

## Efectis Nederland-rapport

### 2011-Efectis-R0611

## Addendum modellering ProTuvem v2.0

Efectis Nederland BV  
Centrum voor Brandveiligheid  
Lange Kleiweg 5  
Postbus 1090  
2280 CB Rijswijk

[www.efectis.nl](http://www.efectis.nl)

T 088 fire safety (088 3473 723)

F 088 3473 724

E [nederland@efectis.com](mailto:nederland@efectis.com)

Datum	juli 2011
Auteur(s)	Ir. A.D. Lemaire Ir. R.J.M. van Mierlo
Aantal pagina's	14
Aantal bijlagen	-
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur Postbus 20000 3502 LA UTRECHT
Projectnaam	Verificatie en aanpassing softwarepakket ProTuvem
Projectnummer	2010.507

Alle rechten voorbehouden.

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

Indien dit rapport in opdracht werd uitgevoerd, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoekopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het Efectis-rapport aan direct belang-hebbers is toegestaan.

© 2011 Efectis Nederland BV: een TNO bedrijf

Voor u ligt een rapport van Efectis Nederland BV (voorheen TNO Centrum voor Brandveiligheid). Efectis Nederland BV en het zusterbedrijf Efectis Frankrijk, zijn sinds 1 januari 2008 volle dochters van de Efectis Holding SAS, waarin TNO en het Franse CTICM, participeren. De activiteiten van het TNO Centrum voor Brandveiligheid zijn sinds 1 juli 2006 ondergebracht in Efectis Nederland BV. Dit is ingegeven door de internationale marktontwikkelingen en klantvragen. Om de klantvragen nog beter te kunnen beantwoorden, en een breder pakket aan diensten en faciliteiten van een hoge kwaliteit aan te kunnen bieden, is de internationale samenwerking verder uitgebreid. Dit is gedaan met ervaren, en in de brandveiligheids sector bekende, partners in Noorwegen (Sintef-NBL), Spanje (Afiti-Licof), Duitsland (IFT), de Verenigde Staten (South West Research Institute) en China (TFRI). Nadere informatie hierover is te vinden op onze website.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Windinvloeden .....</b>	<b>4</b>
2.1	Implementatie KNMI winddata.....	4
2.2	Winddrukval over portalen.....	4
<b>3</b>	<b>Weerstandskrachten .....</b>	<b>5</b>
3.1	Stromingsweerstand tunnelconstructie .....	5
3.2	Stromingsweerstand verkeer .....	5
3.3	Weerstandskracht brand .....	7
3.4	Weerstandskracht thermische trek.....	8
3.5	Stuwkracht aanjagers.....	8
<b>4</b>	<b>Luchttemperatuur in tunnel.....</b>	<b>10</b>
4.1	Uitgangspunten.....	10
4.2	Berekeningsmethode .....	10
<b>5</b>	<b>Probabilistische berekeningen.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Emissies, concentraties en lichtextincties .....</b>	<b>13</b>

# 1 Inleiding

Het tunnelventilatie programma ProTuVem versie 2.0 is vrijwel volledig gebaseerd op de berekeningsmethodiek zoals beschreven in de “Aanbevelingen Ventilatie van Verkeerstunnels, uitgave december 2005”, in het vervolg aangeduid met “AVV2005”.

De beschrijving in AVV2005 is echter op sommige onderdelen onvolledig, onduidelijk of niet meer volledig van toepassing. Op deze onderdelen heeft Efectis daarom een eigen invulling gegeven aan de berekeningsmethodiek. Onderhavig rapport beschrijft per onderdeel wat deze invulling inhoudt en hoe deze is geïmplementeerd in ProTuVem versie 2.0. Voor de leesbaarheid van het rapport worden ook de onderdelen vermeld waar de in AVV2005 beschreven methodiek wel volledig is gevolgd.

Het rapport behandelt achtereenvolgens:

- de implementatie van de KNMI winddata;
- de berekening van de winddrukval over de tunnelportalen;
- de berekening van de stromingsweerstand van de tunnelbuis en de tunnelportalen;
- de berekening van de stromingsweerstand van het stilstaand en rijdend verkeer;
- de berekening van de extra weerstand van de brand;
- de berekening van de weerstand door thermische trek (schoorsteen effect) bij brand;
- de berekening van de stuwkracht van de ventilatoren;
- de berekening van de temperatuur in de tunnel bij brand;
- de beperking van het aantal stochasten bij een probabilistische berekening tot: windrichting, windsnelheid en plaats brand;
- de berekening van de emissies, concentraties en lichtextinctie bij de scenario's zonder brand.

