



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

RWS INFORMATIE -

**Addendum "Verificatie en validatie overdrukssystemen  
MTK wegtunnels, Beschrijving methodiek",  
rapport nr. V 1159-2-RA-003 d.d. 24 april 2014 (Peutz)**

Documentnummer IB-2017-001

Datum	1 oktober 2017
Status	definitief



## Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Informatie	Jan van der Sluis
Telefoon	+31(0)611526126
E-mail	Jan.vander.sluis@rws.nl
Uitgevoerd door	Bibian Derikx, Jan van der Sluis, Josephine L'Ortye, Frans Brock en Ronald Mante
Opsteller	Bibian Derikx
Datum	1 oktober 2017
Status	definitief
Versienummer	1



## Inhoud

### **Inleiding 7**

#### **1 Aanvulling Methodiek8**

- 1.1 Modelleren open vluchtdeur bij een dwarsverbinding 8
- 1.2 Scenario's (4) 8
- 1.3 Minimale luchtsnelheid rookvrij houden (3.1)8
- 1.4 Meetraster (5.3)8
- 1.5 Aantoning door rookmachine (5.4.1) 8

### **Literatuur 9**

#### **2 Bijlage 1: Scenario's v0.93 10**



## Inleiding

In april 2014 heeft Peutz in opdracht van Rijkswaterstaat een Methodiek opgesteld ter verificatie en validatie van overdruksystemen in het middentunnelkanaal van tunnels (Overdruksysteem Veilige Ruimte) [1]. Na ontwikkeling van de bijbehorende rekentool is deze toegepast bij een aantal pilot-analyses, onder andere ten behoeve van de optimalisatie van de overdrukvoorziening voor de Koning Willem-Alexandertunnel te Maastricht (vloerconstructie dienstgang vanaf de kopdeur is daar dichtgelegd). Ook is de rekentool ingezet om de technische haalbaarheid van de in de BSTTI opgenomen eisen aan de LFV Overdruk Veilige Ruimte nader te onderzoeken. Aanleiding hiervoor waren met name de eisen die in de BSTTI werden gesteld ten aanzien van de luchtsnelheden die bij de beheersing van branden kleiner dan 25 MW maximaal mogen optreden. Deze eisen waren destijds bewust extra streng geformuleerd, omdat het beeld was dat hieraan makkelijk zou kunnen worden voldaan en het inbouwen van een extra veiligheidsmarge dus kon worden gerechtvaardigd vanuit het ALARP-principe. Bij een aantal projecten was echter aannemelijk gemaakt dat de eisen alleen zouden kunnen worden gehaald met onevenredig dure maatregelen. Op basis van analyses met de rekentool is dit vervolgens bevestigd. Omdat bij een praktijkproef [2] eerder al was aangetoond dat ook minder strenge eisen uit veiligheidsoogpunt toelaatbaar zijn, is besloten de eisen in de BSTTI aan te passen (vanaf versie 1.2 SP2 B1; zie LTS-change #1697). Bovendien konden op basis van de inzichten die zijn opgedaan bij de pilot-analyses enkele scenario's en uitgangspunten worden geoptimaliseerd.

Tenslotte is het toepassingsgebied van de methode/rekentool uitgebreid: ook voor dwarsverbindingen is deze in de BSTTI (vanaf versie 1.2 SP2 B1) voorgeschreven.

Aan en ander heeft er toe geleid dat de beschrijving van de Methodiek moest worden geactualiseerd en aangevuld. Voorliggend document is hier een invulling van.

Het volgende hoofdstuk beschrijft per onderdeel de actualisatie/aanvulling, waarbij tussen haakjes de relevante paragraaf van de Methodiek is opgenomen. Aangenomen wordt dat de lezer kennis heeft genomen van de Methodiek en deze bij het lezen van het hoofdstuk bij de hand heeft.

## 1 Aanvulling Methodiek

### 1.1 Modelling open vluchtdeur bij een dwarsverbinding

De modellering van de stroming door een open vluchtdeur (T-splitsingen) is in principe niet adequaat voor een doorgaande stroming waar bij een dwarsverbinding sprake van is. De modellering van de stroming ter plaatse van de open vluchtdeuren dient daarom in overleg met Rijkswaterstaat nader te worden bepaald.

### 1.2 Scenario's (4)

In bijlage 1 zijn de geactualiseerde scenario's nader grafisch weergegeven, inclusief een korte omschrijving van het doel van de scenario's. Ook is daar waar van toepassing de aanvulling ten opzichte van de 'oude' scenario's aangegeven.

In principe kan met de Methodiek een willekeurige inblaasconfiguratie worden berekend en bepaald. Bij een afwijkende configuratie ten opzichte van de in Nederland gangbare configuraties is het mogelijk dat de 25 scenario's niet toereikend zijn om een goede werking van het overdruksysteem te 'voorspellen' (zie ook hoofdstuk 7 van de Methodiek). In overleg met Rijkswaterstaat dienen de scenario's dan nader te worden bepaald.

### 1.3 Minimale luchtsnelheid rookvrij houden (3.1)

In de Methodiek staat: 'Indien de berekende gemiddelde luchtsnelheid over een deur/kier van het MTK naar de tunnelbuis minimaal 1 m/s bedraagt, dan mag er van worden uitgegaan dat er geen rookverspreiding zal plaatsvinden vanuit de tunnelbuis naar het MTK.' Conform de NEN-EN 12101-6 [3] mag hiervan echter al worden uitgegaan bij een snelheid van 0,75 m/s. Bij de toetsing van de resultaten per scenario dient derhalve deze waarde te worden gehanteerd bij de beoordeling of de veilige ruimte rookvrij blijft.

### 1.4 Meetraster (5.3)

Het meetraster in geopende deuren is niet nader gespecificeerd. De NPR 6095-2:2012 [4], paragraaf 13.4, stelt: 'Neem minstens acht meetpunten, gelijkmatig verdeeld over de deuropening. Meet gedurende minimaal 30 s de luchtsnelheid per meetpunt en neem het rekenkundige gemiddelde van de acht punten.' Vanwege pragmatisme is het toepassen van vier in plaats van acht meetpunten toegestaan.

Het meetraster in de Veilige Ruimte (vluchtgang) kan in analogie hiermee worden gezien.

