeritdoseringssysteem. Dit zorgt ervoor dat de bussen onderling afstand houden. Ook wordt ermee voorkomen dat er file vormt in de tunnelbuis. In principe zorgt het toeritdoseringssysteem dat er niet meer dan één bus tegelijk in de tunnel is. Wanneer er echter een bus strandt in de tunnel, is het niet uitgesloten dat er nog een bus de tunnel inrijdt, voordat de tunnel is afgesloten.

5.2.6 Invoerwaarden modellering

Voor het OV-verkeer wordt aangenomen dat bij een letselongeval de chauffeur van een bus zwaar gewond is of komt te overlijden. Daarom is het gemiddeld aantal doden per letselongeval verhoogd naar 1. Het aantal gewonden per letselincident is niet verhoogd ten opzichte van de default waarde. In de gevoeligheidsanalyse is echter wel gerekend met een verhoging van het aantal gewonden per letselincident met een factor 10 tot 11.64.

Om de onderlinge afstand van de bussen, die wordt geborgd door de instructies aan de buschauffeurs en het doseringssysteem, in het model te simuleren, wordt het ruimtebeslag van een bus in een file verhoogd naar 100 m.

De QRA-berekening is opgesplitst in een berekening voor de spitsperiode en een berekening voor de overige perioden. Per periode wordt het aantal inzittenden in een bus en de wachttijd bij de vluchtdeur specifiek voor die periode ingevoerd.

Spits

De maximale uitstaptijd uit een volle bus, tijdens de spits, bedraagt 1 minuut. De vrije doorgang van de vluchtdeuren is 0,85 m. Een deuropening met een vrije breedte van 0,85 m heeft een doorstroomcapaciteit van $0,85 \text{ m} \times 90 \text{ personen/m} = 76 \text{ personen}$. Wanneer twee volle bussen met daarin 90 personen per bus door één vluchtdeur zullen vluchten, betekent dit dat deze mensen in 2,4 minuten de tunnelbuis hebben verlaten. Deze wachttijd zal worden genomen als uitstaptijd.

Aangezien deze wachttijd bij de vluchtdeuren de bottleneck vormt, zal de uitstaptijd uit de bus (max. 1 minuut) niet in de berekening worden meegenomen.

Buiten de spits

De maximale uitstaptijd uit een bus met daarin 40 personen, buiten de spits, bedraagt 0,67 minuut. De vrije doorgang van de vluchtdeuren is 0,85 m. Een deuropening met een vrije breedte van 0,85 m heeft een doorstroomcapaciteit van $0,85 \text{ m} \times 90 \text{ personen/m} = 76 \text{ personen}$. Wanneer twee bussen met daarin 40 personen per bus door één vluchtdeur zullen vluchten, betekent dit dat deze mensen in 1,1 minuten de tunnelbuis hebben verlaten. Deze wachttijd zal worden genomen als uitstaptijd. Aangezien deze wachttijd bij de vluchtdeuren de bottleneck vormt, zal de uitstaptijd uit de bus (max. 0,67 minuut) niet in de berekening worden meegenomen.

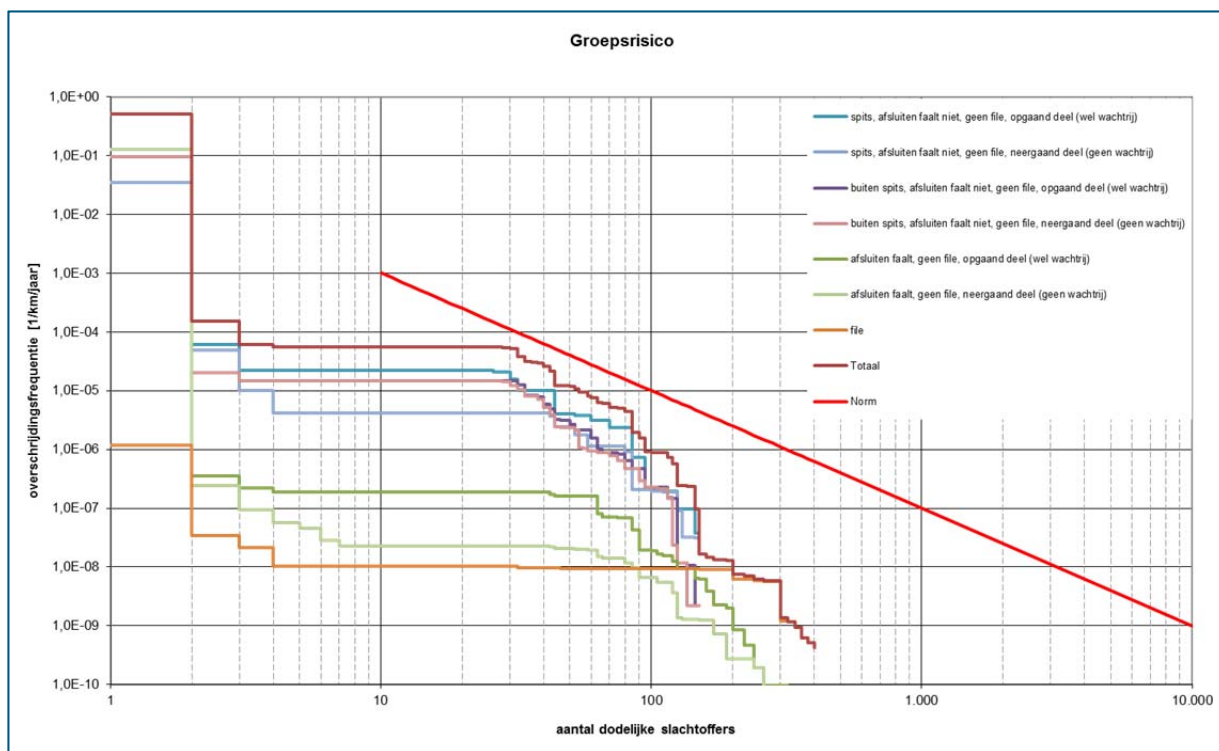
6 Resultaten

Het groepsrisico is de kans dat in één keer een groep personen tegelijk door een incident overlijden. Het groepsrisico wordt weergegeven in een grafiek (ook wel fN-curve genoemd). Hierbij wordt het aantal doden uitgezet tegen de frequentie op minimaal dit slachtoffer aantal. Voor het groepsrisico geldt per tunnelbuis een normwaarde van $0.1/N^2$, zoals beschreven in artikel 6, lid 1 van de WARVW (waarbij N staat voor het aantal dodelijke slachtoffers onder de weggebruikers en $N \geq 10$).

Het Buitenveldertunnelsysteem is met de vastgestelde maatregelen uit hoofdstuk 4 getoetst aan de wettelijke norm voor het groepsrisico.

6.1 Buis A

In figuur 9 zijn de groepsrisicocurven voor buis A weergegeven.



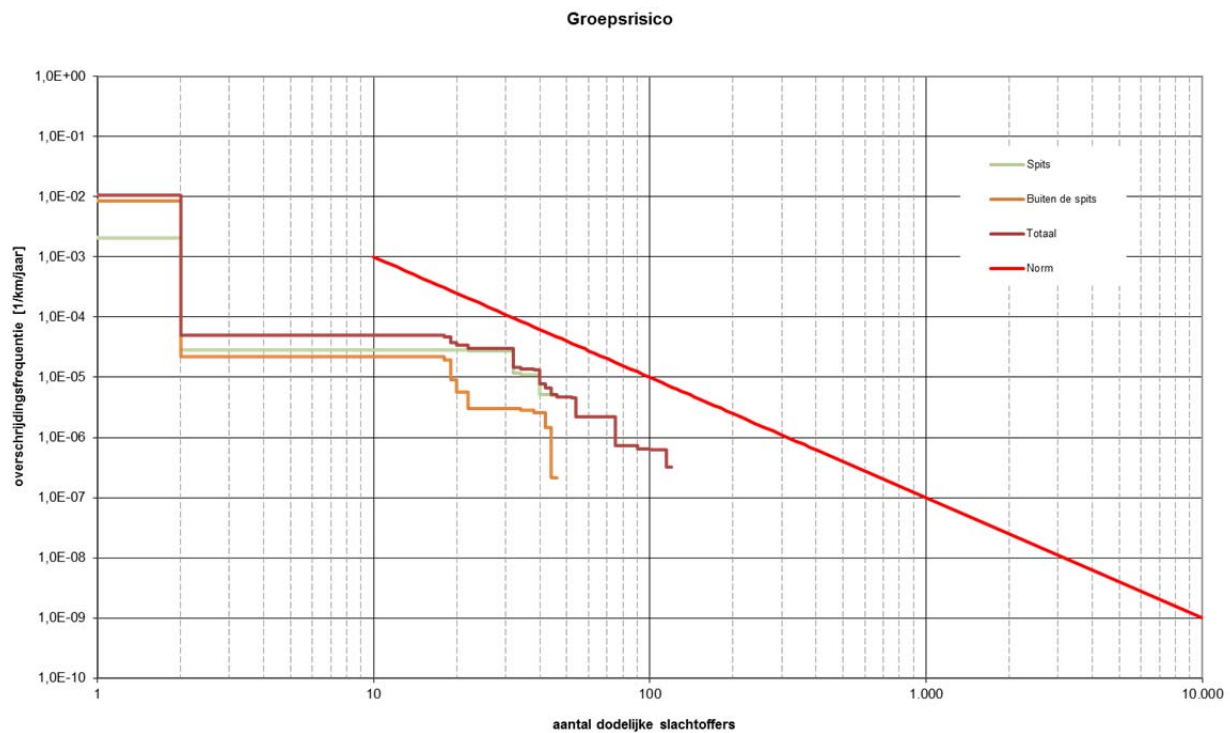
Figuur 9: Groepsrisico Buitenveldertunnel buis A

De QRA is opgebouwd uit de verschillende deelberekeningen, zoals beschreven in par. 5.1.5. Door deze verschillende curves bij elkaar op te tellen, ontstaat de berekening van het totale groepsrisico (de bovenste donkerrode curve).

Het groepsrisico ligt een factor 2 onder de normwaarde.

6.2 Buis C

In figuur 10 zijn de groepsrisicocurven voor buis C weergegeven.



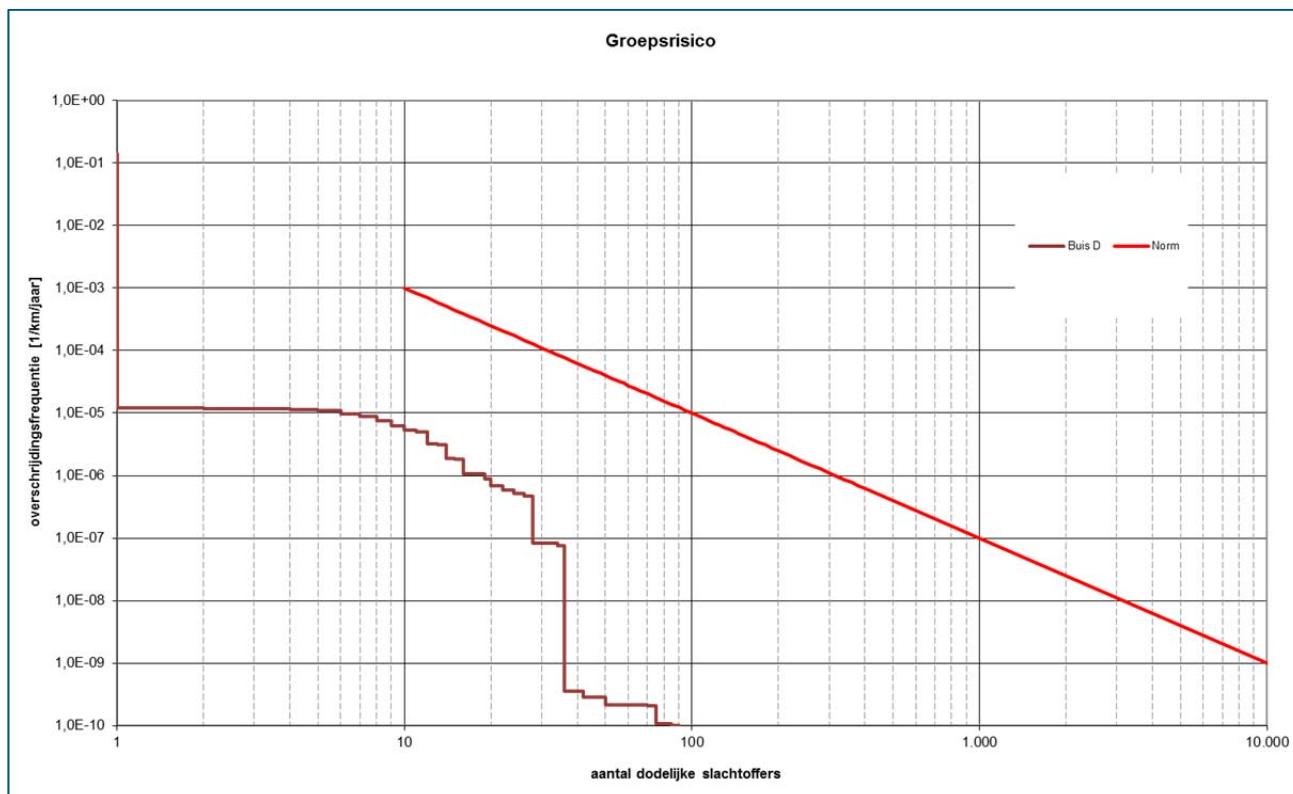
Figuur 10: Groepsrisico Buitenveldertunnel buis C

De QRA is opgebouwd uit de verschillende deelberekeningen, zoals beschreven in par. 5.2.6. Door deze verschillende curven bij elkaar op te tellen, ontstaat de berekening van het totale groepsrisico (de bovenste donkerrode curve).

Het groepsrisico ligt een factor 3 onder de normwaarde.

6.3 Buis D

In figuur 11 is de groepsrisicocurve voor buis D weergegeven. Het groepsrisico ligt een factor 126 onder de normwaarde.



Figuur 11: Groepsrisico Buitenveldertunnel buis D

7 Gevoeligheidsanalyse

De robuustheid wordt getest door een gevoeligheidsanalyse. Het groepsrisico is het hoogst in Buis A. Daarom zal voor deze buis een gevoeligheidsanalyse worden uitgewerkt. Voor de volgende parameters is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd:

- Ongevalsfrequentie;
- Filekans;
- Verkeersintensiteiten;
- Aantal gewonden per letselongeval
- Aandeel bussen.

In de volgende paragrafen worden de aangepaste invoerwaarden besproken en uiteindelijk worden de resultaten gepresenteerd.

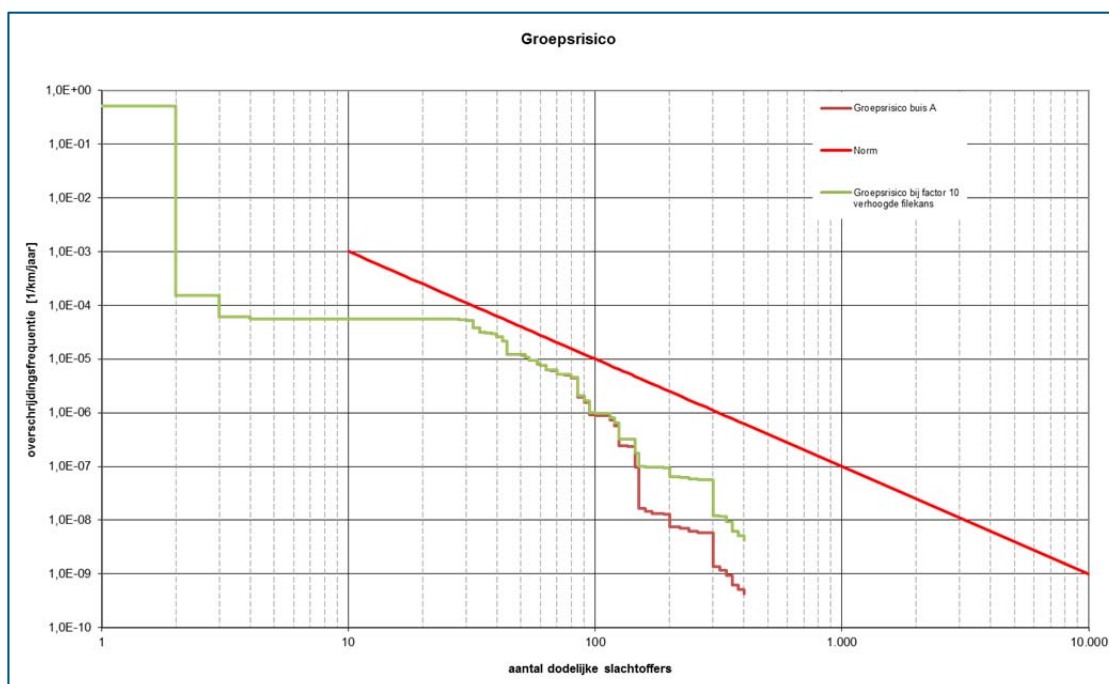
7.1 Invoerwaarden gevoeligheidsanalyse

Ongevalsfrequentie

De kanscomponent van het groepsrisico in de tunnel neemt lineair toe met de incidentfrequentie. Met name de kans op brand is bepalend voor het groepsrisico. Omdat de incidentkans in een dergelijk specifieke situatie als in het Buitenvelderttunnelsysteem niet nauwkeurig te berekenen is, zit er een relatief grote onzekerheidsfactor in de gehanteerde incidentfrequenties (waaronder de brandkans). Aangezien het groepsrisico een factor 2 onder de normwaarde ligt, kan de brandkans maximaal een factor 2 toenemen, zonder dat het groepsrisico de norm overschrijdt.