Aangenomen wordt dat de lezer kennis heeft genomen van de berekeningsmethodiek zoals beschreven in AVV2005 en dit handboek bij het lezen van onderhavig rapport bij de hand heeft.

## 2 Windinvloeden

### 2.1 Implementatie KNMI winddata

De probabilistische berekening van de luchtsnelheid in de tunnel is mede gebaseerd op de kansverdeling (frequentie) van de optredende windrichting en windsnelheden op 10 m hoogte. In bijlage B van AVV2005 worden hiervoor tabellen gegeven van de procentuele verdeling van de windfrequenties voor 6 KNMI weerstations. Deze tabellen zijn aangepast voor ProTuVem 2.0 door de windfrequenties in de kolom ‘veranderlijk stil weer’ evenredig te verdelen over de 12 vermelde windrichtingen en bij de oorspronkelijke windfrequenties van deze windrichtingen op te tellen. Ook wordt verondersteld dat de snelheidsintervallen lopen van 0,0 tot 1,0 m/s, van 1,0 tot 2,0 m/s enzovoort en niet van 0,0 tot 0,9 m/s, van 1,0 tot 1,9 m/s enzovoort zoals in de oorspronkelijke tabellen staat. De tabellen gaan uit van de door het KNMI gemeten windsnelheid en windrichting op 10 m hoogte boven het maaiveld.

Bij de probabilistische berekening wordt de windrichting gevarieerd van  $0^{\circ}$  t/m  $330^{\circ}$  in stappen van  $30^{\circ}$  en de windsnelheid van 0,01 m/s t/m 28 m/s in 28 stappen. Voor elke combinatie van windrichting en windsnelheid wordt de kans van optreden bepaald met behulp van de aangepaste tabel behorende bij het door de gebruiker opgegeven weerstation. Hiertoe bepaalt ProTuVem in welk windsnelheidsinterval de gegeven windsnelheid valt en in welk windrichtinginterval de gegeven windrichting. Vervolgens wordt de procentuele windfrequentie in de aangepaste tabel behorende bij deze intervallen gebruikt als kans van optreden van de betreffende combinatie.

### 2.2 Winddrukval over portalen

De winddrukval over de tunnelportalen wordt berekend conform de methode zoals beschreven in par. 6.4.4 op pag. 97 t/m pag. 101 van de AVV2005. De hiervoor benodigde coëfficiënten voor de berekening van de winddrukfactor  $CPI0$  worden bepaald met de in bijlage C gegeven methode en tabellen. Aangenomen is dat de gegeven coëfficiënten per rij vermeld staan in de volgorde: A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, B0, B1, B2, B3, B4, B5 en B6, zoals in de kopjes van de bovenste rij is aangegeven.

Voor de waarde van de windsnelheid  $u_w$  op pag. 100 van AVV2005 wordt de gecorrigeerde windsnelheid  $u_{w,corr}$  genomen die op pagina 99 is gedefinieerd. De gecorrigeerde windsnelheid  $u_{w,corr}$  is het product van de *omgevingsfactor* en de KNMI windsnelheid op 10 m hoogte. De *omgevingsfactor* kan in ProTuVem per windrichtinginterval van  $30^{\circ}$  worden opgegeven, beginnend met het interval van  $345^{\circ}$  tot  $15^{\circ}$ . De omgevingsfactor is het product van de op pag. 99 van AVV2005 gedefinieerde *schaduwfactor voor blokkade van de wind uit een richting* en de *correctiefactor voor terreinaccidentatie*.

De winddrukval over de portalen is evenredig met de soortelijk massa van de lucht. Deze is altijd gelijk aan  $1,2 \text{ kg/m}^3$  d.w.z. de waarde bij omgevingstemperatuur. Er is dus verondersteld dat de eventuele hogere temperatuur van de uitstromende lucht geen significante invloed heeft op de winddrukval.