### 1.5 Aantoning door rookmachine (5.4.1)

Bij scenario 20 is opgenomen: 'In het geval dat de berekende snelheid (knooppuntenmodel) niet groter is dan 1 m/s, mag de positieve luchtstroming (naar de tunnel toe) ook middels een kleine rookmachine worden aangetoond.' Dit geldt in breed verband of anders gezegd: als aanvulling op de luchtsnelheidsmetingen is het gebruik van een rookmachine altijd aangewezen.



## Literatuur

- [1] Verificatie en validatie overdrukssystemen MTK wegtunnels, Beschrijving methodiek, documentnummer DdB/ JvO/ /V 1159-2-RA-003, Peutz, ir. N.J. van Oerle, 24 april 2014.
- [2] Toelaatbare lichtsnelheden bij het vluchten uit een tunnel, Eindrapportage vaneen praktijkproef in de Wijkertunnel op 28 september 2012, documentnummer 4818-2013-0012, versie definitief 1, Rijkswaterstaat Steunpunt Tunnelveiligheid, 4 juni 2013.
- [3] NEN-EN 12101-6, Installaties voor rook- en warmtebeheersing - Deel 6: Specificatie voor systeemsamenstelling van overdrukinstallaties, ICS 13.220.99, juni 2005.
- [4] NPR 6095-2, Rookbeheersingssystemen - Deel 2: Richtlijnen voor het ontwerpen en installeren van overdrukinstallaties, ICS 13.220.20, augustus 2012.

## 2 Bijlage 1: Scenario's v0.93

In dit document worden scenario's beschreven ten behoeve van de verificatie (en validatie) van de eisen die gesteld worden aan de LFV Overdruk Veilige Ruimte in de LTS Release 1.2 SP2 B1.

Ieder scenario is bedacht voor de verificatie van één specifieke eis of ter verificatie van het gebouwde model. Echter, bij het uitvoeren van de verificatie dient bij ieder scenario wel aan elk van de onderstaande eisen te worden voldaan. Het idee hierachter is dat de ontwerper van het overdruksysteem gestimuleerd wordt integraal te ontwerpen en dat onder alle omstandigheden (zoals vastgelegd in de V&V-Methode) aan alle eisen moet worden voldaan.

De volgende eisen worden in de BSTTI Release 1.2 SP2 B1 aan de LFV Overdruk Veilige Ruimte gesteld:

- BSTTI#10025 Door middel van een overdrukinstallatie dient te worden voorkomen dat stofwolken, rook of schadelijke gassen of dampen die vrijkomen bij een brand of ongeval vanuit de incidentbuis, de Veilige Ruimte kunnen binnendringen.
- BSTTI#13847 (VKF) De overdruk in de Veilige Ruimte dient automatisch geregeld te zijn op basis van metingen van het optredende drukverschil tussen de veilige ruimte en de incidentbuis.
- BSTTI#10030 (VKF) De overdruk in de Veilige Ruimte ten opzichte van de incidentbuis dient zodanig te zijn, dat er bij het openen van een vluchtdeur in de incidentbuis geen luchtstroming met rook plaatsvindt van de incidentbuis naar de veilige ruimte.
- BSTTI#13849 (VKF) De overdruk in de Veilige Ruimte ten opzichte van de incidentbuis mag er niet toe leiden dat de benodigde kracht om de vluchtdeuren te openen groter wordt dan toegestaan.
- BSTTI#13851 (VKF) De overdruk in de Veilige Ruimte dient binnen 1 minuut na het opstartcommando te zijn opgebouwd op het vereiste niveau.
- BSTTI#9707 (VKF) De bijdrage van de overdruk aan de totaal benodigde kracht om de vluchtdeuren te openen mag niet meer bedragen dan 20 N.
- BSTTI#10027 (VKF) De overdruk dient zodanig te worden gerealiseerd dat de gemiddelde luchtsnelheid in elke dwarsdoorsnede van de veilige ruimte niet hoger is dan 5 m/s.
- BSTTI#10028 (VKF) De overdruk dient zodanig te worden gerealiseerd dat de gemiddelde luchtsnelheid in de opening van een volledig geopende vluchtdeur of kopdeur nergens hoger is dan 12 m/s.
- BSTTI#10031 (VKF) Indien de veilige ruimte wordt uitgevoerd door middel van een middentunnelkanaal dan dient de overdruk zodanig te worden gerealiseerd, dat in de incidentbuis 30% van het totale aantal vluchtdeuren gelijktijdig kunnen worden geopend, zonder dat er luchtstroming met rook vanuit de incidentbuis naar de Veilige Ruimte plaatsvindt, tenzij dit voor de tunnelspecifieke situatie ruimtelijk niet inpasbaar is. Daarbij geldt een minimum aantal van 3 deuren dat gelijktijdig moet kunnen worden geopend.

- BSTTI#16287 Indien de veilige ruimte wordt uitgevoerd door middel van een rij van dwarsverbindingen dan dient de overdruk zodanig te worden gerealiseerd dat per dwarsverbinding de vluchtdeur aan de zijde van de incidentbuis kan worden geopend, zonder dat er luchtstroming met rook vanuit de incidentbuis naar de Veilige Ruimte plaatsvindt<sup>1</sup>.
- BSTTI#13852 (VKF) De overdrukinstallatie mag alleen schone lucht aanzuigen, waarbij het aanzuigpunt zich dient te bevinden op een locatie waar geen rook of schadelijke gassen of dampen kunnen vrijkomen.
- BSTTI#13853 (VKF) De regeling van het ventilatiedebiet dient te worden gebaseerd op alle gemeten drukverschillen door de druksensoren bij de vluchtdeuren van de incidentbuis.
- BSTTI#17928 (VKF) Voor de verificatie en validatie van (het ontwerp van) de Overdruk Veilige Ruimte dient gebruik te worden gemaakt van de methodiek conform ref. [PEUTZ], inclusief het bijbehorende addendum ref. [PEUTZ Add]<sup>2</sup>.

De ontwikkelde V&V-methode is bedoeld voor een tunnel met middentunnelkanaal (MTK) of dwarsverbindingen waarin een incident zich voordoet met brand. De Methode is (in beginsel) onafhankelijk van de configuratie van de overdrukinstallatie (bijvoorbeeld het aantal of de locatie van de inblaaspunten) toe te passen.