Filekans

Aangenomen is, dat het aantal maal dat de tunnel vol stroomt met file, zonder fileverplaatsingssysteem gelijk is aan 36,5 per jaar voor de dag- en spitsperiode. Deze aanname is onzeker. Hierom wordt de filefrequentie in de gevoeligheidsanalyse verhoogd met een factor 10.

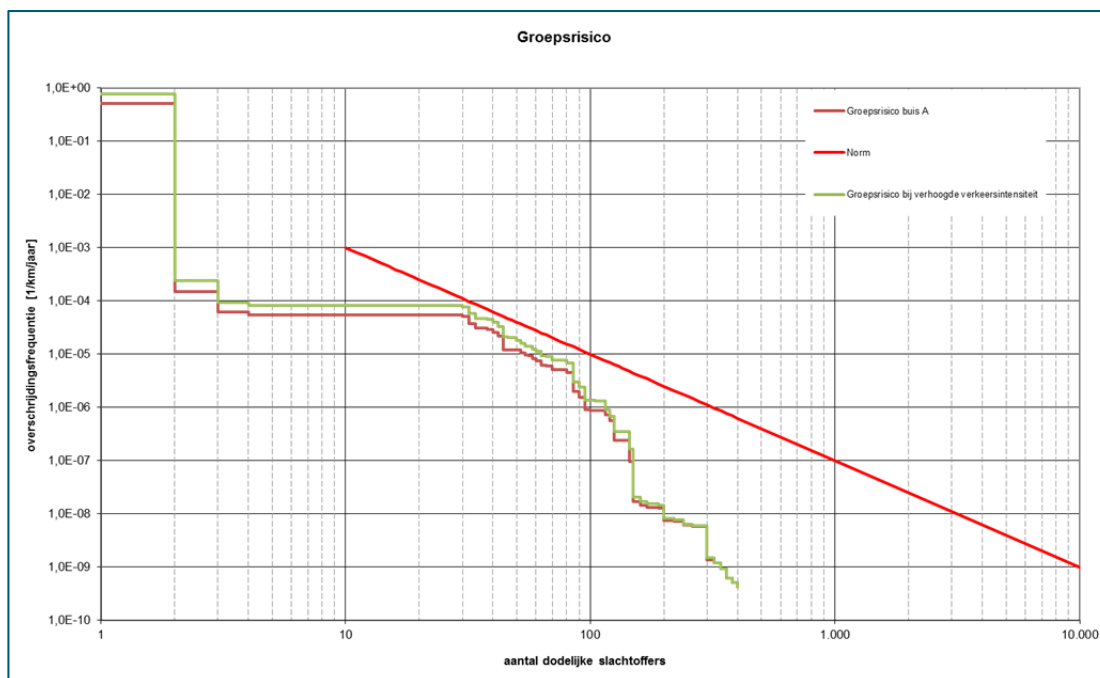


Figuur 12: Groepsrisico bij verhoogde filekans

Figuur 12 geeft het groepsrisico bij een filekans die een factor 10 verhoogd is ten opzichte van de prognose. Het risico is toegenomen ten opzichte van het basisrisico, maar blijft onder de norm.

Toename verkeersintensiteit

De gebruikte verkeerstellingen dateren uit 2009, zie bron [5]. Er is gerekend met een autonome groei van 1%. Een toename van het verkeer en aantal reizigers in de toekomst is echter niet met zekerheid uit te sluiten. Daarom wordt de verkeersintensiteit met 50% verhoogd.

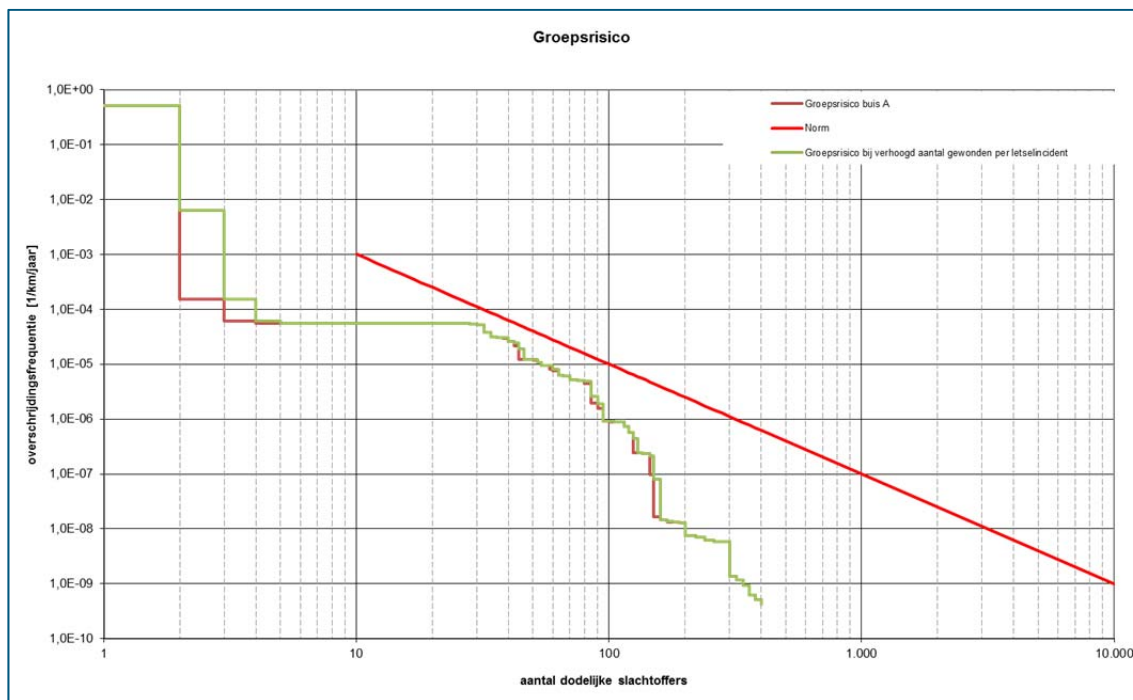


Figuur 13: Groepsrisico bij verhoogde verkeersintensiteit

Figuur 13 geeft het groepsrisico wanneer de verkeersintensiteiten zijn verhoogd met 50% ten opzichte van de prognose. Het risico is toegenomen ten opzichte van het basisrisico, maar blijft onder de norm.

Aantal gewonden per letselincident

Door bus A rijden relatief veel bussen. Te verwachten is, dat het aantal gewonden bij een letselongeval in een bus hoger zal zijn dan in een personenauto. Om te controleren of een onderschatting van het aantal gewonden per letselongeval bepalend is voor het voldoen aan de risiconorm, is in de gevoeligheidsanalyse deze waarde verhoogd met een factor 10 tot 11.64.



Figuur 14: Groepsrisico bij verhoogd aantal gewonden per letselincident

Figuur 14 geeft het groepsrisico wanneer het aantal gewonden per letselongeval is verhoogd naar 11.64. Het risico is toegenomen ten opzichte van het basisrisico, maar blijft onder de norm.

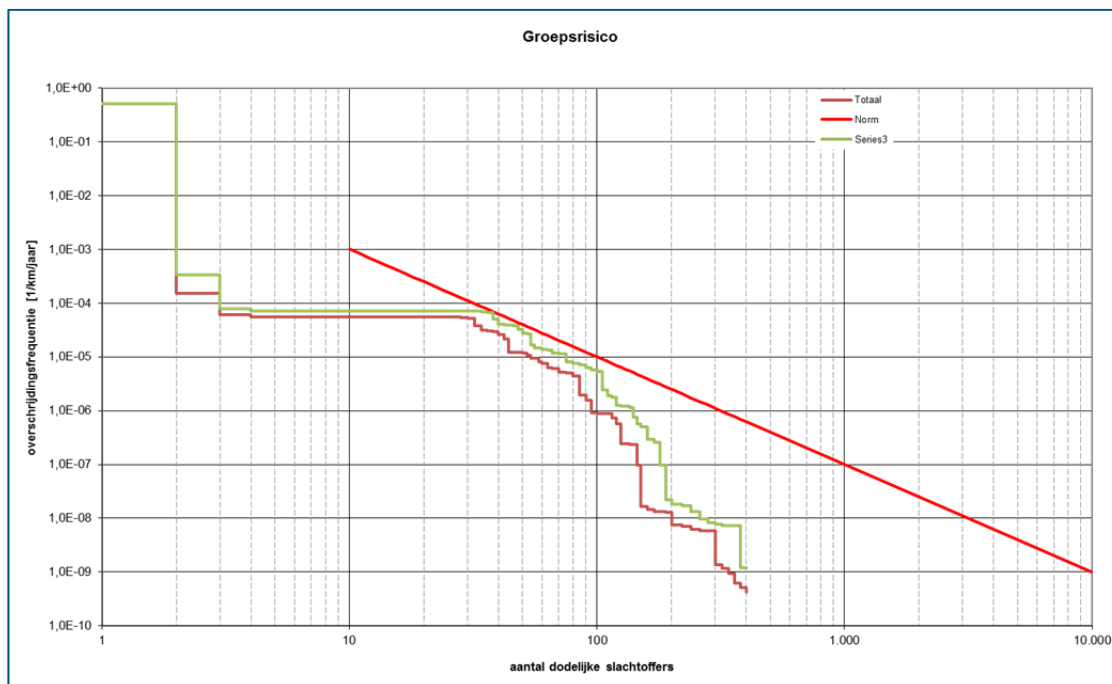
Aandeel bussen

Het aandeel bussen van het totale verkeersaanbod is bekend. Het is echter niet met zekerheid te voorspellen, hoe groot de kans zal zijn dat de lijnbus op de rechterrijstrook in buis A zich op een bepaalde locatie in de tunnel zal bevinden. De instructies aan de chauffeurs zijn erop gericht om te voorkomen dat de bus zich dicht achter het incident zal bevinden. Het wegontwerp (de vrije busbaan) maakt het echter wel mogelijk dat de bus doorrijdt tot aan het incident. Om in beeld te brengen wat het effect zal zijn wanneer de kans, dat zich dicht achter het incident een bus bevindt, toeneemt, is in de gevoeligheidsanalyse het aandeel bussen verhoogd. Hiermee wordt de verhoogde kans dat de bus zich dicht achter het incident bevindt gesimuleerd.

Wanneer het aandeel bussen met 35% wordt verhoogd, blijft het groepsrisico net onder de norm (zie figuur 15). Daar waar de FN-curve de normlijn het dichtste benadert, ligt het groepsrisico een factor 1,05 onder de norm. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het risico dat de bus direct achter het incident tot stilstand komt met 35% mag toenemen.

Bij de huidige modellering, waarbij de kans dat de bus zich op een bepaalde locatie bevindt evenredig is verdeeld over de tunnelbuis, is de kans dat de bus in het effectgebied van de brand strandt erg klein. Deze is namelijk slechts ca. 1,4% (7 m effectgebied brand / 482 m tunnallengte). Zoals hierboven aangegeven mag deze kans met 35% toenemen. Dit houdt in dat de kans dat de buschauffeur bij een incident tegen de instructie in toch doorrijdt tot aan de incidentlocatie slechts 0,5% mag zijn. Hierbij moet wel worden aangemerkt dat door het verhogen van het aandeel bussen niet alleen de kans dat de bus zich achter het incident bevindt wordt verhoogd, maar ook het totaal aantal mensen in de file achter het incident. Dit geeft dus een extra verzwaring van het groepsrisico.

Hierdoor geeft deze gevoeligheidsanalyse slechts een benadering van de ondergrens van de toelaatbare kans dat de instructie faalt. De gevoeligheidsanalyse duidt er echter wel op, dat het opvolgen van de instructie om bij incidenten in de tunnel direct te stoppen erg kritisch is.



Figuur 15: Groepsrisico bij verhoogd aandeel bussen

8 Conclusie

In deze rapportage is de risicoanalyse beschreven van het Buitenvelderttunnelsysteem buis A, C en D, gesitueerd op het terrein van Schiphol Amsterdam Airport. Deze risicoanalyse is overeenkomstig RARVW, artikel 4 uitgevoerd middels het rekenmodel QRA-tunnels 2.0. Hiermee wordt aangetoond dat de kans op slachtoffers in de tunnel niet groter is dan $0,1/N^2$ per kilometer tunnelbuis per jaar, waarbij N het aantal dodelijke slachtoffers onder de weggebruiker per incident is en waarbij dat aantal 10 of meer bedraagt. Hiermee voldoet het tunnelsysteem aan de risiconorm voor het groepsrisico (conform WARVW, 2012 artikel 6 lid 1).

Buis A kent het hoogste groepsrisico. Daarom is voor deze buis een gevoeligheidsanalyse uitgewerkt met een verhoging van de volgende parameters:

- Ongevalsequentie;
- Filekans;
- Verkeersintensiteiten;
- Aantal gewonden per letselincident;
- Aandeel bussen.

Het groepsrisico is met het verhogen van deze waarden duidelijk toegenomen ten opzichte van het basisrisico, maar blijft onder de norm. Wel laat de gevoeligheidsanalyse zien, dat het protocol van de lijnbussen in buis A, dat aangeeft bij incidenten benedenstrooms niet door te rijden tot aan het incident maar zoveel mogelijk afstand te bewaren, erg kritisch is.

9 Referenties

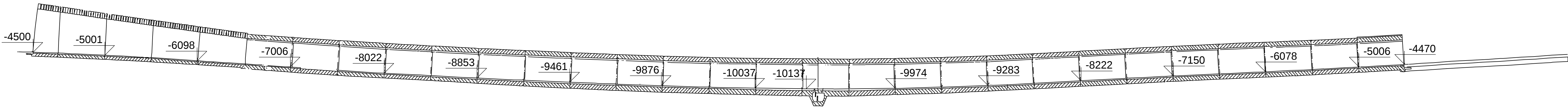
- [1] Rijkswaterstaat, 2012. Achtergronddocument QRA-tunnels.
- [2] Royal HaskoningDHV, 13 oktober 2015. Verslaglegging Scenarioanalyse Buitenveldertsysteem.
- [3] Witteveen+Bos, 2011. Scenarioanalyse Buitenveldertunnel OV (Bustunnel), SPL107-7/amc/001
- [4] pb bockholts Bureau voor Beleidsontwikkeling, 2006. Model voor de berekening van de ontruimingstijd in wegtunnels (de ruitjespapiermethode), 06RWStop021
- [5] Witteveen+Bos, 2010. Kwantitatieve Risicoanalyse Diensttunnel Loevesteinse Randweg. SPL107-7/amc/006.
- [6] Projectteam Tunnelveiligheid, 2006. Handreiking Risicoanalyse Tunnelveiligheid.
- [7] Rijkswaterstaat, 2012, Gebruikershandleiding 2.0.
- [8] Kretz, T., Grünebohm, A. Kessel, A., Klüpfel, H., Meyer-König, T., Schreckenberger, M., 2008. Upstairs walking speed distributions on a long stairway. Safety Science 46, 72–78.