## 3 Weerstandskrachten

### 3.1 Stromingsweerstand tunnelconstructie

De stromingsweerstand van de tunnelconstructie wordt berekend conform de methode zoals beschreven in par. 6.4.2 op pag. 93 t/m pag. 95 van AVV2005. De weerstandkracht volgt uit het product van de berekende drukverschillen met de dwarsdoorsnede van de tunnelbuis.

De berekening van het stromingsverlies bij het uitgangsportaal gebeurt op basis van de soortelijke massa van de opgewarmde lucht. De weerstand door wandwrijving wordt eveneens berekend op basis van de soortelijke massa van de eventueel opgewarmde lucht.

De soortelijke massa van de lucht is afhankelijk van de luchttemperatuur en wordt bepaald met behulp van de ideale gaswet zoals op pag. 104 van AVV2005 aangegeven. Hierbij is de omgevingstemperatuur gelijk aan 293 K en de soortelijke massa van de omgevingslucht gelijk aan  $1,2 \text{ kg/m}^3$ .

De luchttemperatuur in de tunnel is afhankelijk van de plaats in de (lengterichting van de) tunnel en wordt berekend conform de in hoofdstuk 4 van dit rapport beschreven methode. Hiertoe wordt de tunnelbuis opgedeeld in kleine secties en wordt de luchttemperatuur op de grenzen van de secties berekend. Binnen een sectie wordt een lineair temperatuurverloop verondersteld.

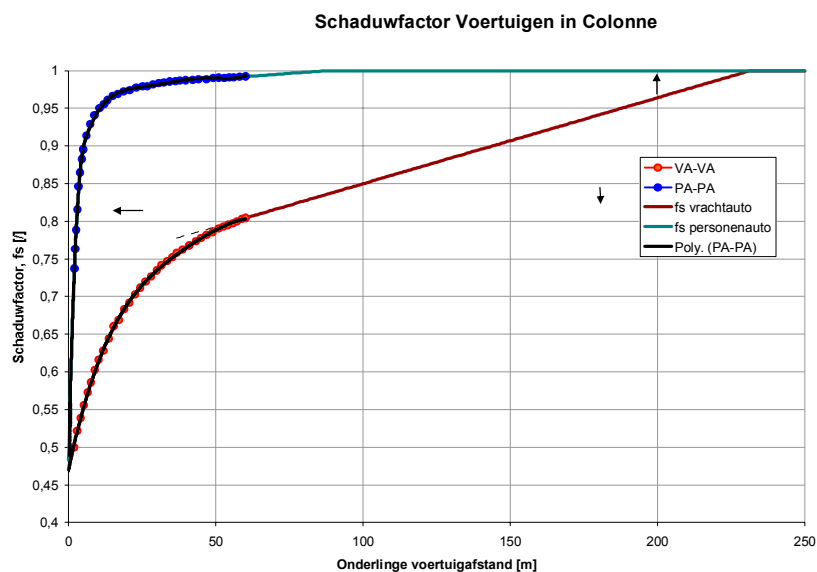
De weerstand door wandwrijving wordt per sectie berekend op basis van de soortelijke massa van de lucht zoals berekend uit het lineaire temperatuurverloop in de sectie. De weerstand voor de gehele tunnelbuis is de som van de weerstanden in elke sectie.

### 3.2 Stromingsweerstand verkeer

De stromingsweerstand van het verkeer wordt berekend conform de methode zoals beschreven in par. 5.1 op pag. 63 t/m pag. 65 en in par. 6.4.3 op pag. 95 t/m 97 van AVV2005. De formule op pag. 95 berekent de weerstandkracht (in N) van het verkeer en niet zoals abusievelijk vermeld de drukval- of toename door het verkeer. De formule sommeert de weerstandskracht van elk individueel voertuig. De weerstandskracht van een voertuig wordt vermenigvuldigd met de schaduwfactor behorende bij dat voertuig. Hiermee wordt rekening gehouden met het 'schaduweffect' of 'zoeffect' van de voertuigen die zich bovenwinds (stroomopwaarts) bevinden.