Er hoeft geen rekening te worden gehouden met geopende vluchtdeuren aan de zijde van de ondersteunende buis, tenzij de laatste deur de vluchtingang is (in plaats van de kopdeur)<sup>3</sup>.

In alle scenario's wordt er vanuit gegaan dat er een file staat over de gehele lengte van de incidentbuis. Het gevolg van dit uitgangspunt is dat iedere vluchtdeur in aanmerking komt om gebruikt te worden voor de evacuatie uit de incidentbuis en dat de luchtweerstand ten gevolge van voertuigen maximaal is. Daarnaast is er vanuit gegaan (conform de tunnelstandaard) dat de ventilatie in de verkeersbuis bij een calamiteit op vol vermogen draait en in de incidentbuis tenminste de vereiste minimale luchtsnelheid van 2,5 m/s wordt gerealiseerd.

---

<sup>1</sup> Aanvullend op de eisen aan de overdrukvoorziening bij een rij van dwarsverbindingen, dient de ventilatie in de incidentbuis en ondersteunende buis zodanig te worden ontworpen, dat een dwarsverbinding in de situatie calamiteitenbedrijf met brand niet met rook wordt gevuld als beide deuren van die dwarsverbinding geopend zijn (door rookkortsluiting tussen de incidentbuis en ondersteunende buis via de dwarsverbinding). Zie ook eis BSTTI#17475 bij de LFV Ventilatie verkeersbuis en eis BSTTI#17485 in paragraaf 15.1.2 van de BSTTI. Een dergelijke rookkortsluiting moet overigens ook worden voorkomen bij een vluchtconcept met vluchtdeuren in de middenwand.

<sup>2</sup> [PEUTZ Add] betreft het voorliggende document

<sup>3</sup> Een openstaande kopdeur in de scenario's dient dan te worden geïnterpreteerd als een openstaande laatste vluchtdeur aan de zijde van de ondersteunende buis.

De volgende aspecten zijn van belang voor de V&V methode:

- Plaats brand in de tunnel (begin, midden einde)
- Inblaasconfiguratie overdruksysteem MTK / dwarsverbinding
- Regeling overdruksysteem MTK / dwarsverbinding
- Reactietijd overdruksysteem  
In de eisen is niet opgenomen hoe snel het overdruksysteem moet reageren op toestandverandering. Dit is voor het ontwerp uiteraard zeer relevant en dus ook voor de verificatie en validatie van het systeem.
- Drukverloop in de verkeersbuis
- Configuratie LFV ventilatie verkeersbuis
- Schoorsteeneffect in incidentbuis
- Drukval in de incidentbuis over de brand
- Windrichting
- Kopdeuren
- Faalkansen
- Vermogen brand
- Welke deuren worden geopend en wanneer
- Civiele constructie
- Vluchtconcept
- Testen overdruk installatie zonder brand en file.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de uitgewerkte scenario's. Verderop in het document zijn detailoverzichten van ieder scenario opgenomen.

Tabel: Overzicht van de scenario's








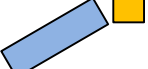
Scenario	eis	korte omschrijving	Brand-grootte (MW)	brandlocatie <sup>4</sup>	aantal ge-opende vluchtdeuren	locatie vluchtdeuren <sup>5</sup>	kop-deur
1							
2							
3							
4							
5	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	5	nabij diepste punt	30%	001110000	1
6	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	5	nabij diepste punt	30%	000111000	1
7	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	5	Voorbij eerste vluchtdeur	30%	111000000	1
8	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	5	Voor eerste vluchtdeur	30%	111000000	1
9	eis BSTTI#10027	$V_{lucht,MTK} \leq 5$ m/s	200	nabij diepste punt	30%	001110000	0
10	eis BSTTI#10028	$V_{lucht,deur} \leq 12$ m/s	200	nabij diepste punt	30%	000001110	0
11	eis BSTTI#10028	$V_{lucht,deur} \leq 12$ m/s	200	nabij diepste punt	30%	000110000	0
12	eis BSTTI#10028	$V_{lucht,deur} \leq 12$ m/s	200	voor laatste vluchtdeur	1 deur	000000001	0
13	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	200	nabij diepste punt	30%	001110000	1
14	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	200	nabij diepste punt	30%	000111000	1
15	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	200	nabij diepste punt	30%	100110000	1
16	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	5	voorbij eerste vluchtdeur	30%	001110000	1
17	eis BSTTI#10025	Geen rook van incidentbuis naar MTK	200	voorbij eerste vluchtdeur	30%	001110000	1
18 a,b	Controle rekenmodel	Controle lekoppervlak MTK/dwarsverbinding en prestatie ventilatoren	-	-	0	000000000	
19	Controle rekenmodel	Controle (weerstand) luchtstroming in MTK en door geopende deuren	-	-	2	0000110000	
20	Controle rekenmodel	Controle (weerstand) luchtstroming in MTK en door geopende deuren	-	-	30%	0001110000	
21 t/m 25	Ten behoeve van dwarsverbindingen, zie verderop						

Vervallen

<sup>4</sup> In voorgaande versies van de scenariobeschrijvingen was de brand in directe nabijheid van een vluchtdeur. Dit bleek tot rekenkundige problemen te leiden. Derhalve is gekozen om de brand tussen twee vluchtdeuren in te lokaliseren.

<sup>5</sup> Illustratie van het scenario voor een tunnel met 10 vluchtdeuren.  
0: gesloten vluchtdeur 1: geopende vluchtdeur

Legenda scenarioplaatjes:

	Kop- en vluchtdeur
	Vluchtrichting in open kop- en vluchtdeur
	Luchtstroom door open kop- en vluchtdeur
	Locatie brand met brandgrootte.
	Ventilatierichting in incidentbuis (vol vermogen)
	Ventilatierichting in ondersteunende buis (vermogen 50%)
	Cluster ventilatoren verkeersbuis
	Blokkade in verkeersbuis met behulp van vrachtauto

Scenario 1: V&V eis BSTTI#10027 ( $v_{\text{lucht,MTK}} \leq 2$  m/s)

**Vervallen** vanwege wijziging van eis BSTTI#10027 in SP2 B1 ten opzichte van SP2

(geen differentiatie meer in eisen afhankelijk van het brandvermogen. Een 25 MW brand is dan niet maatgevend in het 'uitdagen' van de eisen).