10 Bijlagen

- 1 – Plattegrond en langsdoorsnede Buitenvelderttunnelsysteem
- 2 – Verkeersintensiteit Buis C NZ
- 3 – Rekenblad incidentkansen Buis A
- 4 – Rekenblad incidentkansen Buis C
- 5 – Rekenblad incidentkansen Buis D
- 6 – Maatregelenpakket en faaldefinities

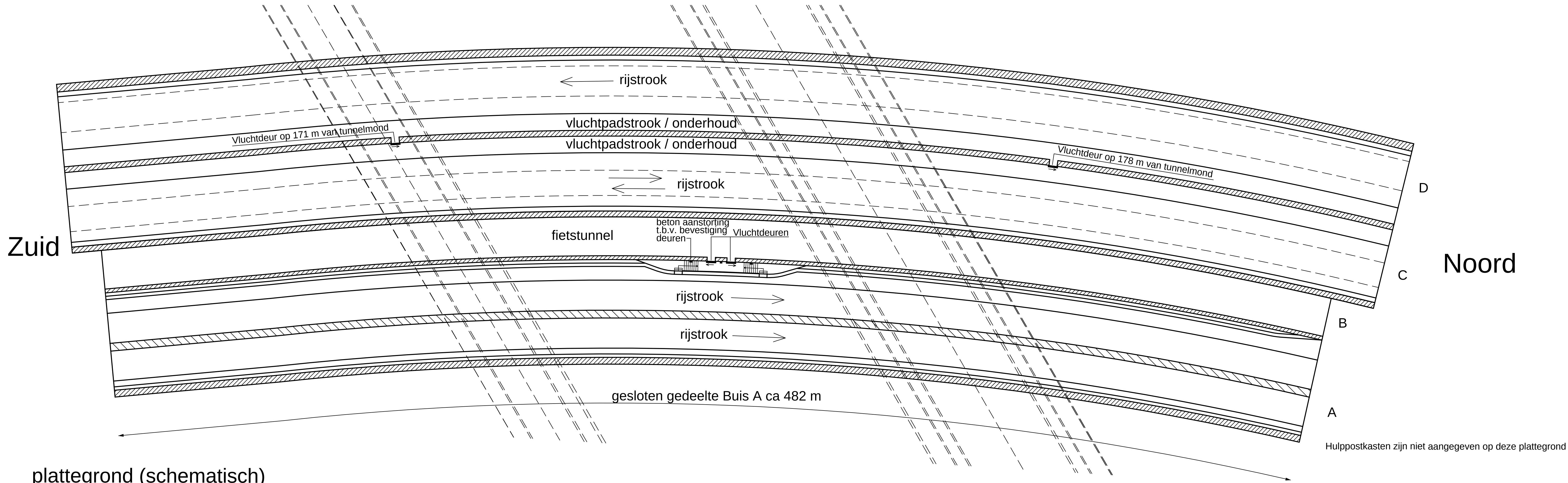
Bijlage 1

Plattegrond en langsdoorsnede Buitenvelderttunnel



gesloten gedeelte Buis C+D ca 540 m

langsdoorsnede
horizontale schaal 1:1000
verticale schaal 1:200



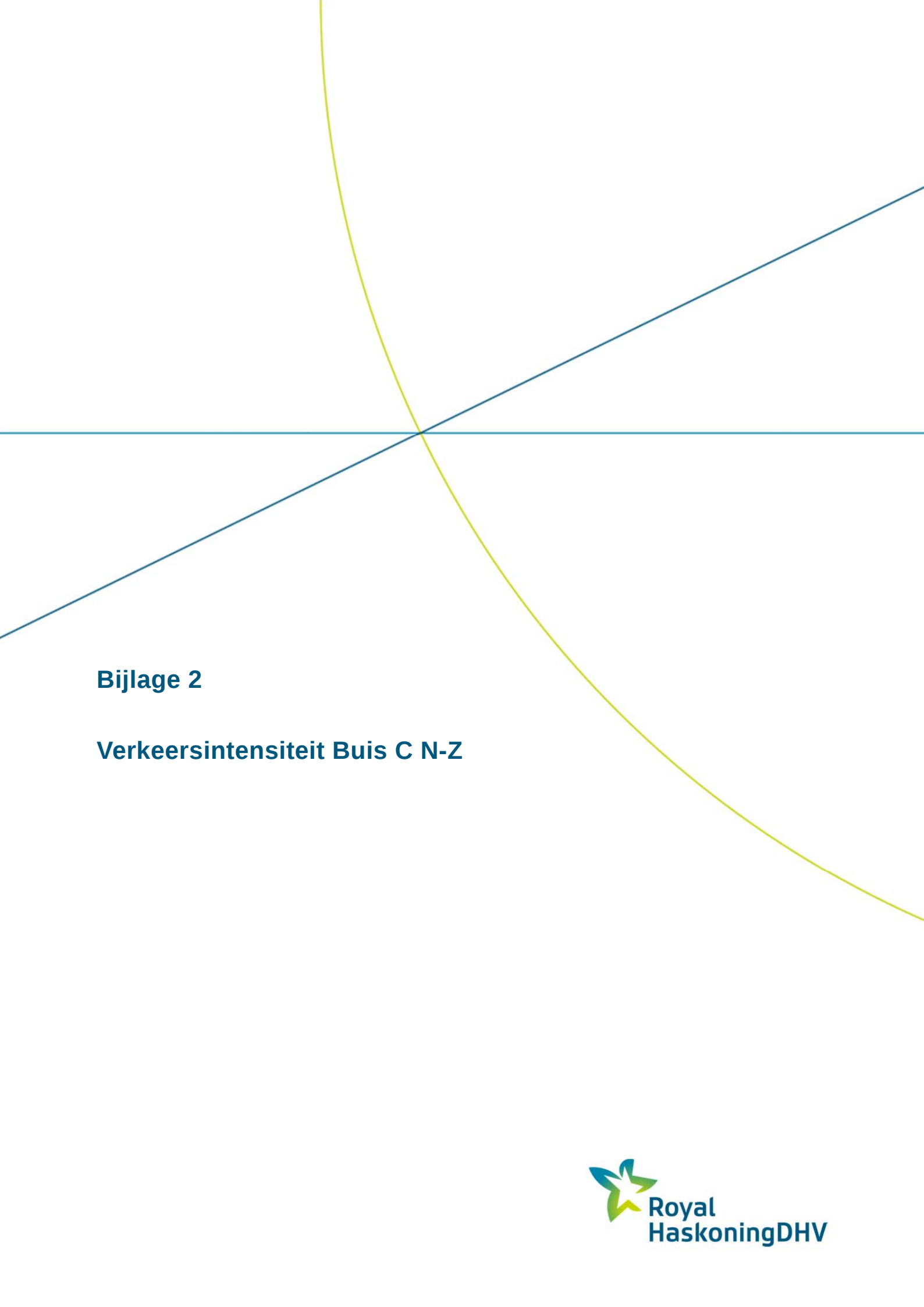
plattegrond (schematisch)
horizontale schaal 1:1000
verticale schaal 1:200

© 2015 HaskoningDHV Nederland B.V. All intellectual property rights among which the copyright related to this drawing shall rest in HaskoningDHV Nederland B.V. No part of this drawing may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without prior written permission from HaskoningDHV Nederland B.V.

© 2015 HaskoningDHV Nederland B.V. All intellectual property rights among which the copyright related to this drawing shall rest in HaskoningDHV Nederland B.V. No part of this drawing may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without prior written permission from HaskoningDHV Nederland B.V.

ONTWERP IS INDICATIEF

D					
C					
B					
A	08-03-2016	G. Timmermans	H. Bejaars	Aanbesteding	Definitief
D	29-01-2016	G. van der Kraak	H. Bejaars	Externe review	Definitief
Nr.	Datum	Getekend	Gecontroleerd	Fase	Status
					Omschrijving
Raadgevend Ingenieur:		Architect:		Projectleider:	CAD Coördinator:
Opdrachtgever:			Locatie:		
Schiphol Group			Schiphol		
			Land:		
			Nederland		
Projectnaam:			Onderwerp:		
Tunnelveiligheid tunnels Schiphol			Plattegrond en langsdoorsnede Buitenveldertunnel		
HaskoningDHV Nederland B.V., onderdeel van:			Formaat: A1	Fase: Aanbesteding	
Lairplein 1 Postbus 80007 5600 JZ, Eindhoven Nederland			Schaal: div	Status: Definitief	
K.v.k. nr. 56535154 T. (088) 348 42 50 E. info@haskoningdhv.com www.royalhaskoningdhv.com			Proj.nr.: BC5845		
			Tek. nr.: BVT-X_ASN00_00-S01		
Buildings	 Royal HaskoningDHV Enhancing Society Together				



Bijlage 2

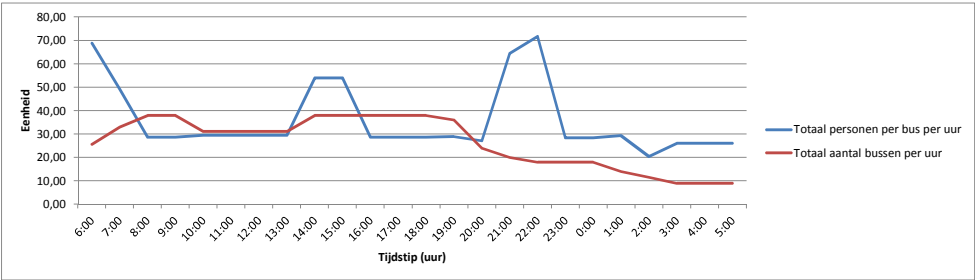
Verkeersintensiteit Buis C N-Z

Verkeersintensiteit berekenen

Conclusie

Totaal aantal bussen in tunnelbuis (Totale verkeersintensiteit)					
	Ma - Vrij	Za - Zo	Gem. totaal per week	Gem. totaal per dag	Gem. totaal per jaar
Sub- totaal rijrichting noord-zuid	636	467	4111	587	214374
Sub- totaal rijrichting zuid-noord	0	0	0	0	0
Totaal	636	467	4111	587	214374

Totaal aantal personen in tunnelbuis (Totale bezettingsgraad)					
	Ma - Vrij	Za - Zo	Gem. totaal per week	Gem. totaal per dag	Gem. totaal per jaar
Sub- totaal rijrichting noord-zuid	23246	18121	152475	21782	7950462
Sub- totaal rijrichting zuid-noord	0	0	0	0	0
Totaal	23246	18121	152475	21782	7950462



Bepalen periode																	
			Uren periode			Verkeersintensiteit per periode				Bezettingsgraad per periode				Inzittende per bus per periode			
									gem. verkeersintensiteit per periodeuur			Gem. personen per dag	Gem. personen per uur			Gem. inzittende per dag	Gem. inzittende per periodeuur
Periode	Aantal bussen per uur		Ma-Vrij	Za-Zo	Gem.	Ma-Vrij	Za-Zo	Gem. VI per dag		Ma-Vrij	Za-Zo			Ma-Vrij	Za-Zo		
Nacht	Minder dan	10	3,00	3,00	3,00	27,00	27,00	27,00	9	705,00	705,00	705,00	235,00	26,11	26,11	26,11	26,11
Dag	10	35	13,00	21,00	15,29	306,64	439,53	344,61	23	11951,43	17416,23	13512,80	884,02	38,98	39,63	39,21	39,21
Spits	Meer dan	35	8,00	0,00	5,71	302,00	0,00	215,71	38	10590,00	0,00	7564,29	1323,75	35,07	0,00	35,07	35,07
Totaal			24,00	24,00	24,00	635,64	466,53	587,32	69,29	23246,43	18121,23	21782,09	2442,77	36,57	38,84	37,09	35,25

Maximaal inzittende per bus (afgerond naar boven)	40
---	----

Berekening totaal aantal bussen en personen

Rijrichting Noord-Zuid			Maandag - Vrijdag					
			Hoge intensiteit per 30 min.		Aantal bussen per half uur			
ID	Tijdseenheid		Connexxion R-NET	Schiphol Sternet	Connexxion R-NET	Schiphol Sternet	Totaal aantal bussen per half uur	Totaal aantal personen per uur
1	5:00	5:30	JA	JA	2,5	8,57	11,07	
2	5:30	6:00	JA	JA	2,5	12,00	14,50	26
3	6:00	6:30	JA	JA	4,5	12,00	16,50	
4	6:30	7:00	NEE	NEE	4,5	12,00	16,50	33
5	7:00	7:30	NEE	NEE	7	12,00	19,00	
6	7:30	8:00	NEE	NEE	7	12,00	19,00	38
7	8:00	8:30	NEE	NEE	7	12,00	19,00	
8	8:30	9:00	NEE	NEE	7	12,00	19,00	38
9	9:00	9:30	NEE	NEE	7	8,57	15,57	
10	9:30	10:00	NEE	NEE	7	8,57	15,57	31
11	10:00	10:30	NEE	NEE	7	8,57	15,57	
12	10:30	11:00	NEE	NEE	7	8,57	15,57	31
13	11:00	11:30	NEE	NEE	7	8,57	15,57	
14	11:30	12:00	NEE	NEE	7	8,57	15,57	31
15	12:00	12:30	NEE	NEE	7	8,57	15,57	
16	12:30	13:00	NEE	NEE	7	8,57	15,57	31
17	13:00	13:30	NEE	JA	7	12,00	19,00	
18	13:30	14:00	NEE	JA	7	12,00	19,00	38
19	14:00	14:30	NEE	JA	7	12,00	19,00	
20	14:30	15:00	NEE	JA	7	12,00	19,00	38
21	15:00	15:30	NEE	NEE	7	12,00	19,00	
22	15:30	16:00	NEE	NEE	7	12,00	19,00	38
23	16:00	16:30	NEE	NEE	7	12,00	19,00	
24	16:30	17:00	NEE	NEE	7	12,00	19,00	38
25	17:00	17:30	NEE	NEE	7	12,00	19,00	
26	17:30	18:00	NEE	NEE	7	12,00	19,00	38
27	18:00	18:30	NEE	NEE	7	12,00	19,00	
28	18:30	19:00	NEE	NEE	7	10,00	17,00	36
29	19:00	19:30	NEE	NEE	5	6,00	13,00	
30	19:30	20:00	NEE	NEE	5	6,00	11,00	24
31	20:00	20:30	JA	JA	3	6,00	11,00	
32	20:30	21:00	JA	JA	3	6,00	9,00	20
33	21:00	21:30	JA	JA	3	6,00	9,00	
34	21:30	22:00	JA	JA	3	6,00	9,00	18
35	22:00	22:30	NEE	NEE	3	6,00	9,00	
36	22:30	23:00	NEE	NEE	3	6,00	9,00	18
37	23:00	23:30	NEE	NEE	3	6,00	9,00	
38	23:30	0:00	NEE	NEE	3	6,00	9,00	18
39	0:00	0:30	NEE	NEE	3	4,00	7,00	
40	0:30	1:00	NEE	NEE	3	4,00	7,00	14
41	1:00	1:30	NEE	NEE	0,5	4,00	7,00	
42	1:30	2:00	NEE	NEE	0,5	4,00	4,50	11
43	2:00	2:30	NEE	NEE	0,5	4,00	4,50	
44	2:30	3:00	NEE	NEE	0,5	4,00	4,50	9
45	3:00	3:30	NEE	NEE	0,5	4,00	4,50	
46	3:30	4:00	NEE	NEE	0,5	4,00	4,50	9
47	4:00	4:30	NEE	NEE	0,5	4,00	4,50	
48	4:30	5:00	NEE	NEE	0,5	4,00	4,50	9
Sub-totaal							636	

Intensiteit per bus gegeven half uur			
Connexxion R-NET	Schiphol Sternet	Totaal aantal personen per half uur	Totaal aantal personen per uur
85	65	770	
85	65	993	1762
85	65	1162	
35	25	458	1620
35	25	545	
35	25	545	1090
35	25	545	
35	25	545	1090
35	25	459	
35	25	459	919
35	25	459	
35	25	459	919
35	25	459	
35	25	459	919
35	25	459	
35	25	459	919
35	65	1025	
35	65	1025	2050
35	65	1025	
35	65	1025	2050
35	25	545	
35	25	545	1090
35	25	545	
35	25	545	1090
35	25	545	
35	25	545	1090
35	25	545	
35	25	495	1040
35	25	325	
35	25	325	650
85	65	645	
85	65	645	1290
85	65	645	
85	65	645	1290
35	25	255	
35	25	255	510
35	25	255	
35	25	255	510
35	25	205	
35	25	205	410
35	25	117	
35	25	117	235
35	25	118	
35	25	117	235
35	25	117	
35	25	118	235
35	25	117	
35	25	117	235