De gebruiker kan zelf de verkeersdichtheid per rijstrook bij gemengd verkeer opgeven of aangeven dat met de maximale verkeerdichtheid moet worden gerekend. De maximale verkeersdichtheid wordt dan berekend met de op pag. 64 gegeven formules. Het programma controleert of de opgegeven verkeersdichtheid niet groter is dan de maximale verkeersdichtheid en geeft hier een waarschuwing op.

De schaduwfactor  $f_s$  gegeven in figuur 6-7 van AVV2005 is geëxtrapoleerd naar grotere onderlinge voertuigafstanden. Dit wordt in figuur 3.1 getoond. De getoonde krommen zijn vervolgens benaderd met enkele polynomen.



Figuur 3.1: Schaduwfactoren voor vrachtauto's en personenauto's

Conform AVV2005 wordt aangenomen dat:

- de schaduwfactor  $f_{VA}$  voor een personenauto achter een vrachtauto gelijk is aan de schaduwfactor voor een vrachtauto achter een vrachtauto (kromme VA-VA in fig. 3.1)
- de schaduwfactor  $f_{PA}$  voor een vrachtauto achter een personenauto gelijk is aan de schaduwfactor voor een personenauto achter een personenauto (kromme PA-PA in fig. 3.1)

Als het verkeer alleen uit personenauto's en bestelauto's bestaat is de schaduwfactor voor elke personenauto/bestelauto gelijk aan  $f_{PA}$ . Er wordt dus aangenomen dat de weerstand van elke individuele personenauto/bestelauto alleen wordt beïnvloed door het voertuig waar het direct achter rijdt (of dat zich als eerste stroomopwaarts van de personenauto/bestelauto bevindt).

Als het verkeer alleen uit vrachtauto's bestaat geldt hetzelfde, maar dan betrokken op de schaduwfactor  $f_{VA}$ .

Bij gemengd verkeer is de schaduwfactor van elk voertuig gelijk aan de schaduwfactor  $f_{PA}$  ten gevolge van de personenauto/bestelauto waar het voertuig direct achter rijdt, of de schaduwfactor  $f_{VA}$  ten gevolge van de eerste vrachtauto die zich stroomopwaarts van het voertuig bevindt. ProTuVem 2.0 kiest de kleinste van de twee waarden.

Aangezien het zog van een vrachtwagen zich over meerdere personenauto's/bestelauto's kan uitstrekken, dient de schaduwfactor  $f_{VA}$  van elke personenauto/bestelauto die zich achter die vrachtwagen (dus tussen twee vrachtwagens) bevindt te worden bepaald. Als dat aantal geen geheel getal  $n$  is, maar bijvoorbeeld  $n+a$  wordt het aantal naar boven afgerond. Voor elke van de  $n+1$  voertuigen wordt de  $f_{VA}$  waarde bepaald en vervolgens de werkelijke  $f$ -waarde op basis van het minimum van de  $f_{VA}$  en  $f_{PA}$  waarde.

De  $f$ -waarde van het laatste voertuig ( $n+1$ ) wordt vervolgens met de fractie  $a$  vermenigvuldigd. De gemiddelde  $f$ -waarde voor de personenauto's/bestelauto's is dan

gelijk aan de som van de  $f$ - waarden van de  $(n+1)$  personenauto's/bestelauto's gedeeld door  $(n+a)$ . Deze gemiddelde  $f$ - waarde wordt vervolgens toegekend aan elke personenauto/bestelauto in de formule voor de berekening van de totale verkeersweerstand.