Scenario 2: V&V eis BSTTI#10028 ( $v_{\text{lucht,deur}} \leq 6,5$  m/s)

**Vervallen** vanwege wijziging van eis BSTTI#10028 in SP2B1 ten opzichte van SP2

(geen differentiatie meer in eisen afhankelijk van het brandvermogen. Een 25 MW brand is dan niet maatgevend in het 'uitdagen' van de eisen).

Scenario 3: V&V eis BSTTI#10028 ( $v_{\text{lucht,deur}} \leq 6,5$  m/s)

**Vervallen** vanwege wijziging van eis BSTTI#10028 in SP2B1 ten opzichte van SP2

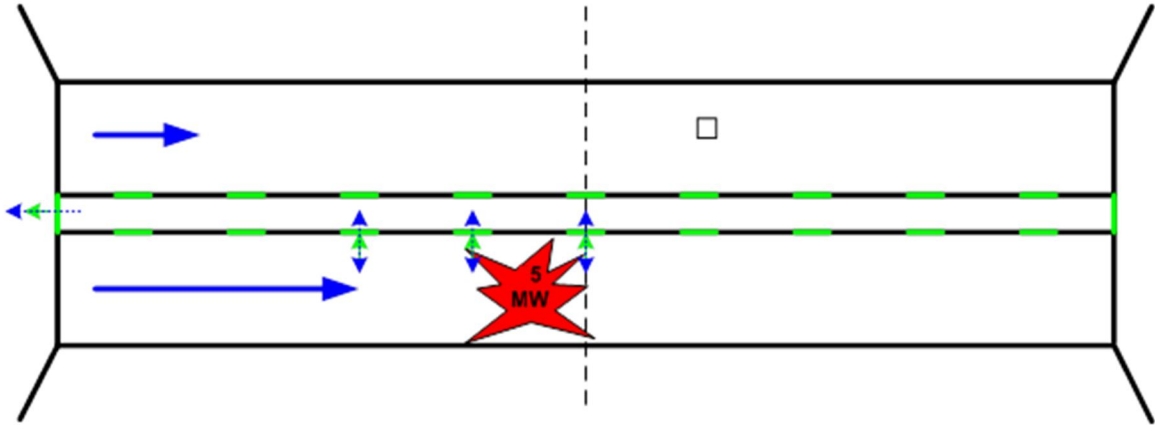
(geen differentiatie meer in eisen afhankelijk van het brandvermogen. Een 25 MW brand is dan niet maatgevend in het 'uitdagen' van de eisen).

Scenario 4: V&V eis BSTTI#10028 ( $v_{\text{lucht,deur}} \leq 6,5$  m/s)

**Vervallen** vanwege wijziging van eis BSTTI#10028 in SP2B1 ten opzichte van SP2

(geen differentiatie meer in eisen afhankelijk van het brandvermogen. Een 25 MW brand is dan niet maatgevend in het 'uitdagen' van de eisen).

Scenario 5: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)

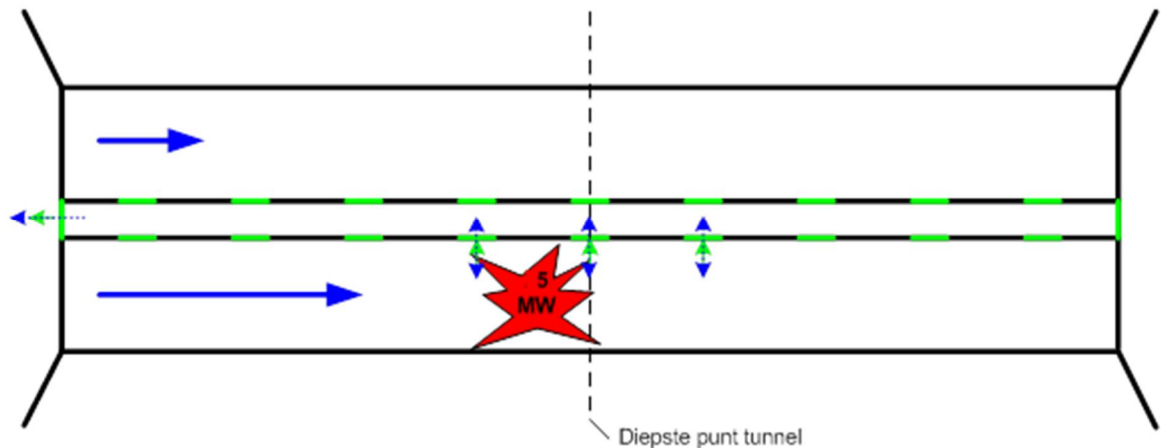


Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hier is de druk in het MTK vanwege lekverliezen doorgaans (met een in Nederland gangbare configuratie) relatief laag.
Brandgrootte	5 MW. Een kleine brand met relatief veel rook. Door het relatief lage brandvermogen is de drukval over de brand gering en bijdrage van het schoorsteeneffect beperkt. Daardoor is de druk in de incidentbuis na de brand relatief hoog. Omdat de druk in het MTK vanwege lekverliezen doorgaans ter plaatse relatief laag is, kan er een negatief drukverschil over de vluchtdeur na de brand ontstaan.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	30%-1 direct voor de brand en één direct na de brand. Zie argument volgend aspect.
kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief.