Rijrichting Noord-Zuid			Zaterdag - Zondag		Intensiteit per bus gegeven half uur			
Aantal bussen per half uur								
Connexxion R-NET	Schiphol Sternet	Totaal aantal bussen per half uur	Totaal aantal bussen per uur	Connexxion R-NET	Schiphol Sternet	Totaal aantal personen per half uur	Totaal aantal personen per uur	
2,5	8,57	11,07		85	65	770		
2,5	12,00	14,50	26	85	65	993	1762	
3	12,00	15,00		85	65	1035		
3	12,00	15,00	30	35	25	405	1440	
3	6,67	9,67		35	25	272		
3	6,67	9,67	19	35	25	272	543	
3,5	6,67	10,17		35	25	289		
3,5	6,67	10,17	20	35	25	289	578	
4	6,67	10,67		35	25	307		
4	6,67	10,67	21	35	25	307	613	
4	6,67	10,67		35	25	307		
4	6,67	10,67	21	35	25	307	613	
4	6,67	10,67		35	25	307		
4	6,67	10,67	21	35	25	307	613	
4	6,67	10,67		35	25	307		
4	6,67	10,67	21	35	25	307	613	
4	12,00	16,00		35	65	920		
4	12,00	16,00	32	35	65	920	1840	
4	12,00	16,00		35	65	920		
4	12,00	16,00	32	35	65	920	1840	
4	6,67	10,67		35	25	307		
4	6,67	10,67	21	35	25	307	613	
4	6,67	10,67		35	25	307		
4	6,67	10,67	21	35	25	307	613	
4	6,67	10,67		35	25	307		
4	6,67	10,67	21	35	25	307	613	
4	5,45	9,45		35	25	276		
4	5,45	9,45	19	35	25	276	553	
3,5	5,45	9,45		35	25	259		
3,5	5,45	8,95	18	35	25	259	518	
3	5,45	8,95		85	65	610		
3	5,45	8,45	17	85	65	610	1219	
3	5,45	8,45		85	65	610		
3	5,45	8,45	17	85	65	610	1219	
3	5,45	8,45		35	25	241		
3	5,45	8,45	17	35	25	241	483	
3	5,45	8,45		35	25	241		
3	5,45	8,45	17	35	25	241	483	
3	4,00	7,00		35	25	205		
3	4,00	7,00	14	35	25	205	410	
0,5	4,00	7,00		35	25	117		
0,5	4,00	4,50	11	35	25	117	235	
0,5	4,00	4,50		35	25	118		
0,5	4,00	4,50	9	35	25	117	235	
0,5	4,00	4,50		35	25	117		
0,5	4,00	4,50	9	35	25	118	235	
0,5	4,00	4,50		35	25	117		
0,5	4,00	4,50	9	35	25	117	235	
			467				18121	

Intensiteit per bus gegeven half uur			
Connexxion R-NET	Schiphol Sternet	Totaal aantal personen per half uur	Totaal aantal personen per uur
85	65	770	
85	65	993	1762
85	65	1035	
35	25	405	1440
35	25	272	
35	25	272	543
35	25	289	
35	25	289	578
35	25	307	
35	25	307	613
35	25	307	
35	25	307	613
35	25	307	
35	25	307	613
35	25	307	
35	65	920	
35	65	920	1840
35	65	920	
35	65	920	1840
35	25	307	
35	25	307	613
35	25	307	
35	25	307	613
35	25	307	
35	25	307	613
35	25	276	
35	25	276	553
35	25	259	
35	25	259	518
85	65	610	
85	65	610	1219
85	65	610	
85	65	610	1219
35	25	241	
35	25	241	483
35	25	241	
35	25	241	483
35	25	205	
35	25	205	410
35	25	117	
35	25	117	235
35	25	118	
35	25	117	235
35	25	117	
35	25	118	235
35	25	117	
35	25	117	235
			18121

Berekening totaal aantal bussen en personen per periode

			Ma- Vrij		Rijrichting Noord-Zuid		Rijrichting Zuid-Noord									
ID	Tijdseenheid		Sub- totaal aantal bussen per uur	Sub- totaal aantal personen per uur	Sub- totaal aantal bussen per uur	Sub- totaal aantal personen per uur	Totaal aantal bussen per uur	Totaal aantal personen per uur	Totaal personen per bus per uur	Spits dag nacht bepalen (>30 = Spits, 10-30 = Dag en <10 = Nacht)	Aantal bussen per periode			Aantal personen per periode		
											Nacht	Dag	Spits	Nacht	Dag	Spits
2	5:30	6:00	26	1762	0	0	26	1762	68,91	Dag	0	26	0	0	1762	0
4	6:30	7:00	33	1620	0	0	33	1620	49,09	Dag	0	33	0	0	1620	0
6	7:30	8:00	38	1090	0	0	38	1090	28,68	Spits	0	0	38	0	0	1090
8	8:30	9:00	38	1090	0	0	38	1090	28,68	Spits	0	0	38	0	0	1090
10	9:30	10:00	31	919	0	0	31	919	29,50	Dag	0	31	0	0	919	0
12	10:30	11:00	31	919	0	0	31	919	29,50	Dag	0	31	0	0	919	0
14	11:30	12:00	31	919	0	0	31	919	29,50	Dag	0	31	0	0	919	0
16	12:30	13:00	31	919	0	0	31	919	29,50	Dag	0	31	0	0	919	0
18	13:30	14:00	38	2050	0	0	38	2050	53,95	Spits	0	0	38	0	0	2050
20	14:30	15:00	38	2050	0	0	38	2050	53,95	Spits	0	0	38	0	0	2050
22	15:30	16:00	38	1090	0	0	38	1090	28,68	Spits	0	0	38	0	0	1090
24	16:30	17:00	38	1090	0	0	38	1090	28,68	Spits	0	0	38	0	0	1090
26	17:30	18:00	38	1090	0	0	38	1090	28,68	Spits	0	0	38	0	0	1090
28	18:30	19:00	36	1040	0	0	36	1040	28,89	Spits	0	0	36	0	0	1040
30	19:30	20:00	24	650	0	0	24	650	27,08	Dag	0	24	0	0	650	0
32	20:30	21:00	20	1290	0	0	20	1290	64,50	Dag	0	20	0	0	1290	0
34	21:30	22:00	18	1290	0	0	18	1290	71,67	Dag	0	18	0	0	1290	0
36	22:30	23:00	18	510	0	0	18	510	28,33	Dag	0	18	0	0	510	0
38	23:30	0:00	18	510	0	0	18	510	28,33	Dag	0	18	0	0	510	0
40	0:30	1:00	14	410	0	0	14	410	29,29	Dag	0	14	0	0	410	0
42	1:30	2:00	11	235	0	0	11	235	20,43	Dag	0	11	0	0	235	0
44	2:30	3:00	9	235	0	0	9	235	26,11	Nacht	9	0	0	235	0	0
46	3:30	4:00	9	235	0	0	9	235	26,11	Nacht	9	0	0	235	0	0
48	4:30	5:00	9	235	0	0	9	235	26,11	Nacht	9	0	0	235	0	0
Totaal											27	307	302	705	11951	10590

			Za-Zo		rijrichting Zuid-Noord			
			Rijrichting Noord-Zuid					
ID	Tijdseenheid		Sub- totaal aantal bussen per uur	Sub- totaal aantal personen per uur	Sub- totaal aantal bussen per uur	Sub- totaal aantal personen per uur	Totaal aantal bussen per uur	Totaal aantal personen per uur
1	5:00	5:30	0	0	0	0	0	0
2	5:30	6:00	26	1762	0	0	26	1762
3	6:00	6:30	0	0	0	0	0	0
4	6:30	7:00	30	1440	0	0	30	1440
5	7:00	7:30	0	0	0	0	0	0
6	7:30	8:00	19	543	0	0	19	543
7	8:00	8:30	0	0	0	0	0	0
8	8:30	9:00	20	578	0	0	20	578
9	9:00	9:30	0	0	0	0	0	0
10	9:30	10:00	21	613	0	0	21	613
11	10:00	10:30	0	0	0	0	0	0
12	10:30	11:00	21	613	0	0	21	613
13	11:00	11:30	0	0	0	0	0	0
14	11:30	12:00	21	613	0	0	21	613
15	12:00	12:30	0	0	0	0	0	0
16	12:30	13:00	21	613	0	0	21	613
17	13:00	13:30	0	0	0	0	0	0
18	13:30	14:00	32	1840	0	0	32	1840
19	14:00	14:30	0	0	0	0	0	0
20	14:30	15:00	32	1840	0	0	32	1840
21	15:00	15:30	0	0	0	0	0	0
22	15:30	16:00	21	613	0	0	21	613
23	16:00	16:30	0	0	0	0	0	0
24	16:30	17:00	21	613	0	0	21	613
25	17:00	17:30	0	0	0	0	0	0
26	17:30	18:00	21	613	0	0	21	613
27	18:00	18:30	0	0	0	0	0	0
28	18:30	19:00	19	553	0	0	19	553
29	19:00	19:30	0	0	0	0	0	0
30	19:30	20:00	18	518	0	0	18	518
31	20:00	20:30	0	0	0	0	0	0
32	20:30	21:00	17	1219	0	0	17	1219
33	21:00	21:30	0	0	0	0	0	0
34	21:30	22:00	17	1219	0	0	17	1219
35	22:00	22:30	0	0	0	0	0	0
36	22:30	23:00	17	483	0	0	17	483
37	23:00	23:30	0	0	0	0	0	0
38	23:30	0:00	17	483	0	0	17	483
39	0:00	0:30	0	0	0	0	0	0
40	0:30	1:00	14	410	0	0	14	410
41	1:00	1:30	0	0	0	0	0	0
42	1:30	2:00	11	235	0	0	11	235
43	2:00	2:30	0	0	0	0	0	0
44	2:30	3:00	9	235	0	0	9	235
45	3:00	3:30	0	0	0	0	0	0
46	3:30	4:00	9	235	0	0	9	235
47	4:00	4:30	0	0	0	0	0	0
48	4:30	5:00	9	235	0	0	9	235

Spits dag nacht bepalen (>30 = Spits, 10-30 = Dag en <10 = Nacht)	Aantal bussen per periode			Aantal personen per periode		
	Nacht	Dag	Spits	Nacht	Dag	Spits
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	26	0	0	1762	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	30	0	0	1440	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	19	0	0	543	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	20	0	0	578	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	21	0	0	613	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	21	0	0	613	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	21	0	0	613	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	21	0	0	613	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	32	0	0	1840	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	32	0	0	1840	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	21	0	0	613	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	21	0	0	613	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	19	0	0	553	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	18	0	0	518	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	17	0	0	1219	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	17	0	0	1219	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	17	0	0	483	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	17	0	0	483	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	14	0	0	410	0
	0	0	0	0	0	0
Dag	0	11	0	0	235	0
	0	0	0	0	0	0
Nacht	9	0	0	235	0	0
	0	0	0	0	0	0
Nacht	9	0	0	235	0	0
	0	0	0	0	0	0
Nacht	9	0	0	235	0	0
	0	0	0	0	0	0
Totaal	27	440	0	705	17416	0

Verkeersintensiteit Connexxion R-NET

	Noord-Zuid			
	ma t/m vr	za	zo	Gem. weekend (omhoog afgerond)
5.00 - 6.00	5	7	3	5
6.00 - 7.00	9	8	4	6
7.00 - 8.00	14	8	4	6
8.00 - 9.00	14	9	5	7
9.00 - 10.00	14	10	6	8
10.00 - 11.00	14	10	6	8
11.00 - 12.00	14	10	6	8
12.00 - 13.00	14	10	6	8
13.00 - 14.00	14	10	6	8
14.00 - 15.00	14	10	6	8
15.00 - 16.00	14	10	6	8
16.00 - 17.00	14	10	6	8
17.00 - 18.00	14	10	6	8
18.00 - 19.00	14	10	6	8
19.00 - 20.00	10	8	6	7
20.00 - 21.00	6	6	6	6
21.00 - 22.00	6	6	6	6
22.00 - 23.00	6	6	6	6
23.00 - 24.00	6	6	6	6
24.00 - 1.00	6	6	6	6
1.00 - 2.00	1	1	1	1
2.00 - 3.00	1	1	1	1
3.00 - 4.00	1	1	1	1
4.00 - 5.00	1	1	1	1

[illegible]

Connexxion R-NET: Tijdens de drukste periode (van 5.00 tot 6.30 uur en van 20.00 tot 22.00 uur) zitten er circa 80 tot 90 mensen in één bus van de R-NET. Op overige tijden zijn dit er circa 30 tot 40.

			Gem. intensiteit
Intensiteit druk	80	90	85
Intensiteit rustig	30	40	35

Bijlage 3

Rekenblad incidentkansen Buis A


**Buitenvelderttunnelsysteem
Buis A**

Type tunnel	Landtunnel
Ontwerpsnelheid (km/u)	80 km/u
Type convergentie- of divergentiepunt voor de tunnel	afstreping
Type convergentie- of divergentiepunt na de tunnel	Extra rijstrook
Nspits	0,0003 per dag
Tfilemax	60 min
Ispitsuur	802 vtg/uur

Elementen	Waarde	Ongevalsfactor
Rijstroken	2	1,00
Aanwezigheid vluchtstrook	Nee -	1,00
Lengte (gesloten deel)	482 m	1,26
Rijstrookbreedte, smalste rijstrook	3 m	1,50
Breedte redresseerstrook	0,3 m	1,50
Afstand afstreping tot tunnel	630 m	1,00
Afstand tunnel tot Extra rijstrook	240 m	1,00
Fileterugslag (lbuis)	3.139.728 vtg/jaar	1,00
Opgaande helling (snelheidsverval vrachtverkeer)	0 km/u	1,00
Neergaande helling (gemiddeld hellingspercentage)	2 %	1,01
Horizontale boog (rechtstand=0)	482 m	1,20
Verticale boog	482 m	1,20
Maximalsnelheid	60 km/u	0,36
I/C verhouding	0,35	1,25
% vrachtverkeer	0,02 %	0,90

Ongevalsfactor tunnel	1,67		
Basis slachtofferongevalsfrequentie	0,50	* 10⁻⁷	slachtofferongevallen per voertuigkilometer
Slachtofferongevalsfrequentie tunnel	0,83	* 10⁻⁷	slachtofferongevallen per voertuigkilometer

Elementen	categorien	waarderingsfactor	Toelichting
Rijstroken	1 2 3 4	0,75 1 1,1 1,15	
Aanwezigheid vluchtstrook	Ja Nee	0,85 1	
Type tunnel	Landtunnel Zinktunnel		
Tunnellengte (zinktunnels)	0 < 250 m 250 <= L <= 5000 m > 5000 m	1,5 1 1,25	
Rijstrookbreedte (binnenzijde. Kantstreep tot hart deelstreep)	3 tot 3,25 m 3,25 tot 3,5 m = 3,5 m	1,5 1,25 1	
redresseerstrook	0 tot 0,4 m 0,4 tot 0,6 m 0,6 tot 0,8 m 0,8 tot 1 m = 1 m 1 < b <= 1,5 m	1,5 1,3 1,15 1,05 1 0,95	
opgaande helling (snelheidsverval)	0 < dv <= 5 km/u 5 < dv <= 10 km/u 10 < dv <= 15 km/u 15 < dv <= 20 km/u > 20 km/u	1 1,02 1,05 1,1 1,2	
neergaande helling (gemiddeld hellingspercentage)	0 % 1 % 2 % 3 % 4 % 5 %	1 1 1,01 1,03 1,05 1,1	
Horizontale boog	rechtstand 0 Rh >= 3000 m 1000 <= Rh < 3000 m Rh < 1000 m	1 0,95 1,05 1,2	
ontwerpsnelheid	100 km/u 120 km/u		
verticale boog (vo=100 km/u)	Rv > 6500 m Rv = 6500 m Rv < 6500 m	0,95 1 1,2	
verticale boog (vo=120 km/u)	Rv > 12400 m Rv = 12400 m Rv < 12400 m	0,95 1 1,2	
Maximumsnelheid	50 km/u 70 km/u 80 km/u 100 km/u 120 km/u 130 km/u	0,25 0,49 0,64 1 1,44 1,69	
I/C verhouding	i/c < 0,4 0,4 <= i/c < 0,7 0,7 <= i/c < 0,8 i/c >= 0,8	1,25 1 1,1 1,25	
% vrachtverkeer	0 <= vracht <= 5 % 5 < vracht <= 10 % 10 < vracht <= 15 % 15 < vracht <= 20 % > 20 %	0,9 0,95 1 1,05 1,1	
Intensiteit (per maatgevend uur)	<1000 mvt/etm 1000 - 1500 mvt/etm 1500 - 2000 mvt/etm 2000 - 2500 mvt/etm 2500 - 3500 mvt/etm 3500 - 4500 mvt/etm 4500 - 5500 mvt/etm > 5500 mvt/etm	- - - - - - - -	1000 1250 1750 2250 3000 4000 5000 6000
Capaciteit rijstrook	1800	-	

voor de tunnel					
		120	100	80	
Uitvoeger	voor de tunnel	275	230	185	
Splitsing	voor de tunnel	275	230	185	
Invoeger	voor de tunnel	575	480	385	
Samenvoeger	voor de tunnel	375	315	250	
Afstreping	voor de tunnel	400	335	265	
Weefvak	voor de tunnel	390	325	260	
Extra rijstrook	voor de tunnel	200	165	135	
na de tunnel					
		120	100	80	
Uitvoeger	na de tunnel	480	390	300	
Splitsing	na de tunnel	900	750	600	
Invoeger	na de tunnel	180	140	100	
Samenvoeger	na de tunnel	180	140	100	
Afstreping	na de tunnel	295	230	180	
Weefvak	na de tunnel	180	140	100	
Extra rijstrook	na de tunnel	105	75	55	