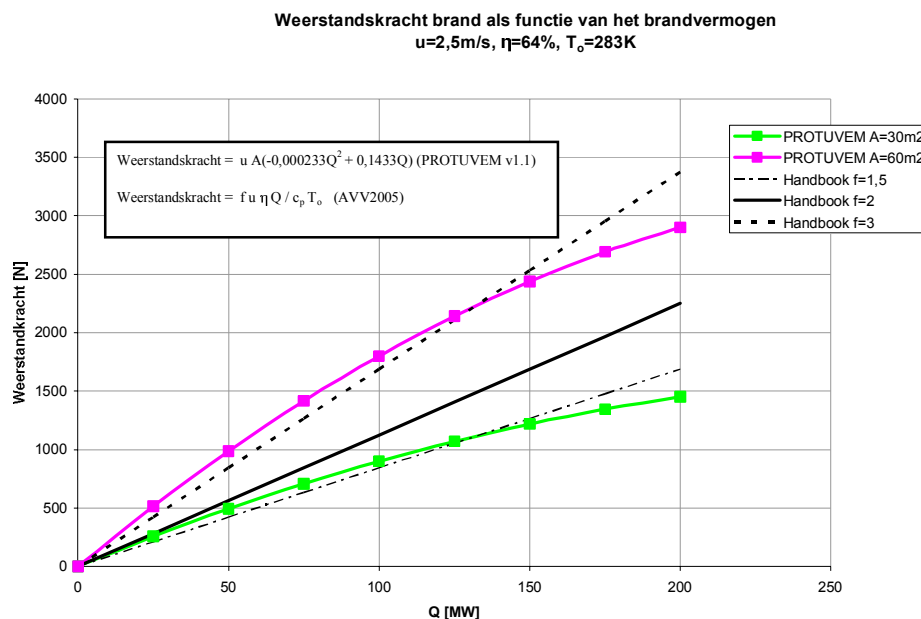
De daadwerkelijke voertuigafstanden worden bepaald met behulp van de formules op pag. 64 van AVV2005. De formules zijn geldig voor de maximale verkeersdichtheid. Bij een vaste dichtheid wordt verondersteld dat de hart op hart voertuigafstanden evenredig met de verkeersdichtheid afnemen. Bij de toepassing van de formules is verondersteld dat de afstand van de voorzijde van een personenauto/ bestelauto tot de achterzijde van een er voor rijdende vrachtauto gelijk is aan de afstand tot een er voor rijdende personenauto/bestelauto. En analoog hieraan dat de afstand van de voorzijde van een vrachtauto tot de achterzijde van een er voor rijdende personenauto/bestelauto gelijk is aan de afstand tot een er voor rijdende vrachtauto. Conform AVV2005 is aangenomen dat een vrachtwagen 15 m lang is en een personenauto/bestelauto 4,5 m (pag. 96).

De stromingsweerstand van het verkeer wordt altijd berekend bij omgevingstemperatuur, omdat wordt verondersteld dat het verkeer zich altijd stroomopwaarts van de hete rook bevindt, d.w.z. dat er geen back-layering van rook optreedt.

### **3.3 Weerstandskracht brand**

De extra weerstand ten gevolge van de brand wordt berekend conform de methode zoals beschreven in par. 6.4.5. op pag.104 en 105 van AVV2005. De factor  $f_{bwrst}$  zoals vermeld op pag. 105 van AVV2005 is gelijk gesteld aan 1,5 voor doorsneden  $< 30 \text{ m}^2$  en aan 2,0 voor doorsneden  $> 45 \text{ m}^2$ . De factor neemt lineair toe tussen  $30 \text{ m}^2$  doorsnede en  $45 \text{ m}^2$  doorsnede.

In figuur 3.2 wordt getoond wat de verschillen zijn t.o.v. de methode die in ProTuvem 1.1 wordt gehanteerd.



Figuur 3.2 Weerstandkracht van de brand als functie van het brandvermogen.

### 3.4 Weerstandkracht thermische trek

De weerstand ten gevolge van thermische trek (schoorsteeneffect) wordt berekend conform de methode zoals beschreven in par. 6.4.5 op pag.106 en 107 van AVV2005. De totale weerstandskracht volgt door numeriek integratie van de differentiaalvergelijking onderaan pag. 107 en vermenigvuldiging van het resultaat met de dwarsdoorsnede van de tunnelbuis. Er wordt gebruikt gemaakt van de temperaturen die op de grenzen van de secties van de tunnelbuis zijn berekend op de wijze zoals in hoofdstuk 4 beschreven en van het veronderstelde lineair temperatuurverloop binnen een sectie.

### 3.5 Stuwkracht aanjagers

De stuwkracht van de stuwkracht ventilatoren (aanjagers) wordt berekend op basis van de methode zoals beschreven in par. 6.4.6 op pag.108 t/m 112 van AVV2005.

De totale stuwkracht is de som van de stuwkracht van alle ventilatoren. De stuwkracht van een ventilator volgt uit de op pag. 108 berekende stuwdruk vermenigvuldigd met de dwarsdoorsnede van de tunnelbuis. De stroomsnelheid  $u_t$  waarin de straal blaast, wordt hierbij gelijk gesteld aan de gemiddelde lichtsnelheid in de tunnel.