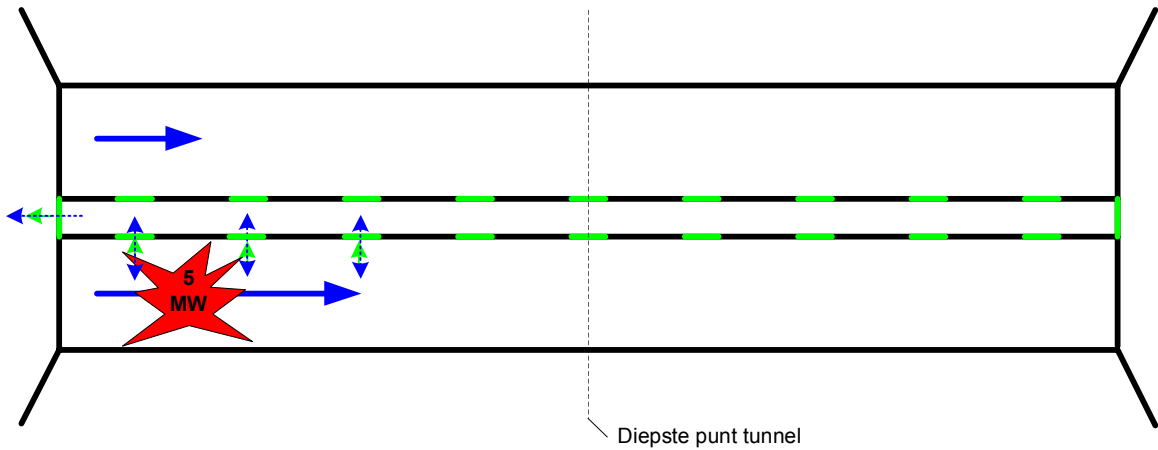
Scenario 6: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hier is de druk in het MTK vanwege lekverliezen doorgaans (met een in Nederland gangbare configuratie) relatief laag.
Brandgrootte	5 MW. Een kleine brand met relatief veel rook. Door het relatief lage brandvermogen is de drukval over de brand gering en bijdrage van het schoorsteeneffect beperkt. Daardoor is de druk in de incidentbuis na de brand relatief hoog. Omdat de druk in het MTK vanwege lekverliezen doorgaans ter plaatse relatief laag is, kan er een negatief drukverschil over de vluchtdeur na de brand ontstaan.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	Eén direct voor de brand, 30%-1 direct na de brand. Zie argument volgend aspect.
Kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief.

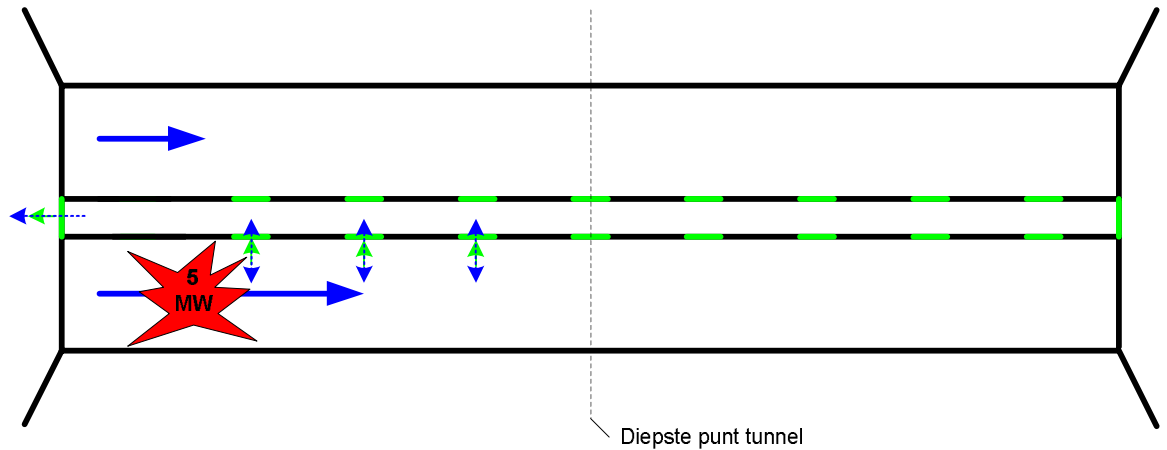
Scenario 7: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Vorbij de eerste vluchtdeur. Hier is de druk als gevolg van de (ingangs)ventilatie in de incidentbuis relatief hoog.
Brandgrootte	5 MW. Een kleine brand met relatief veel rook. Door het relatief lage brandvermogen is de drukval over de brand gering en bijdrage van het schoorsteeneffect beperkt. Daardoor is de druk in de incidentbuis na de brand relatief hoog en kan er een negatief drukverschil over de vluchtdeur na de brand ontstaan.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	Eén direct voor de brand, 30%-1 direct na de brand. Zie argument volgend aspect.
Kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk.

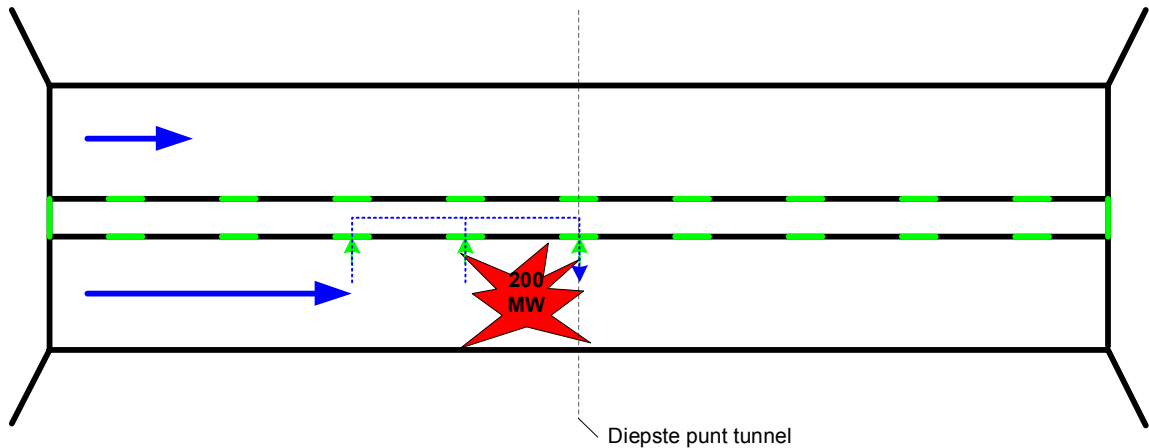
Scenario 8: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Voor de eerste vluchtdeur. Hier is de druk als gevolg van de ventilatie in de incidentbuis relatief hoog.
Brandgrootte	5 MW. Een kleine brand met relatief veel rook. Door het relatief lage brandvermogen is de drukval over de brand gering en bijdrage van het schoorsteeneffect beperkt. Daardoor is de druk in de incidentbuis na de brand relatief hoog en kan er een negatief drukverschil over de vluchtdeur na de brand ontstaan.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	Alle open vluchtdeuren bevinden zich direct na de brand.
Kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk.