		120 km/u	100 km/u	80 km/u
Uitvoeger	voor de tunnel	275	230	185
Uitvoeger	in de tunnel tov tunnelingang	585	465	355
Uitvoeger	in de tunnel tov tunneluitgang	230	170	125
Uitvoeger	na de tunnel	480	390	300
Splitsing	voor de tunnel	275	230	185
Splitsing	in de tunnel tov tunnelingang	900	750	600
Splitsing	in de tunnel tov tunneluitgang	230	170	125
Splitsing	na de tunnel	900	750	600
Invoeger	voor de tunnel	575	480	385
Invoeger	in de tunnel tov tunnelingang	210	150	105
Invoeger	in de tunnel tov tunneluitgang	605	485	375
Invoeger	na de tunnel	180	140	100
Samenvoeger	voor de tunnel	375	315	250
Samenvoeger	in de tunnel tov tunnelingang	210	150	105
Samenvoeger	in de tunnel tov tunneluitgang	375	315	250
Samenvoeger	na de tunnel	180	140	100
Afstreping	voor de tunnel	400	335	265
Afstreping	na de tunnel	295	230	180
Weefvak	voor de tunnel	390	325	260
Weefvak	in de tunnel tov tunnelingang	210	150	105
Weefvak	in de tunnel tov tunneluitgang	230	170	125
Weefvak	na de tunnel	180	140	100
Extra rijstrook	voor de tunnel	200	165	135
Extra rijstrook	na de tunnel	105	75	55

Bijlage 4

Rekenblad incidentkansen Buis C


**Buitenvelderttunnelsysteem
Buis C**

Type tunnel	Landtunnel	
Ontwerpsnelheid (km/u)	80	km/u
Type convergentie- of divergentiepunt voor de tunnel	Afstreping	
Type convergentie- of divergentiepunt na de tunnel	Afstreping	
Nspits	0,0055	per dag
Tfilemax	60	min
Ispitsuur	38	vtg/uur

Elementen	Waarde		Ongevalsfactor
Rijstroken	1		0,75
Aanwezigheid vluchtstrook	Nee	-	1,00
Lengte (gesloten deel)	518	m	1,24
Rijstrookbreedte, smalste rijstrook	3,25	m	1,25
Breedte redresseerstrook	0,6	m	1,15
Afstand Afstreping tot tunnel	125	m	1,30
Afstand tunnel tot Afstreping	250	m	1,05
Fileterugslag (lbuis)	214.374	vtg/jaar	1,00
Opgaande helling (snelheidsverval vrachtverkeer)	0	km/u	1,00
Neergaande helling (gemiddeld hellingspercentage)	2	%	1,01
Horizontale boog (rechtstand=0)	518	m	1,20
Verticale boog	518	m	1,20
Maximalsnelheid	60	km/u	0,36
I/C verhouding	0,02		1,25
% vrachtverkeer	0	%	0,90

Ongevalsfactor tunnel	1,08		
Basis slachtofferongevalsfrequentie	0,50	* 10⁻⁷	slachtofferongevallen per voertuigkilometer
Slachtofferongevalsfrequentie tunnel	0,54	* 10⁻⁷	slachtofferongevallen per voertuigkilometer

Bijlage 5

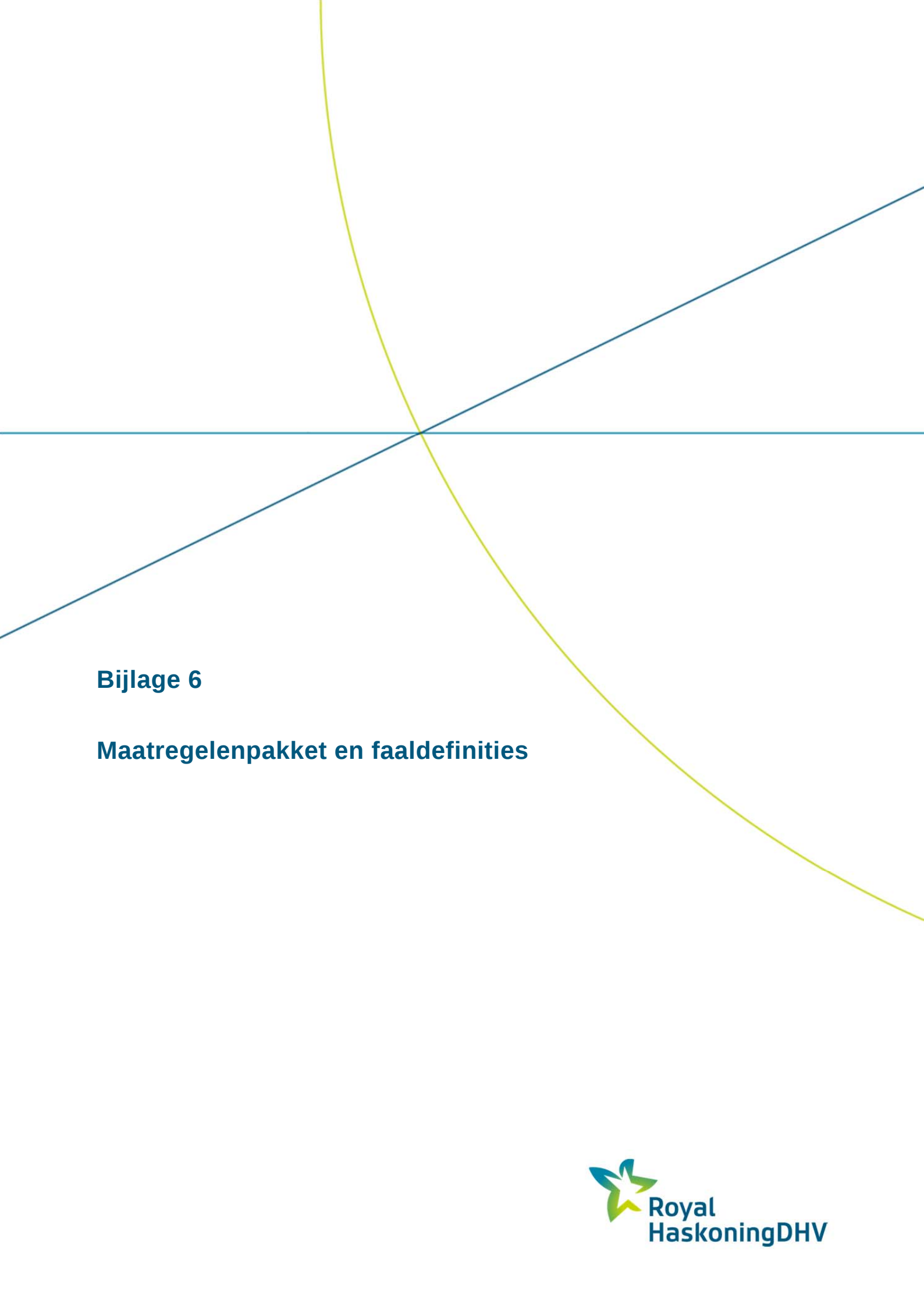
Rekenblad incidentkansen Buis D


**Buitenveldertunnelsysteem
Buis D**

Type tunnel	Landtunnel	
Ontwerpsnelheid (km/u)	80	km/u
Type convergentie- of divergentiepunt voor de tunnel	Afstreping	
Type convergentie- of divergentiepunt na de tunnel	Afstreping	
Nspits	0,1	per dag
Tfilemax	60	min
Ispitsuur	658	vtg/uur

Elementen	Waarde	Ongevelfactor
Rijstroken	1	0,75
Aanwezigheid vluchtstrook	Nee -	1,00
Lengte (gesloten deel)	518 m	1,24
Rijstrookbreedte, smalste rijstrook	3,25 m	1,25
Breedte redresseerstrook	0,6 m	1,15
Afstand Afstreping tot tunnel	125 m	1,30
Afstand tunnel tot Afstreping	250 m	1,05
Fileterugslag (Ibuis)	2.388.352 vtg/jaar	1,09
Opgaande helling (snelheidsverval vrachtverkeer)	0 km/u	1,00
Neergaande helling (gemiddeld hellingspercentage)	2 %	1,01
Horizontale boog (rechtstand=0)	518 m	1,20
Verticale boog	518 m	1,20
Maximalsnelheid	60 km/u	0,36
I/C verhouding	0,29	1,25
% vrachtverkeer	0,02 %	0,90

Ongevelfactor tunnel	1,17		
Basis slachtofferongevelfrequentie	0,50	* 10 ⁻⁷	slachtofferongevallen per voertuigkilometer
Slachtofferongevelfrequentie tunnel	0,59	* 10 ⁻⁷	slachtofferongevallen per voertuigkilometer



Bijlage 6

Maatregelenpakket en faaldefinities

Mate van onzekerheid

Hoog	Het wel of niet toepassen van deze installatie hangt af van de uitkomsten van de QRA-analyse en/of de discussie met de Omgevingsdienst.
Laag	Het wel of niet toepassen van deze installatie hangt niet af van de uitkomsten van de QRA-analyse en/of de discussie met de Omgevingsdienst.

Buis A BVT VB (Verkeersbuis)					Buis B BVT FB (fietsbuis)				
Maatregel	Installatie	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen	Maatregel	Installatie	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen
Luchtcondities borgen	Tunnelventilatie	Laag	Nee		Luchtcondities borgen	Overdrukventilatie	Laag	Nee	Afhankelijk van QRA
Communiceren weggebruiker	Radioheruitzending-systeem Intercom	Laag Laag	Nee Nee	Inbreken op autoradio					
Omroepen	Luidsprekerinstallatie	Laag	Nee		Omroepen	Luidsprekerinstallatie	Laag	Nee	
Communiceren hulpdiensten	C2000-systeem Intercom	Laag Laag	Nee Nee	Bestaande installatie	Communiceren hulpdiensten	C2000-systeem	Laag	Nee	Bestaande installatie
Faciliteren voorzieningen hulpdiensten	Droge blusleiding Energievoorziening in tunnel	Laag Laag	Nee Nee						
Faciliteren voorzieningen weggebruiker	Brandblusser	Laag	Nee						
Zicht borgen	Verlichting (inclusief noodverlichting) Overgangsverlichting	Laag Laag	Nee Nee	Dient in VS duidelijker te worden gespecificeerd.	Zicht borgen	Verlichting (inclusief noodverlichting)	Laag	Nee	
Afvoeren vloeistof	Vuilwaterafvoer	Laag	Ja	Raakvlak en situatie is nog niet helder.					
Detecteren brand				Geen eigen installatie, maatregel wordt geborgd door stilstandsdetectie i.c.m. CCTV.					
Evacuatie aanduiding	Vluchtwegaanduiding Geluidsbakens Contourverlichting Accentverlichting	Laag Laag Laag Laag	Nee Nee Nee Nee		Evacuatie aanduiding	Vluchtwegaanduiding Informatieborden Zwaailichten	Laag	Nee	
Visueel controleren	CCTV	Laag	Nee		Visueel controleren	CCTV	Laag	Nee	
Beïnvloeden verkeer	Informatieborden Verkeerslichten Afsluitbomen Stilstand/snelheidonderscheidingdetectie	Laag Laag Laag Laag	Nee Nee Nee Nee		Beïnvloeden verkeer	Verkeerslichten	Laag Laag Laag	Nee Nee Nee	
Koppeling externe systemen	Koppeling VRI kruising Koppeling VRI kruispunt Koppeling infobord	Laag Laag Laag	Ja Ja Ja	Slagboom wel/niet in VS					
Generieke maatregelen	Energie vanaf net	Laag	Ja	Onduidelijk of dit wordt gewenst					
	Energie vanaf no-break	Laag	Ja						
	Klimaatregeling technische ruimten	Laag	Nee						
	Toegangscontrole technische ruimten	Laag	Nee						
	Brandmeld/ontruiming technische ruimten incl. waarschuwinginstallatie	Laag	Nee	Onduidelijk of dit wordt gewenst					
	Blussysteem technische ruimten	Laag	Nee	Onduidelijk of dit wordt gewenst					
Niet nodig geacht	Rijstrooksignalering	Hoog	Ja	Installatie biedt geen toegevoegde waarde. Bij incident gaat verkeer door andere buis. Achteropkomend verkeer wordt niet gewaarschuwd!					

Civiele aanpassingen	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen	Civiele aanpassingen	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen
Kortere vluchtdeurafstand	Laag	Nee	Nu al geen issue meer	Brandwerendheid glas i.c.m. optredende brandlast.	Laag	Nee	Zit al deels in bestaande specificatie.
Hoeveelheid vluchttrappen i.c.m. step-barrier	Hoog	Ja	Afhankelijk van uitkomst QRA				
Geconditioneerde vluchttrappen (overdruk)	Laag	Nee					
Belijning c.q. barrier tussen de rijstroken	Laag	Nee					