De waarde van de stroomsnelheid  $u_t$  en de dichtheid  $\rho$  in de formule op pag. 108 is afhankelijk van de temperatuur. Stoomafwaarts van de brand neemt de dichtheid af waardoor de stuwkracht ook afneemt. (De toename van  $u_t$  is onvoldoende om de afname van de dichtheid te compenseren). De dichtheid wordt berekend uit de berekende luchttemperatuur. Er wordt gebruikt gemaakt van de temperaturen die op de grenzen van de secties van de tunnelbuis zijn berekend op de wijze zoals in hoofdstuk 4 beschreven en van het veronderstelde lineair temperatuurverloop binnen een sectie.



De verhouding tussen de werkelijke stuwkracht en de stuwkracht bij omgevingstemperatuur wordt vermenigvuldigd met het aantal ventilatoren in een segment. De uitkomst wordt getoond in ProTuVem 2.0.

## 4 Luchttemperatuur in tunnel.

### 4.1 Uitgangspunten

De berekening van de luchttemperatuur in de tunnelbuis is gebaseerd op de methode zoals beschreven in par. 6.4.5 op pag.105 en 106 van AVV2005. De wandtemperatuur van de tunnel wordt hierbij gelijkgesteld aan de omgevingstemperatuur, d.w.z. dat wordt aangenomen dat de tunnel niet is geïsoleerd.

De methode is alleen geldig als er geen back-layering van rook optreedt. Daarom wordt de temperatuur in de gehele tunnelbuis gelijk gesteld aan de omgevingstemperatuur als de luchtsnelheid in de buis kleiner dan nul wordt. (De lucht stroomt dan van de uitgang naar de ingang en er treedt zeker back-layering van rook op).

AVV2005 veronderstelt een brandlengte (waar een constante temperatuur heerst) die afhankelijk van het brandvermogen 5 m tot 100 m lang kan zijn. Deze brandlengtes zijn bij de hogere vermogens langer dan uit door Efectis uitgevoerde CFD berekeningen met brandende vrachtwagenladingen blijkt. Zeer waarschijnlijk zijn de brandlengtes van AVV2005 afgeleid voor plasbranden in goed geïsoleerde tunnels. Verondersteld wordt dat de nieuwe ProTuVem 2.0 voornamelijk gebruikt zal worden voor scenario's met brandende vrachtwagenladingen in ongeïsoleerde tunnels. Daarom gaat ProTuVem 2.0 uit van een veel kortere, constante brandlengte van 10 m.

### 4.2 Berekeningsmethode

De berekening maakt gebruik van een gecorrigeerde differentiaalvergelijking. De differentiaalvergelijking op pag. 106 is namelijk foutief. Af te leiden is dat de luchtsnelheid  $v$  in de noemer van het rechterlid van de vergelijking moet worden vervangen door de luchtsnelheid  $v_0$ .

De gecorrigeerde differentiaalvergelijking wordt numeriek opgelost. Hiertoe wordt de tunnelbuis opgedeeld in kleine secties en wordt de luchttemperatuur op de grenzen van de secties berekend. Binnen een sectie wordt een lineair temperatuurverloop verondersteld.

De opdeling in secties begint vanaf de ingang van de tunnel en verloopt op basis van onderstaande principes.

1. De grenzen van een segment (door de gebruiker opgegeven) en de brandlengte moeten altijd samenvallen met de grenzen van een sectie. Waar nodig wordt de sectiegrens hiertoe terug geschoven, d.w.z. dat de sectie dan korter wordt dan de beoogde sectielengte.
2. In alle segmenten stroomopwaarts van de brand vallen de secties samen met de segmenten. De sectielengtes zijn dan gelijk aan de segmentlengtes.
3. In de resterende segmenten:
  - a. stroomopwaarts van de brand: 1 sectie
  - b. in de brandlengte: elke sectie 1 m lang tot aan een segmentgrens of de brandgrens met inachtneming van principe 1.
  - c. stroomafwaarts van de brand: eerste sectie 1 m lang, daaropvolgende sectie een factor 1,1 langer dan de voorgaande sectie met inachtneming

van principe 1. De lengte van de eerste sectie in een nieuw segment is gelijk aan de beoogde (d.w.z. ongecorrigeerde) lengte van de voorgaande sectie.