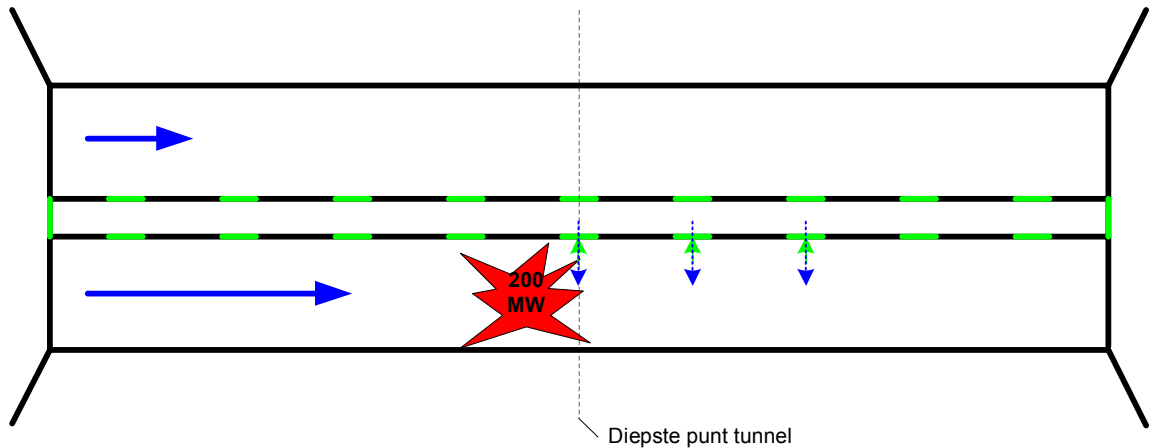
Scenario 9: V&V eis BSTTI#10027 ( $v_{\text{lucht,MTK}} \leq 5 \text{ m/s}$ )



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere lichtsnelheden optreden.
Brandgrootte	200 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal deuren minus 1 direct voor de brand en één deur direct na de brand. Hoe meer deuren open voor de brand hoe makkelijker er lucht vanuit de incidentbuis naar het MTK kan stromen. Zie ook volgend aspect.
Locatie open vluchtdeuren	De redenering is dat in de incidentbuis de druk voor de brand relatief hoog is en direct na de brand relatief laag is. Als de aangegeven deuren zijn geopend, dan zal er een luchtstroom ontstaan vanuit de incidentbuis, door het MTK, naar de incidentbuis na de brand. In combinatie met de overdruk in het MTK wordt nu een maximale lichtsnelheid in het MTK verwacht.
kopdeur	Dicht. Om de druk in het MTK zo hoog mogelijk te houden.
opmerking	Scenario 14, waarbij 1 deur voor de brand en de rest na de brand geopend worden, zou ook maatgevend kunnen zijn voor deze eis. Echter, dit scenario is gebruikt ter toetsing "Geen rook in MTK". Daar bij ieder scenario alle eisen getoetst worden, zal blijken of dit inderdaad het geval is.

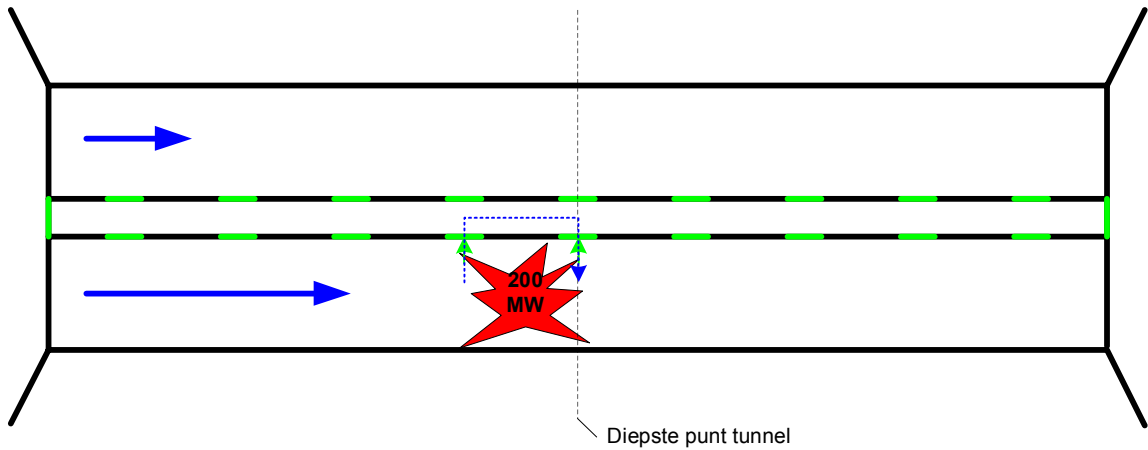
Scenario 10: V&V eis BSTTI#10028 ( $v_{\text{lucht, deur}} \leq 12 \text{ m/s}$ )



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere snelheden optreden.
Brandgrootte	200 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	Direct na de brand. De overdruk in het MTK wordt zo hoog mogelijk gehouden. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis direct na de brand gemaximaliseerd waardoor een hoge luchtsnelheid door de open vluchtdeur optreedt..
kopdeur	Dicht. Om de druk in het MTK zo hoog mogelijk te houden.