Buis C DT VB O (Verkeersbuis Oost)					Buis D DT VB W (Verkeersbuis West)				
Maatregel	Installatie	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen	Maatregel	Installatie	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen
Luchtcondities borgen	Tunnelventilatie	Laag	Nee	Omkeerbaar	Luchtcondities borgen	Tunnelventilatie	Laag	Nee	Omkeerbaar
Communiceren weggebruiker	Radioheruitzending-systeem	Laag	Nee	Inbreken op autoradio	Communiceren weggebruiker	Radioheruitzending-systeem	Laag	Nee	Inbreken op autoradio
	Intercom	Laag	Nee			Intercom	Laag	Nee	
Omroepen	Luidsprekerinstallatie	Laag	Nee		Omroepen	Luidsprekerinstallatie	Laag	Nee	
Communiceren hulpdiensten	C2000-systeem	Laag	Nee	Bestaande installatie	Communiceren hulpdiensten	C2000-systeem	Laag	Nee	Bestaande installatie
	Intercom	Laag	Nee			Intercom	Laag	Nee	
Faciliteren voorzieningen hulpdiensten	Droge blusleiding	Laag	Nee		Faciliteren voorzieningen hulpdiensten	Droge blusleiding	Laag	Nee	
	Energievoorziening in tunnel	Laag	Nee			Energievoorziening in tunnel	Laag	Nee	
Faciliteren voorzieningen weggebruiker	Brandblusser	Laag	Nee		Faciliteren voorzieningen weggebruiker	Brandblusser	Laag	Nee	
Zicht borgen	Verlichting (inclusief noodverlichting)	Laag	Nee	Dient in VS duidelijker te worden gespecificeerd.	Zicht borgen	Verlichting (inclusief noodverlichting)	Laag	Nee	Dient in VS duidelijker te worden gespecificeert.
	Overgangsverlichting (2 zijdig)	Laag	Nee			Overgangsverlichting	Laag	Nee	
Afvoeren vloeistof	Vuilwaterafvoer	Laag	Ja	Nog niet in VS	Afvoeren vloeistof	Vuilwaterafvoer	Laag	Ja	Nog niet in VS
Detecteren brand				Geen eigen installatie, maatregel wordt geborgd door stilstandsdetectie i.c.m. CCTV.	Detecteren brand				Geen eigen installatie, maatregel wordt geborgd door stilstandsdetectie i.c.m. CCTV.
Evacuatie aanduiding	Vluchtwegaanduiding	Laag	Nee		Evacuatie aanduiding	Vluchtwegaanduiding	Laag	Nee	
	Geluidsbakens	Laag	Nee			Geluidsbakens	Laag	Nee	
	Contourverlichting	Laag	Nee			Contourverlichting	Laag	Nee	
	Accentverlichting	Laag	Nee			Accentverlichting	Laag	Nee	
Visueel controleren	CCTV	Laag	Nee		Visueel controleren	CCTV	Laag	Nee	
Beïnvloeden verkeer	Informatieborden	Laag	Nee		Beïnvloeden verkeer	Informatieborden	Laag	Nee	
	Verkeerslichten	Laag	Nee			Verkeerslichten	Laag	Nee	
	Afsluitbomen	Laag	Nee			Afsluitbomen	Laag	Nee	
		Laag	Ja						
	Stilstand/snelheidonderscheidingdetectie	Laag	Nee			Stilstand/snelheidonderscheidingdetectie	Laag	Nee	
Koppeling externe systemen	Koppeling VRI kruising	Laag	Ja	Projectering diverse borden	Koppeling externe systemen	Koppeling VRI kruising	Laag	Ja	Projectering diverse borden
	Koppeling VRI kruispunt	Laag	Ja			Koppeling VRI kruispunt	Laag	Ja	
	Koppeling infobord	Laag	Ja			Koppeling infobord	Laag	Ja	
Generieke maatregelen	Energie vanaf net	Laag	Ja		Generieke maatregelen	Energie vanaf net	Laag	Nee	Eisen vanuit Schiphol nog nagaan
	Energie vanaf no-break	Laag	Ja			Energie vanaf no-break	Laag	Nee	
						Faaldetectie tunnelinstallaties	Laag	Nee	
	Klimaatregeling technische ruimten	Laag	Ja			Klimaatregeling technische ruimten	Laag	Ja	
	Toegangscontrole technische ruimten	Laag	Nee	Eisen vanuit Schiphol nog nagaan		Toegangscontrole technische ruimten	Laag	Nee	
									Eisen vanuit Schiphol nog nagaan
	Brandmeld/ontruiming technische ruimten incl. waarschuwinginstallatie	Laag	Nee			Brandmeld/ontruiming technische ruimten incl. waarschuwinginstallatie	Laag	Nee	
	Blussysteem technische ruimten	Laag	Ja	Eisen vanuit Schiphol nog nagaan		Blussysteem technische ruimten	Laag	Ja	Eisen vanuit Schiphol nog nagaan
Niet nodig geacht	Rijstrooksignalering	Hoog	Ja	Installatie biedt geen toegevoegde waarde. Bij incident gaat verkeer door andere buis. Achteropkomend verkeer wordt niet gewaarschuwd!		Rijstrooksignalering	Hoog	Ja	Installatie biedt geen toegevoegde waarde. Bij incident gaat verkeer door andere buis. Achteropkomend verkeer wordt niet gewaarschuwd!

Civiele aanpassingen	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen
Step-barrier met doorsteek i.r.t. vluchtdeuren	Laag	Nee	Zit al deels in bestaande specificatie.

KBT VB				
Maatregel	Installatie	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen
Luchtcondities borgen	Tunnelventilatie	Laag	Nee	Voor repressie
	Overdrukventilatie	Laag	Nee	Oplossing nog onduidelijk
Communiceren weggebruiker	Radioheruitzending-systeem (inclusief VHF en DTRS)	Laag	Nee	
	Intercom	Laag	Nee	
Omroepen	Luidsprekerinstallatie	Laag	Nee	
Communiceren hulpdiensten	C2000-systeem	Laag	Nee	Bestaande installatie
	Intercom	Laag	Nee	
Faciliteren voorzieningen hulpdiensten	Droge blusleiding	Laag	Nee	Bestaande installatie, wordt niet aangepast
	Energievoorziening in tunnel	Laag	Nee	
Faciliteren voorzieningen weggebruiker	Brandblusser	Laag	Nee	
Zicht borgen	Verlichting (inclusief noodverlichting)	Laag	Nee	Bestaande installatie, wordt niet aangepast
	Overgangsverlichting	Laag	Nee	Bestaande installatie, wordt niet aangepast
Afvoeren vloeistof	Vuilwaterafvoer	Laag	Ja	Op basis van notitie moet besluit voor vervanging worden genomen.
Detecteren brand				Geen eigen installatie, maatregel wordt geborgd door stilstandsdetectie i.c.m. CCTV.
Evacuatie aanduiding	Vluchtwegaanduiding	Laag	Nee	
	Geluidsbakens	Laag	Nee	
	Contourverlichting	Laag	Nee	
	Accentverlichting	Laag	Nee	
	Vluchtwegontgrendeling (toegang maaiveld)	Laag	Ja	
Visueel controleren	CCTV	Laag	Nee	
Beïnvloeden verkeer	Informatieborden	Laag	Nee	Afhankelijk van uitkomst QRA. Kan worden toegepast om groepsrisico te verlagen.
	Verkeerslichten	Laag	Nee	
	Afsluitbomen	Laag	Nee	
	Stilstand/snelheidonderscheidingdetectie	Laag	Nee	
	Toeritdosering	Hoog	Ja	
Koppeling externe systemen				
Generieke maatregelen	Energie vanaf net	Laag	Ja	Eisen vanuit Schiphol nog nagaan
	Energie vanaf no-break	Laag	Ja	
	Faaldetectie tunnelinstallaties	Laag	Ja	
	Klimaatregeling technische ruimten	Laag	Ja	
	Toegangscontrole technische ruimten	Laag	Nee	
	Waarschuwinginstallatie technische ruimten	Laag	Nee	
	Brandmeld/ontruiming technische ruimten	Laag	Nee	
	Blussysteem technische ruimten	Laag	Ja	Eisen vanuit Schiphol nog nagaan
<i>Niet nodig geacht</i>	Rijstrooksignalering			Installatie biedt geen toegevoegde waarde. Bij incident wordt buis volledig gesloten.

Civiele aanpassingen	Mate van onzekerheid	Invloed op fase B?	Opmerkingen
Kortere vluchtdeurafstand	Laag	Nee	Nu al geen issue meer
Doorlopende vluchtgang	Hoog	Ja	Afhankelijk van uitkomst variantenanalyse en acceptatie OD.
Sparing voor overdruk	Hoog	Ja	Afhankelijk van uitkomst variantenanalyse en acceptatie OD.

Goede ruimtelijke onderbouwing aanpassing tunnels dienstweg en HOV tunnel Loevesteinse Randweg

Bestemming verkeer

Om te kunnen voldoen aan de wet tunnelveiligheid zal de verkeerssituatie in de diensttunnel en de HOV tunnel van Schiphol Loevesteinse Randweg aangepast worden in de tunnels en bij beide ingangen. Hiermee wordt voorkomen dat er in één buis tegengestelde rijrichtingen zijn. Daarnaast wordt het aanvalsplan van de brandweer verbeterd en kan bij calamiteiten (stremming van een buis) direct geschakeld worden zodat er altijd verkeer in twee richtingen mogelijk is.

De huidige openbaar vervoer tunnel buis wordt nu gebruikt door openbaar vervoer bussen in twee richtingen, maar zal gebruikt gaan worden door openbaar vervoer bussen en overig verkeer in één (noordelijke) richting. De huidige dienstweg tunnels (vier rijstroken in twee richtingen) zullen worden omgebouwd naar één rijstrook per buis in zuidelijke rijrichting voor verkeer en openbaar vervoer.

De ruimte die hier bij vrij komt wordt gebruikt voor ventilatie installaties en overige inrichtingen die noodzakelijk zijn in het kader van de tunnelveiligheid.

Verkeerskundig is onderzocht dat de nieuwe situatie nog steeds voldoende capaciteit heeft om het verkeersaanbod op een veilige en efficiënte manier is af te wikkelen.

De toe leidende rijbanen naar de huidige OV tunnel zijn bestemd als "verkeer openbaar vervoer". Gewoon verkeer is hier uitgesloten. Aangezien deze wegdelen gebruikt gaan worden door bussen en autoverkeer is een wijziging naar de bestemming verkeer noodzakelijk

De ruimtelijke hoofdstructuur zal hierdoor niet wezenlijk veranderen. De ruimte voor de tunnelbuizen is nu in gebruik door verkeer in de algemene zin van het woord. Alleen doordat in het bestemmingsplan de soorten verkeer en HOV verkeer zijn verbijzonderd ontstaat er een probleem bij wisselen van het gebruik van de buizen. Er komen aan de ingangen van de tunnels kruisingen met verkeerslichten om verkeer te geleiden. De wijziging heeft geen verkeer aantrekkende werking. Deze aanpassing hebben geen groei van het verkeer ten gevolg maar zijn het gevolg van de wet tunnelveiligheid.

De locatie ligt binnen het bestemmingsplan Schiphol 2012. Doordat de verkeersintensiteit t.g.v. deze aanpassing niet verhoogt, zijn de verkeer en milieu onderzoeken die gedaan zijn bij het opstellen van het bestemmingsplan van toepassing. Milieu aspecten spelen bij dit project geen rol.

Bestemming water

Doordat het openbaar vervoer in zuidelijke richting door een andere buis gaat rijden zal deze eerder moeten uitbuigen en een watergang kruisen. Dit houdt in dat in de watergang een duiker en dam is gemaakt wat in de bestemming "water" is toegestaan maar dat het gebruik door verkeer over deze dam heen strijdig is met de bestemming water.

Het hoogheemraadschap Rijnland heeft toestemming gegeven om de werken uit te voeren en is akkoord met de aanpassing van de bestemming.

Net als bovenstaande zal dit geen invloed hebben op de ruimtelijke hoofdstructuur

Beleid

Het project is het gevolg van gewijzigde Europese en landelijke wetgeving. De uitvoering en conform het nieuwe beleid
Het project is niet strijdig met Provinciaal beleid, regionaal en gemeentelijk beleid. beleid.

Stedenbouwkundige en landschappelijke onderbouwing.

De verkeer situatie bij de tunnel monden wijzigt maar dat is niet van invloed op de stedenbouwkundige structuur. Dit geldt ook voor de kruising met de sloot. de impact op de omgeving is minimaal.

4.1 Archeologie en Cultuurhistorie

Bij de opstelling van het bestemmingsplan is aangetoond dat er geen bijzondere waarden aanwezig zijn.

4.2 Bodem

Het betreft wijziging in gebruik van rijstroken en het in gebruik nemen van een deel busbaan dus n.v.t.

4.3 Explosieven.

Het betreft wijziging in gebruik van rijstroken en het in gebruik nemen van een deel busbaan dus n.v.t.

4.4 Externe veiligheid.

Het project heeft geen activiteiten die van toepassing zijn op externe veiligheid.

4.5 Flora en fauna

Het betreft wijziging in gebruik van rijstroken en het in gebruik nemen van een deel busbaan dus n.v.t.

4.6 Geluid

Het project heeft geen verkeer aantrekkende werking. Het geluidsniveau zal daardoor niet veranderen.

4.7 Geur en lichthinder

N.v.t. Zie argument geluid.

4.8 Kabels en Leidingen

Veel van de kabels en leidingen zijn in eigendom en de kabels en leidingen van derden worden in overleg met de desbetreffende eigenaren verlegd en/ of gekruist. Hiervoor is toestemming.

4.9 Luchthaven Indelingsbesluit Schiphol. (LIB)

Het project valt binnen het Luchthaven gebied (LHG). Er is een interne afweging gemaakt. Het project is niet conflicterend met het gebruik van startbanen en radar apparatuur.

4.10 Luchtkwaliteit

Er is geen verkeer aantrekkende werking derhalve is er geen verandering in de situatie

4.11 Milieu effect rapportage

N.v.t. er is geen sprake van een ruimtelijke ontwikkeling. Bestaande stromen worden ter plaatse anders geleid.

4.12 Milieu zonering

N.v.t. er is geen sprake van een ruimtelijke ontwikkeling. Bestaande stromen worden ter plaatse anders geleid. Er is geen toename van activiteit.

4.13 Monumentaliteit

Niet van toepassing

4.14 Privaatrechtelijke belemmeringen

De grond is in eigendom van Schiphol Nederland BV en Schiphol Real Estate en het plan (bestemming) grenst aan de rijksweg 4 van Rijkswaterstaat. Het is niet aannemelijk dat er bezwaar gemaakt gaat worden tegen dit plan.

Er is afstemming geweest met Stadsregio omdat door de aanpassing van de inritten en de toepassing van verkeerslichten de rijtijden van het openbaar vervoer iets toenamen. Er zijn afspraken gemaakt over de compensatie waarmee de bezwaren van vervoerders en vervoerregio Amsterdam (voorheen stadsregio) zijn weggenomen.

4.15 Verkeer

Het betreft een verkeersproject. Zie inleiding en doel en het project

5.1 economische uitvoerbaarheid

Financiële verantwoording.

- Schiphol Nederland bv is eigenaar en wegbeheerder en draagt zorg voor de financiering van het project
- Er is geen sprake van een aangewezen bouwplan
- Er zal geen planschade risicoanalyse worden gemaakt. Er is overeenstemming met de vervoersregio Amsterdam over de aangepaste dienstregeling voor het openbaar vervoer

5.2 Maatschappelijke uitvoerbaarheid

Er zijn geen direct omwonenden. In de vervoerstudie is aangetoond dat de tunnel capaciteit voldoende blijft om het verkeer in af te handelen.

Het is niet aannemelijk dat er door derden bezwaar wordt gemaakt.

Deventer
Snipperlingsdijk 4
7417 BJ Deventer
T +31 (0)570 666 222
F +31 (0)570 666 888
Postbus 161
7400 AD Deventer

Den Haag
Casuariestraat 9a
2511 VB Den Haag

Eindhoven
Flight Forum 92-94
5657 DC Eindhoven

Leeuwarden
F. HaverSchmidtwei 2
8914 BC Leeuwarden

Amsterdam
De Ruyterkade 143
1011 AC Amsterdam

Schiphol Group

Verkeersveiligheidsanalyse A2A

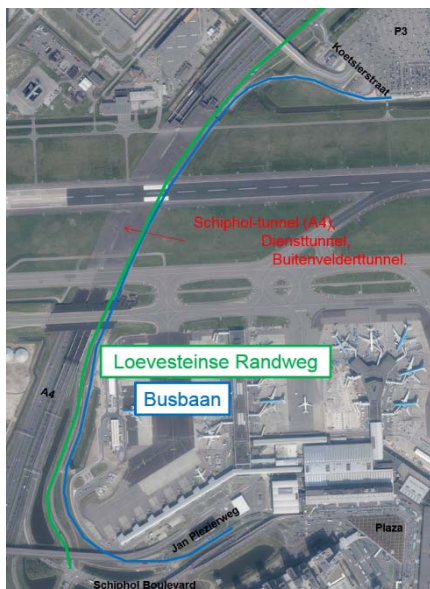
Datum
Kenmerk
Eerste versie

2 juli 2015
LSH055/Twj/0288.01

1 Inleiding

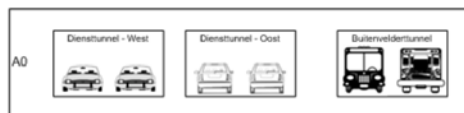
1.1 Nieuwe tunnelwet vergt aanpassing

Met de komst van de nieuwe tunnelwet in 2013 is Schiphol genoodzaakt haar tunnels aan te passen. Op het landzijdige gebied van de luchthaven betreft dit twee tunnels: de Diensttunnel en de Buitenveldertunnel. Dit zijn de meest oostelijke tunnels in de hiernavolgende situatieschets.



Figuur 1.1: Situatieschets

In de huidige situatie is de vormgeving van de tunnel zoals weergegeven in figuur 1.2. Elke tunnelbuis kent twee rijstroken. De Diensttunnel wordt gebruikt door regulier wegverkeer; één tunnelbuis per richting. De Buitenveldertunnel wordt in twee richtingen gebruikt door busverkeer.