## 5 Probabilistische berekeningen

Conform AVV2005 worden alleen probabilistische berekeningen uitgevoerd voor het scenario “BRAND”. Ook conform AVV2005 worden hierbij alleen de windrichting, windsnelheid en plaats van de brand gevarieerd.

De windrichting wordt gevarieerd van 0° t/m 330° in stappen van 30°. De 12 richtingen vallen elk in het midden van één van de 12 windrichtingintervallen (klassen) van de KNMI winddata. De windsnelheid wordt gevarieerd van 0,01 m/s t/m 28 m/s in 28 stappen. De 28 snelheden vallen elk in één van de 28 windsnelheidsintervallen (klassen) van de KNMI winddata. De kans op het optreden van een gegeven combinatie van windrichting en windsnelheid volgt uit de KNMI winddata. Zie par. 2.1.

De plaats van de brand wordt gevarieerd in 30 stappen. De tunnelbuis wordt hiertoe opgedeeld in 30 aansluitende delen van gelijke lengte. Het begin (positie dichtste bij de ingang) van de brand wordt in het midden van elk deel geplaatst. De kans dat de brand zich op een gegeven brandpositie bevindt, is onafhankelijk van die positie en dus gelijk aan 1/30.

De kans op het optreden van een gegeven combinatie van windrichting, windsnelheid en brandpositie is gelijk aan de kans van de gegeven combinatie van windrichting en windsnelheid vermenigvuldigd met de kans op de gegeven brandpositie.

Bij een probabilistische berekening worden dus  $12 \times 28 \times 30 = 10080$  varianten doorgerekend.

## 6 Emissies, concentraties en lichtextincties

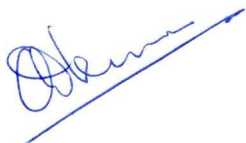
De emissies, concentraties (maximaal en gemiddeld) en lichtextinctie voor de scenario's zonder brand worden berekend conform de methode zoals beschreven in par. 5.3 op pag. 70 t/m 79 van AVV2005.

Het betreft de berekening van CO, NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> (fijn stof) concentraties op basis van:

- de emissietabellen (uitlaatgassen) in AVV2005 voor CO, NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub>;
- de productie van PM10 door het wegcontact (slijtage van banden door remmen, slijtage van wegdek en opwaaien van stof).

De emissie van NO<sub>2</sub> is gesteld op 10% van de emissie NO<sub>x</sub>. In AVV2005 wordt een waarde tussen 5% en 10% genoemd. Er is dus gekozen voor de meest conservatieve waarde.

De productie van PM<sub>10</sub> door wegcontact is gelijk gesteld aan 260 (mg/km)/vtg voor personenauto's en bestelauto's en 1750 (mg/km)/vtg voor vrachtauto's. Er is dus gekozen voor de hoogste (meest conservatieve waarde) van de waarden die op pag. 79 van AVV2005 zijn gegeven.



Ir. A.D. Lemaire



Ir. R.J.M. van Mierlo

Voor u ligt een rapport van Efectis Nederland BV (voorheen TNO Centrum voor Brandveiligheid). Efectis Nederland BV en het zusterbedrijf Efectis Frankrijk, zijn sinds 1 januari 2008 volle dochters van de Efectis Holding SAS, waarin TNO en het Franse CTICM, participeren. De activiteiten van het TNO Centrum voor Brandveiligheid zijn sinds 1 juli 2006 ondergebracht in Efectis Nederland BV. Dit is ingegeven door de internationale marktontwikkelingen en klantvragen. Om de klantvragen nog beter te kunnen beantwoorden, en een breder pakket aan diensten en faciliteiten van een hoge kwaliteit aan te kunnen bieden, is de internationale samenwerking verder uitgebreid. Dit is gedaan met ervaren, en in de brandveiligheids sector bekende, partners in Noorwegen (Sintef-NBL), Spanje (Afiti-Licof), Duitsland (IFT), de Verenigde Staten (South West Research Institute) en China (TFRI). Nadere informatie hierover is te vinden op onze website.