Figuur 1.2: Huidige configuratie

1.2 Reeds uitgevoerd: quick scan verkeerskundig functioneren alternatieven

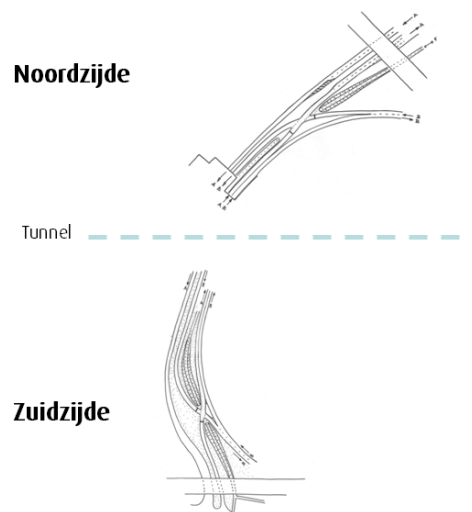
Eerder dit jaar zijn alternatieven voor het gebruik van de beschikbare tunnelbuizen op basis van een quick scan kwalitatief beoordeeld op hun verkeerskundige functioneren (zie notitie 'Alternatievenbeoordeling tunnelveiligheid Schiphol' met kenmerk LSH052/Twj/0266.02 d.d. 24 maart 2015). De alternatieven zijn op basis van het huidige gebruik beoordeeld op verkeersveiligheid, effect op het busverkeer, effect op het overige (lokale) wegverkeer en de robuustheid. Daarnaast is de toekomstvastheid van de alternatieven bepaald op basis van het verwachte toekomstige gebruik.

De quick scan heeft geleid tot twee verkeerskundige acceptabele alternatieven:

- A1 - installaties aanbrengen, terug naar één rijstrook per richting in de Diensttunnel, verder geen verandering in de configuratie (zie figuur 1.3).
- A2(A) - een aangepaste configuratie, de Diensttunnel voor verkeer richting het zuiden, de Buitenveldertunnel voor verkeer richting het noorden. Hierbij wisselen het autoverkeer in noordelijke richting en het busverkeer in zuidelijke richting van positie (zie figuur 1.4). Deze positiewisseling vindt plaats ten noorden en ten zuiden van de tunnel, waarbij auto en bus elkaar kruisen met de bus in de voorrang (geregeld met verkeerslichten).



*Figuren 1.3 en 1.4: Alternatief A1 - geen configuratie verandering, wel in capaciteit (links)
Alternatief A2 - verandering in configuratie en capaciteit (rechts)*



Figuur 1.5: Inpassingsvariant van Alternatief A2, variant A2A

Naast A2A is ook een andere inpassingsvariant (A2B) beschouwd, waarbij de kruising van auto en bus bij bestaande kruispunten plaatsvindt. Uit de vergelijking blijkt dat alternatief A2B afvalt vanwege de hoge kosten voor de bosexploitatie en de negatieve gevolgen voor het lokale verkeer. De alternatieven A1 en A2A ontlopen elkaar niet veel en zijn verkeerskundig beide acceptabele alternatieven. Beide alternatieven hebben wel andere verkeerskundige voor- en nadelen. Voor alternatief A1 geldt dat er verkeerskundig geen nieuwe knelpunten ontstaan, maar dat bij incidenten of werkzaamheden in de tunnel blokrijden ingezet zal moeten worden. Voor alternatief A2A geldt daarentegen dat het alternatief volledig aan de tunnelwet voldoet en het daarmee in de tunnel ook veiliger is, het alternatief robuust is en geen blokrijden ingezet hoeft te worden. Daarentegen wordt op verkeersveiligheid vóór de tunnel en de afwikkeling van de bus en lokaal verkeer iets ingeleverd.

1.3 Nu: nader ingaan op verkeersveiligheid alternatief A2A

Schiphol wil in dit stadium graag meer inzicht in de verkeersveiligheid van alternatief A2A. Schiphol heeft Goudappel Coffeng BV daarom gevraagd nader op de verkeersveiligheid van de twee nieuwe kruispunten binnen alternatief A2A in te gaan, en te beoordelen of de verkeersveiligheid van deze kruispunten verkeersveilig (acceptabel) vormgegeven kan worden.

1.4 Leeswijzer

In deze notitie ligt de focus op verkeersveiligheid van alternatief A2A. Zowel kwantitatief (hoofdstuk 2) als kwalitatief (hoofdstuk 3) wordt ingegaan op de twee nieuwe kruispunten die binnen deze variant worden gerealiseerd. In hoofdstuk 4 worden de resultaten als een zelfstandig leesbaar hoofdstuk samengevat.

2 Kwantitatieve analyse kruispunt

2.1 Theorie

Ongevalsdata

Verkeersonveiligheid kan op verschillende manieren (objectief) gemeten worden. Traditioneel is de verkeersveiligheidsbeoordeling van kruispunten sterk gebaseerd op geregistreerde ongevallen en slachtoffers. Dit kan zowel van het bestaande kruispunt of van vergelijkbare situaties. De kruispunten aan de noord- en zuidkant van de tunnel betreffen echter nog niet bestaande kruispunten. Hier is dus nog geen ongevalsdata van beschikbaar. Bovendien is ook de situatie met eenrichtingsverkeer nabij een tunnelmond vrij uniek.

Conflictobservatie

Een andere manier om de onveiligheid uit te drukken, is kijken naar het gedrag van verkeersdeelnemers en conflicten: conflictobservatie. Ernstige conflicten kennen een sterke relatie met werkelijke ongevallen. Het doel van conflictobservatie is echter niet het voorspellen van absolute aantallen ongevallen, maar het opsporen en analyseren van onveilige situaties. Conflicten zijn situaties waarbij twee of meer weggebruikers elkaar benaderen in ruimte en tijd, waarbij een botsing onvermijdelijk is als hun koers onveranderd blijft. De ernst van een conflict wordt bepaald door de tijd die overblijft tot een botsing plaatsvindt (time-to-collision).

Bij een conflictobservatie wordt door getraind personeel het aantal (ernstige) conflicten in beeld gebracht met behulp van time-to-collision (TTC) en post-encroachment-time (PET), zie kader. Om deze te kunnen bepalen, zijn variabelen als snelheid en de afstand tot het denkbeeldige botspunt van belang. Naast het feit dat conflictobservatie een arbeidsintensieve methode is, is observatie van een nog niet bestaand kruispunt niet mogelijk.

Time To Collision (TTC)

De tijd die nodig is om twee weggebruikers te laten botsen indien geen ontwijkingsactie of remmanoeuvre plaatsvindt. Hoe lager de TTC, des te groter de kans op een ongeval.

Post Encroachment Time (PET)

De PET geeft het risico op een botsing aan en is gedefinieerd als de tijd tussen het moment dat het eerste voertuig het pad van het tweede voertuig verlaat en het tweede voertuig het pad van het eerste voertuig bereikt. Een kleine verandering van de rijkoers of -snelheid kan leiden tot een reële botsing. Ook hier geldt hoe lager de PET, des te groter de kans op een

Microsimulatie

Wat wel mogelijk is, is de toepassing van een microsimulatiemodel. In een microsimulatie wordt de werkelijkheid nagebootst op de schaal van individuele verkeersdeelnemers, zodat reële voertuiginformatie verkregen kan worden. Onder deze voertuiginformatie bevinden zich de variabelen om ernstige conflicten te definiëren (zoals de snelheid en afstand tot denkbeeldige botspunten). Om op basis van de output van verkeerssimulatiemodellen iets over verkeersveiligheid te kunnen zeggen, is het Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) ontwikkeld. SSAM gebruikt algoritmen om conflicten te bepalen op basis van voertuigtrajecten, gegenereerd door een verkeerssimulatiemodel. Het model bepaalt op basis van de TTC en de PET die ook wordt gebruikt bij conflictobservatie of er sprake is van een conflict. Daarbij worden drie typen conflicten onderscheiden: kop-staart, flank en rijstrookwisselingen¹. Het model is niet bedoeld om exacte ongevallen te prognosticeren, maar het geeft wel een indicatie van de mogelijke te verwachte conflicten bij een bepaalde kruispuntvormgeving.

¹ Een studie naar de relatie tussen het aantal ingeschatte en waargenomen conflicten laat zien dat het aantal kop-staart- en flankconflicten (na juiste kalibratie) redelijk ingeschat kan worden, maar dat het aantal conflicten van het type rijstrookwissel door SSAM duidelijk onderschat wordt, zie meer hierover in 'F. Huang et al./Accident Analysis and Prevention 50 (2013) 1014-1024'.

Toepassing

Voor de beoordeling van de kruispuntveiligheid is gebruik gemaakt van het verkeerssimulatiemodel *vissim* en *SSAM*. Het aantal conflicten is uitgezet tegen het aantal passerende voertuigen, zodat een risicocijfer ontstaat tussen de 0 en 1. Hoe lager de waarde, hoe veiliger het kruispunt. In de praktijk zal het risicocijfer overigens een stuk dichterbij 0 liggen dan bij 1. Het risicocijfer dient met enige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd. De toepassing van *SSAM* en de daarop gebaseerde risicocijfers staan nog in de kinderschoenen en zijn daarom nog beperkt vergelijkingsmateriaal. Om enig vergelijkingsmateriaal te verkrijgen, is niet alleen naar de twee nieuwe kruispunten gekeken, maar ook naar drie andere kruispunten op Schiphol: een kleine benchmark. Overigens laat de verkeersveiligheid van een kruispunt zich niet volledig in kwantiteiten vatten; er zijn altijd gedrags- of vormgevingsaspecten die zich niet in een model laten vatten. Er zal daarom ook kwalitatief naar de toekomstige kruispunten worden gekeken: in hoofdstuk 3 worden ontwerpadvies en aandachtspunten meegegeven.

2.2 De twee nieuwe kruispunten

De nieuwe kruispunten aan de noord- en zuidzijde van de tunnel zijn grotendeels vergelijkbaar:

- een kruising van busbaan en openbare weg beide in één richting;
- geregeld met een verkeerslicht;
- fietsverkeer passeert ongelijkvloers;
- dezelfde voertuigen passeren beide kruispunten, zowel bus als overige voertuigen.

Er is echter ook een verschil. Het zuidelijk kruispunt ligt nog in de bebouwde kom, waardoor de maximumsnelheid hier 50 km/h is, buiten de bebouwde kom bij het noordelijk kruispunt geldt een maximumsnelheid van 70 km/h. Een ander verschil is dat het kruispunt aan de zuidzijde dicht bij een ander geregeld kruispunt ligt, waardoor het verkeer meer in colonnes aankomt, bij het noordelijk kruispunt komt het verkeer meer verspreid aan.

De verschillen zie je ook terug in het gesimuleerde conflictenbeeld. Bij beide kruispunten zijn het vooral kop-staartconflicten. Dit is een herkenbaar beeld bij geregelde kruispunten. Bij het zuidelijk kruispunt worden meer conflicten verwacht, hetgeen wordt verklaard door de colonnevormige aankomst van voertuigen. De verwachting is dat de conflicten of mogelijke ongevallen bij het noordelijk kruispunt ernstiger zijn door de hogere snelheid, dit komt echter niet in het aantal conflicten tot uitdrukking.

2.3 Benchmark

Zoals aangegeven, is duiding van resultaten nog lastig. Wat zegt een x aantal conflicten op het kruispunt? Het aantal berekende ernstige conflicten op de twee nieuwe kruispunten is eerst gerelateerd aan de intensiteiten. Hierdoor ontstaat een risicomaat die vervolgens is vergeleken met andere kruispunten op Schiphol. Als vergelijking zijn de volgende kruispunten beschouwd:

- kruispunt Verbindingsweg - busbaan (nieuw kruispunt nabij de Schipholweg op Schiphol Noord), het kruispunt is geregeld met verkeerslichten;
- Jan Plezierweg - busbaan, de busbaan zit in de voorrang;
- Handelskade - Westelijke Randweg, 4-takskruispunt geregeld met verkeerslichten, op dit kruispunt kruist de bus in één richting het overige verkeer in één richting.

Op alle kruispunten zijn conflicten met langzaam verkeer (fietsers en voetgangers) buiten beschouwing gelaten.

Bij het bepalen van het risico zijn alle typen conflicten samen genomen, waardoor elk conflict even zwaar meetelt. Er is echter wel onderscheid in de te verwachten conflicten en de ernst ervan. Bij de met verkeerslichten geregelde kruispunten is het gros van de conflicten van het type 'kop-staart'. Bijna alle beschouwde kruispunten hebben een verkeerslicht. Alleen de Jan Plezierweg is een voorrangskruispunt. In tabel 2.1 zijn de berekende risico's per kruispunt en periode weergegeven.

kruispunt	ochtendspits	avondspits	restdag	etmaal
kruispunt noordzijde tunnel	0,007	0,003	0,002	0,002
kruispunt zuidzijde tunnel	0,019	0,014	0,010	0,011
Jan Plezierweg	0,001	0,002	0,003	0,002
Westelijke Randweg	0,020	0,016	0,015	0,016
Schiphol Noord	0,017	0,018	0,015	0,015

Tabel 2.1: Berekend conflictrisico per periode

De benchmark op basis van het risico op berekende conflicten geeft aan dat de twee nieuwe kruispunten nabij de tunnels geen hoger conflictrisico kennen dan de andere geregelde en beschouwde kruispunten op Schiphol. Op het kruispunt met de Jan Plezierweg is het conflictrisico wel lager, maar betreft het allemaal flankongevallen. Over het algemeen kennen flankongevallen een ernstigere afloop dan kop-staartongevallen. In tabel 2.2 is de verdeling van de door het model ingeschatte type ongeval weergegeven.

kruispunt	kop-staart	flank	rijstrookwissel*
kruispunt noordzijde tunnel	100%	0%	0%
kruispunt zuidzijde tunnel	100%	0%	0%
Jan Plezierweg	0%	100%	0%
Westelijke Randweg	98%	1%	1%
Schiphol Noord	100%	0%	0%

* Onderschatting (zie ook voetnoot 1) enkel van toepassing op Westelijke Randweg, omdat daar meerdere rijstroken/opstelvakken zijn.

Tabel 2.2: Verdeling over de typen conflicten

2.4 Ongevallenbeeld

Van de kruispunten uit de benchmark bestaan twee kruispunten lang genoeg om hier relevante verkeersongevallendata van te laten zien. Het betreft het kruispunt met de Jan Plezierweg en het kruispunt met de Westelijke Randweg - Handelskade. Op basis van ongelukkenstaanhier.nl is inzicht verkregen in de geregistreerde ongevallen in de periode 2007-2013.

datum	tijd	p1	p2	gewond	dood	toedracht
6 september 2012	18h03	bus	bus	3	0	geen voorrang verlenen
16 juli 2012	15h19	personenauto	bus	0	0	geen voorrang verlenen
22 april 2009	13h49	personenauto	bus	2	0	geen voorrang verlenen
30 mei 2008	16h13	bestelauto	bus	0	0	geen voorrang verlenen
17 april 2008	14h46	personenauto	bus	1	0	geen voorrang verlenen
17 april 2008	18h40	personenauto	bus	0	0	geen voorrang verlenen

Tabel 2.3: Geregistreerde ongevallen Jan Plezierweg - busbaan

datum	Tijd	p1	p2	gewond	dood	toedracht
17 juni 2013	13h00	bestelauto	bromfiets	1	0	geen voorrang verlenen
15 april 2013	14h22	personenauto	personenauto	0	0	onvoldoende afstand
14 september 2010	23h37	bestelauto	personenauto	0	0	fout door bocht
21 juni 2010	00h55	personenauto	personenauto	0	0	
22 mei 2009	22h49	personenauto	personenauto	0	0	negeren rood licht
26 maart 2009	13h49	personenauto	bestelauto	0	0	negeren rood licht
18 maart 2009	14h20	personenauto	personenauto	0	0	onvoldoende afstand
12 oktober 2007	17h06	personenauto	personenauto	0	0	fout inhalen/snijden
16 mei 2007	07h03	trekker met oplegger	bus	0	0	fout door bocht
6 maart 2007	21h09	bestelauto	personenauto	0	0	fout door bocht

Tabel 2.4: geregistreerde ongevallen Westelijke Randweg - Handelskade

Op het kruispunt met de Jan Plezierweg betreft het ook in werkelijkheid conflicten van het type flank (geen voorrang verlenen). Ook valt de ernst van de ongevallen op: relatief veel gewonden. Op het kruispunt met de Westelijke Randweg - Handelskade is het ongevallenbeeld meer divers: van onvoldoende afstand bewaren (kop-staart) tot negeren rood licht.

2.5 Conclusie

De nieuwe kruispunten zijn op basis van het aantal berekende conflicten niet onveiliger dan andere beschouwde kruispunten op Schiphol. Er worden op de nieuwe kruispunten vooral kop-staartconflicten verwacht. Op basis van de kwantitatieve analyse worden bij het zuidelijk kruispunt meer kop-staartconflicten verwacht. Dit wordt veroorzaakt doordat het autoverkeer in colonnes komt aanrijden. Bij de nadere uitwerking van het kruispunt vormt dit een aandachtspunt. Omdat de verkeersveiligheid in belangrijke mate wordt bepaald door gedrag en inrichting, kan niet alleen worden volstaan met een kwantitatieve analyse.

3 Kwalitatieve analyse

De kwantitatieve analyse zegt iets over de verkeersveiligheid op basis van de kruispuntvorm (geregeld of niet en globale ontwerpaspecten) en het gebruik (aantal voertuigen). Het houdt echter geen rekening met gedrag van weggebruikers en specifieke ontwerpaspecten (zicht, omgeving, afleiding). Omdat de verkeersveiligheid in belangrijke mate wordt bepaald door de inrichting, kijken we in dit hoofdstuk ook naar de kwalitatieve verkeersveiligheid. We baseren ons op de principetekeningen, zoals weergegeven in figuur 1.3. Deze tekeningen zijn indicatieve schetsen.

3.1 Snelheid

De maximumsnelheid op het zuidelijk kruispunt is 50 m/h voor auto- en busverkeer. Voor het noordelijk kruispunt is de maximumsnelheid van auto- en busverkeer 70 km/h. Voor het busverkeer geldt dat in de huidige bocht voor het kruispunteinde 50 km/h geldt. Er geldt daarom voor het busverkeer officieel 80 km/h. In de praktijk wordt deze snelheid in de bocht nog niet gehaald.

Belangrijk bij het uiteindelijke ontwerp is dat de boogstralen en verkanting (in verband met comfort) op de snelheid worden afgestemd. Dit geldt ook voor de afstand van de detectielussen en signalering, zodat nog op tijd kan worden gestopt.

3.2 Filedetectie en koppeling

In principe geldt prioriteit voor de bus, zowel op het zuidelijk als noordelijk kruispunt. Voor het zuidelijk kruispunt geldt dat terugslag naar het daarvoor gelegen kruispunt voorkomen moet worden, en voor het noordelijk kruispunt geldt dat te allen tijde terugslag in de tunnel moet worden voorkomen. De afstand van het zuidelijk kruispunt tot het kruispunt met de Schiphol Boulevard en de afstand van het noordelijk kruispunt tot de uitgang van de tunnel is in beide gevallen circa 135 meter. Met behulp van filedetectie voor het kruispunt en in de tunnel kan terugslag gesignaleerd worden en kan voorrang worden verleend aan het autoverkeer. Dit kan ervoor zorgen dat de bus ook moet stoppen.

Voor het zuidelijk kruispunt geldt dat uit de kwantitatieve analyse (zie hoofdstuk 2) een grote kans op kop-staartconflicten kan worden verwacht door de clustervorming van het verkeer bij het kruispunt met de Schiphol Boulevard. Door een slimme koppeling van de twee kruispunten kunnen conflicten met de bus voorkomen worden en daarmee de kans op kop-staartconflicten worden teruggedrongen. Bij het definitieve ontwerp is een goede afstemming met het kruispunt op de Schiphol Boulevard van belang.

3.3 Haakse oversteek

Een haakse oversteek van bus- en rijbaan is wenselijk. Hierdoor ontstaat geen verwarring over de te rijden richting en is er over het algemeen goed zicht. Bij een schuine oversteek is er wel goed zicht op het naderende voertuig, maar ontbreekt het totale overzicht. Bij het zuidelijk kruispunt is er voldoende ruimte om een haakse oversteek in te richten. Hierdoor vindt de uitwisseling in de principeschets verder van de tunnel plaats dan aan de noordzijde: hier is meer ruimte voor een haakse oversteek. Bij het noordelijk kruispunt is er minder ruimte en geen haakse oversteek geschetst. Dit vergt extra aandacht voor het ontwerp om de doorgaande richting duidelijk te maken. Dit kan met behulp van de verkeerslichten, markering en verlichting (zie ook hierna). Ook is het aan te bevelen op de busbaan in beide richtingen een inrijverbodbord te plaatsen. Dit verhoogt de herkenbaarheid van busbanen.

3.4 Verkeerslichten

Voor de bus worden op de rest van het tracé vaak negenogen gebruikt en voor het overige verkeer reguliere rood/groen lampen. Bij het zuidelijk kruispunt is het zicht goed en de snelheid relatief laag. Hier voldoen de negenogen voor de bus. Bij het noordelijk kruispunt geldt voor de bus dat deze uit een bocht komt en het zicht op het kruisende autoverkeer slecht is door hekwerken en afrastering langs de weg. Er moet dus volledig op de lichten vertrouwd worden. Ook al heeft de bus meestal voorrang, door terugslag in de tunnel kan het voorkomen dat ook de bus voorrang moet geven. Duidelijke signalering voor de bus is daarom gewenst. Voor de bus wordt daarom bij dit kruispunt de voorkeur gegeven aan reguliere lampen (verkeerslicht met rood, oranje en groen), deze zijn beter zichtbaar dan de negenogen die voor bussen vaak gebruikt worden.

Voor het overige verkeer geldt op het zuidelijk kruispunt geen specifieke aandachtspunten. Op het noordelijk kruispunt wel. Men komt vanuit de tunnel met een helling op het nieuwe kruispunt afrijden. Ook andersom is het zicht van de auto op de bus van een afstand slecht, pas als het kruispunt genaderd wordt is er goed zicht op de bus. Een goede zichtbaarheid van het kruispunt en de verkeerslichten is daarom van belang. De helling omhoog vraagt om een portaal met verkeerslichten boven de weg. Vanuit de tunnel beperkt het tunneldak het zicht op portalen. Daarom is een lamp (verkeerslicht) naast de stopstreep ook gewenst. Voor extra sturing (in verband met de niet-haakse hoek) kan een verkeerslicht met pijl in de lamp worden ingezet bij het noordelijk kruispunt.

3.5 Markering

In het geval de verkeerslichten niet werken, moet het verkeer op een andere manier geregeld worden. Dit kan met markering. Op de rest van de busbaan komt zowel voorrang voor de bus als voor het autoverkeer voor. Voor het noordelijk kruispunt vraagt de niet-haakse hoek voor een duidelijker accentuering van de rijrichting voor het autoverkeer. De weggebruiker is geneigd rechts te houden, als hij dit doet rijdt hij de busbaan op. Andersom geldt dat als de busbestuurder rechts houdt, dan wordt de busbaan vervolgd. Bovendien komt het autoverkeer net uit een tunnel en moet nog wennen aan het nieuwe verkeersbeeld en zijn busbestuurders meer bekend met de situatie. Extra geleiding van het autoverkeer is daarom gewenst. Met behulp van markering kan de rijlijn voor het autoverkeer worden doorgezet en kunnen haaiantanden worden geplaatst voor de bus. In geval van een storing van de verkeerslichten moet het busverkeer dan ten behoeve van de veiligheid voorrang verlenen. Voor het zuidelijk kruispunt is de voorrang voor autoverkeer van minder belang, maar om aansluiting te zoeken bij het nabije kruispunt wordt ook hier geadviseerd de auto in de voorrang te realiseren voor het geval de verkeersregelininstallatie niet werkt.

3.6 Verlichting

De verlichting kan ook worden gebruikt om het verloop van het tracé te accentueren. Nu wordt dat zowel voor de bus- als rijbaan voor het overige verkeer gedaan. Omdat voor het overige verkeer meer duiding gewenst is, wordt geadviseerd om de verlichting de rijbaan van het overige verkeer te laten volgen. Ook kan men type of kleur van de lichtmasten gebruiken ten behoeve van de herkenning. Er wordt geadviseerd om bij het verdere ontwerp goed te kijken naar de positie van de lichtmasten. Bestuurders zijn geneigd naar het licht te rijden, door slim gebruik te maken van de locatie van de verlichting kan het verkeer hiermee de goede kant op worden gestuurd.

3.7 Conclusie

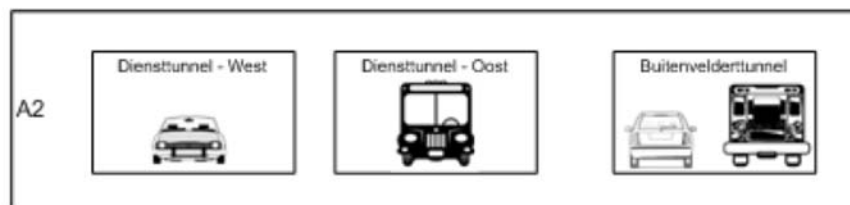
De kwalitatieve aandachtspunten richten zich hoofdzakelijk op het noordelijk kruispunt. Dit kruispunt vraagt voor de vormgeving om meer aandacht door slecht zicht, geen ruimte voor het realiseren van een haakse kruisingshoek, waardoor de auto, die gewend is om rechts te houden, eerder geneigd is om de busbaan op te rijden. Met behulp van markering (bus uit de voorrang bij niet-werkend verkeerslicht), accentuering van de rijrichting met een pijl in het verkeerslicht en het doorzetten van verlichting langs de rijbaan voor het autoverkeer wordt het voor de automobilist duidelijk welke richting hij moet rijden. Door de verkeerslichten zowel boven de weg (met portaal) als naast de weg te plaatsen, ontstaat goed zicht op het kruispunt vanuit de tunnel en de helling. Voor een beter zicht op het kruispunt voor de bus wordt geadviseerd geen negenoog, maar een regulier verkeerslicht te plaatsen.

Omdat uit de kwantitatieve analyse naar voren kwam dat juist het zuidelijk kruispunt een aandachtspunt vormt vanwege de colonnevorming, is hier ook kwalitatief nader op ingegaan. Het juist koppelen van het zuidelijk kruispunt met het kruispunt met de Schiphol Boulevard kan de kans op kop-staartongevallen verkleinen.

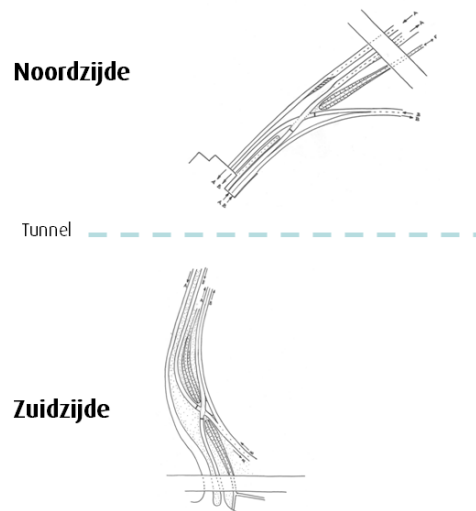
4 Resumé

4.1 Nieuwe tunnelwet vergt aanpassing

Met de komst van de nieuwe tunnelwet in 2013 is Schiphol genoodzaakt haar tunnels aan te passen. Op het landzijdige gebied van de luchthaven betreft dit twee tunnels: de Diensttunnel en de Buitenvelderttunnel. Een eerdere quick scan naar de verkeerskundige gevolgen van verschillende alternatieven voor het gebruik van de beschikbare tunnelbuizen heeft geleid tot twee verkeerskundige acceptabele alternatieven. Schiphol heeft een voorkeur voor alternatief A2 (zie figuur 4.1), mits inpassingsvariant A2A (zie figuur 4.2) verkeersveilig is.



Figuur 4.1: Alternatief A2 - verandering in configuratie en capaciteit



Figuur 4.2: Inpassingsvariant van Alternatief A2, variant A2A

Het alternatief kenmerkt zich door:

- een aangepaste configuratie (A2):
 - de Diensttunnel voor verkeer richting het zuiden,
 - de Buitenvelderttunnel voor verkeer richting het noorden;
- inpassing volgens variant A:
 - hierbij wisselen het autoverkeer in noordelijke richting en het busverkeer in zuidelijke richting van positie,
 - deze positiewisseling vindt plaats ten noorden en zuiden van de tunnel,
 - auto en bus kruisen elkaar met de bus in de voorrang (geregeld met verkeerslichten).

Voor alternatief A2(A) geldt dat het alternatief volledig aan de tunnelwet voldoet en daarmee in de tunnel ook veiliger is, het alternatief robuust is en geen blokrijden ingezet hoeft te worden, maar dat op verkeersveiligheid vóór de tunnel en de afwikkeling van de bus en lokaal verkeer iets wordt ingeleverd.

4.2 Is het robuuste alternatief A2A ook veilig genoeg?

Schiphol wil in dit stadium graag meer inzicht in de verkeersveiligheid van alternatief A2A. Schiphol heeft Goudappel Coffeng daarom gevraagd nader op de verkeersveiligheid van de twee nieuwe kruispunten binnen alternatief A2(A) in te gaan, en te beoordelen of de verkeersveiligheid van deze kruispunten verkeersveilig (acceptabel) vormgegeven kunnen worden.

Zowel kwantitatief als kwalitatief is ingegaan op de twee nieuwe kruispunten die binnen deze variant worden gerealiseerd. Kwantitatief is gebruik gemaakt van een microsimulatiemodel, kwalitatief zijn ontwerpadviezen meegegeven om de verkeersveiligheid van de kruispunten te verbeteren.

4.3 Alternatief veiliger door voldoen aan tunnelwet

De aangepaste configuratie in de tunnel zorgt voor meer veiligheid. Door te voldoen aan de tunnelwet, wordt een veiligheidsrisico uit de huidige situatie aangepakt: geen tegengesteld verkeer meer in de tunnelbuizen.

4.4 Nieuwe kruispunten zijn relatief veilig (kwantitatief)

Op basis van een kwantitatieve analyse, een benchmark met een microsimulatiemodel kan gezegd worden dat de nieuwe kruispunten op basis van het aantal berekende conflicten niet onveiliger zijn dan andere beschouwde kruispunten op Schiphol. Zoals op elk kruispunt met verkeerslichten worden op de nieuwe kruispunten vooral kop-staartconflicten verwacht. Op basis van de kwantitatieve analyse worden bij het zuidelijk kruispunt meer kop-staartconflicten verwacht. Dit wordt veroorzaakt doordat het autoverkeer in colonnes komt aanrijden. Bij de nadere uitwerking van het kruispunt vormt dit een aandachtspunt. Omdat de verkeersveiligheid in belangrijke mate wordt bepaald door gedrag en inrichting, vormt het ontwerp een belangrijk aandachtspunt.

4.5 Aandachtspunten voor een veiliger ontwerp (kwalitatief)

De kwalitatieve aandachtspunten voor het ontwerp richten zich hoofdzakelijk op het noordelijkkruispunt. Dit kruispunt vraagt voor de vormgeving meer aandacht door slecht zicht, geen ruimte voor het realiseren van een haakse kruisingshoek waardoor de auto, die gewend is om rechts te houden, eerder geneigd is om de busbaan op te rijden. Met behulp van markering (bus uit de voorrang bij niet-werkend verkeerslicht), accentuering van de rijrichting met een pijl in het verkeerslicht en het doorzetten van verlichting langs de rijbaan voor het autoverkeer, wordt het voor de automobilist duidelijk welke richting hij moet rijden. Door de verkeerslichten zowel boven de weg (met portaal) als naast de weg te plaatsen, ontstaat goed zicht op het kruispunt vanuit de tunnel en de helling. Voor een beter zicht op het kruispunt voor de bus wordt geadviseerd geen negenoog, maar een regulier verkeerslicht te plaatsen.

Omdat uit de kwantitatieve analyse naar voren kwam dat juist het zuidelijk kruispunt een aandachtspunt vormt vanwege de colonnevorming, is hier ook kwalitatief nader op ingegaan. Het juist koppelen van het zuidelijk kruispunt met het kruispunt met de Schiphol Boulevard kan de kans op kop-staartongevallen aanzienlijk verkleinen.

4.6 Met inachtneming van ontwerpadviezen is alternatief A2A veilig

Met het introduceren van twee nieuwe kruispunten ontstaat een extra risico op conflicten en ongevallen. Dit blijkt ook uit de kwantitatieve analyse. Dit is echter inherent aan het realiseren van infrastructuur en de aanwezigheid van verkeer. Uit de benchmark blijkt ook dat het risico niet groter is dan op andere beschouwde kruispunten op Schiphol. De vormgeving is wel een aandachtspunt, maar met inachtneming van de ontwerpadviezen wordt hieraan tegemoetgekomen en ontstaat een veilig ontwerp.