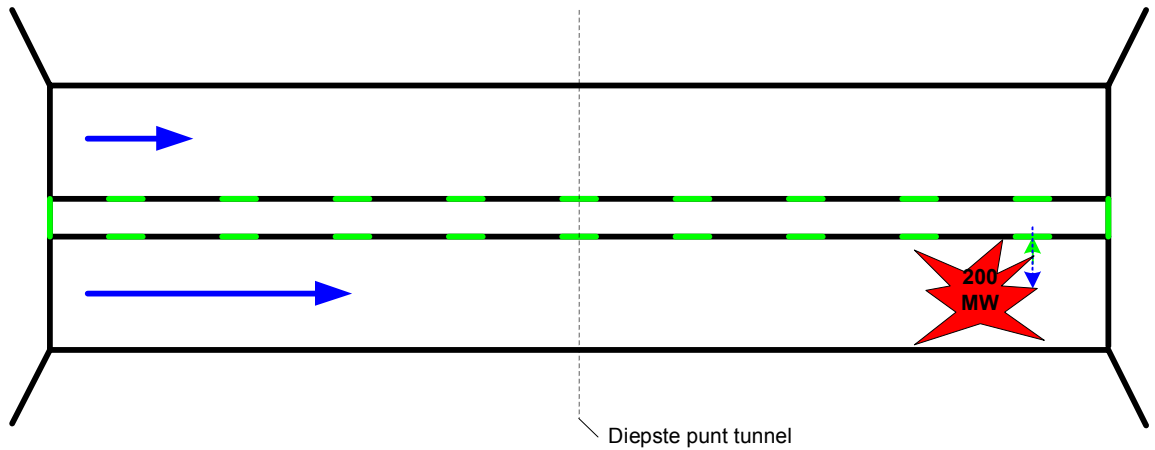
Scenario 11: V&V eis BSTTI#10028 ( $v_{\text{lucht, deur}} \leq 12 \text{ m/s}$ )



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere snelheden optreden.
Brandgrootte	200 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Wanneer dit een oneven aantal is dan 30%-1 deur. Dit is om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	Evenveel vluchtdeuren voor als na de brand staan open. Er wordt gebruik gemaakt van het drukverschil over de brand waardoor er meer lucht door het MTK stroomt en waardoor er meer lucht vanuit het MTK door de open vluchtdeuren na de brand naar de incidentbuis stroomt.
kopdeur	Dicht. Geen luchtverlies door de kopdeur waardoor de overdruk in MTK verhoogd, waardoor de luchtsnelheid door de openstaande vluchtdeur na de brand wordt verhoogd.

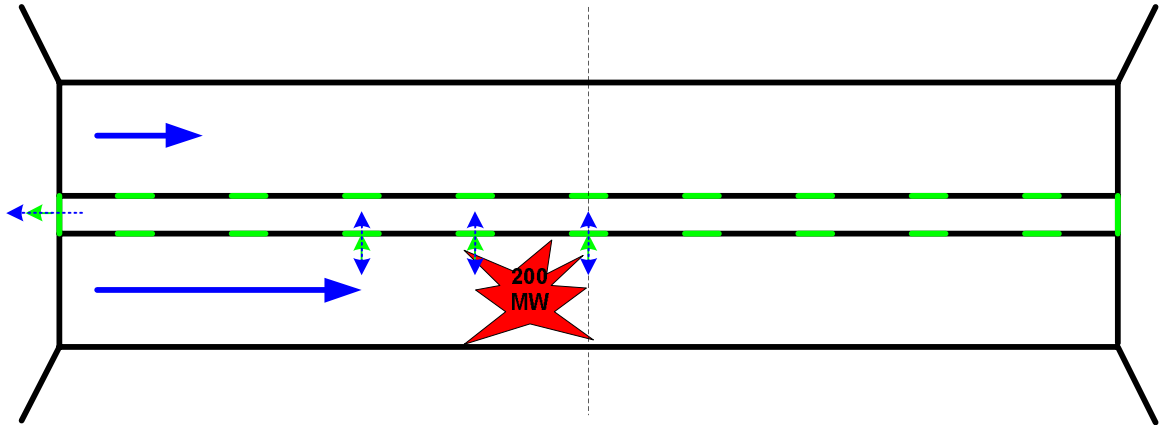
Scenario 12: V&V eis BSTTI#10028 ( $v_{\text{lucht, deur}} \leq 12 \text{ m/s}$ )



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Voor de laatste vluchtdeur. Direct na de brand is de druk relatief laag. Dit effect wordt versterkt daar de brand dicht bij de uitgang is waar atmosferische druk is
Brandgrootte	200 MW
Aantal open vluchtdeuren	1 open vluchtdeur. Door slechts 1 deur te openen op de plek waar het drukverschil relatief hoog is, zal de lichtsnelheid door de vluchtdeur maximaal zijn.
Locatie open vluchtdeuren	De vluchtdeur direct na de brand.
Kopdeur	Dicht. Om de druk in het MTK zo hoog mogelijk te houden.

Scenario 13: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)

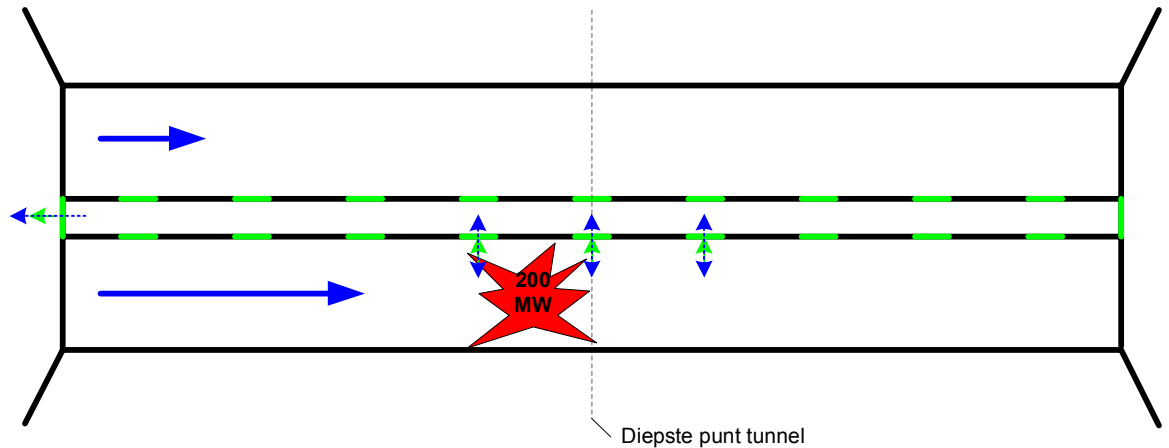


Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere snelheden optreden.
Brandgrootte	200 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	30%-1 voor de brand en één na de brand. Zie argument volgend aspect.
kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief



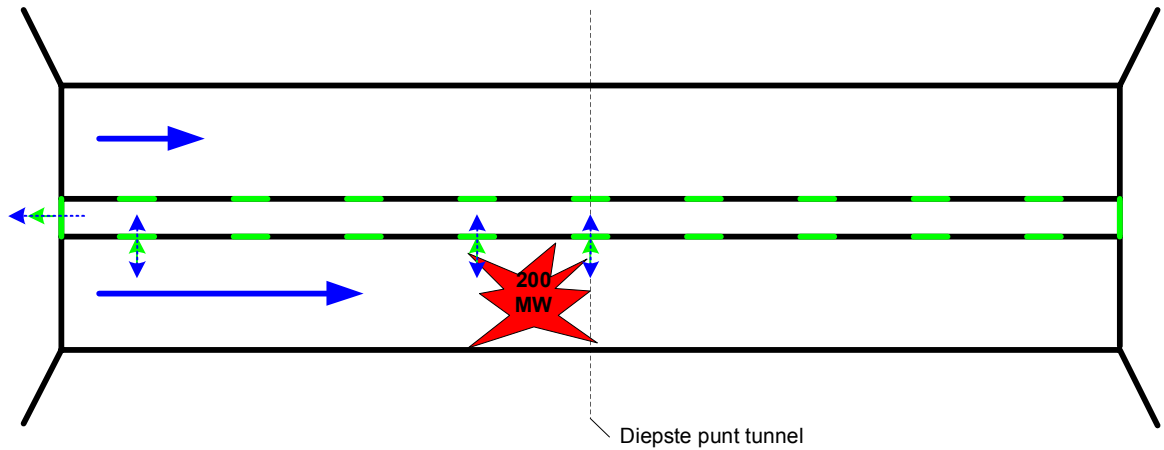
Scenario 14: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere snelheden optreden.
Brandgrootte	200 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	Eén direct voor de brand, 30%-1 direct na de brand. Zie argument volgend aspect.
Kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief.

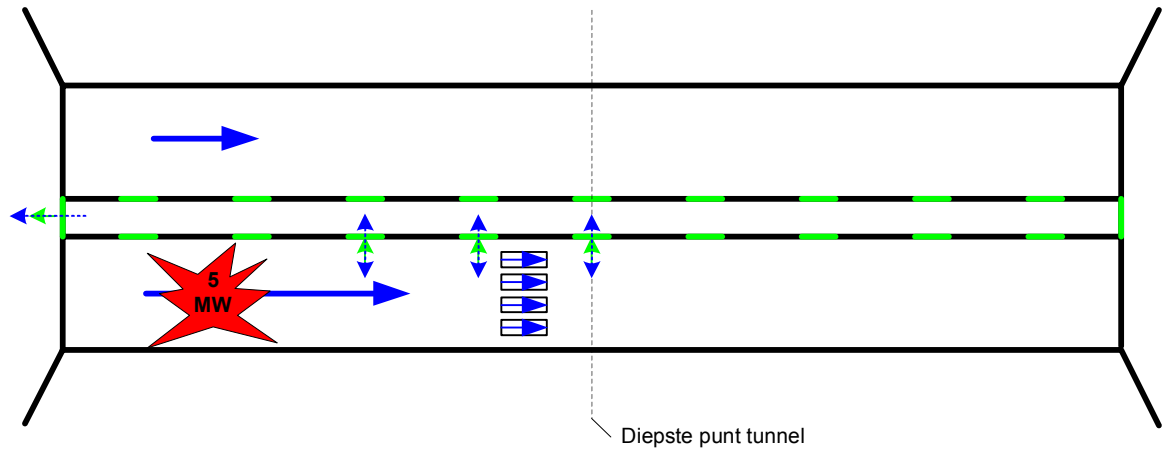
Scenario 15: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Nabij het diepste punt van de tunnel, tussen twee vluchtdeuren. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere snelheden optreden.
Brandgrootte	200 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	1 vluchtdeur in de nabijheid van het inblaaspunt van de overdrukventilatie, één na de brand en de resterende vluchtdeuren direct voor de brand. Zie argument volgend aspect.
kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief.
opmerking	Dit scenario is het meest 'challenging' om te toetsen aan de eis van geen rookindringing. Omdat bij een vluchtproces de deuren ook niet per definitie aaneengesloten c.q. tegelijkertijd worden geopend, is dit bovendien een voorstelbaar scenario.

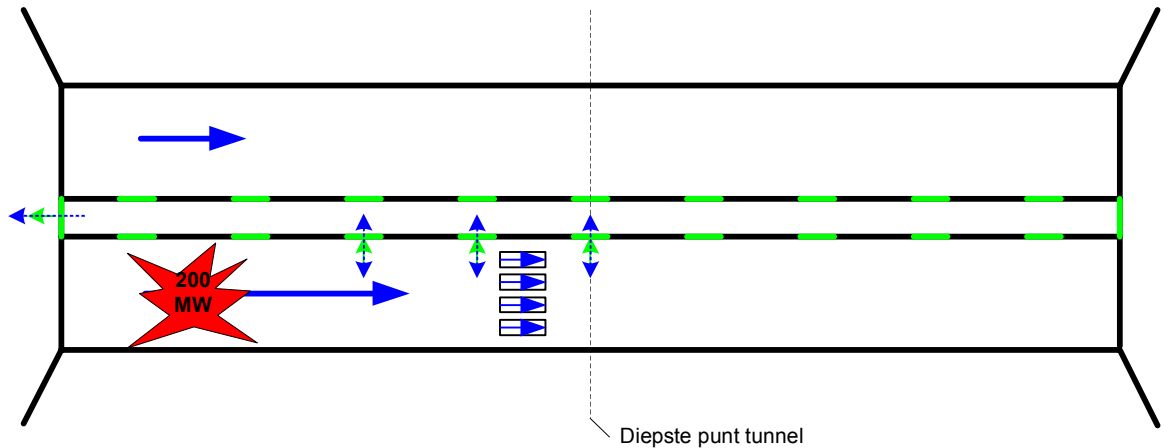
Scenario 16: V&V-eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Vorbij de eerste vluchtdeur.
Brandgrootte	5 MW.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	1 deur direct ná een extra aanjaagsectie in de tunnel Overige 30%-1 deur aaneengesloten direct voor de aanjaagsectie.
kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief.

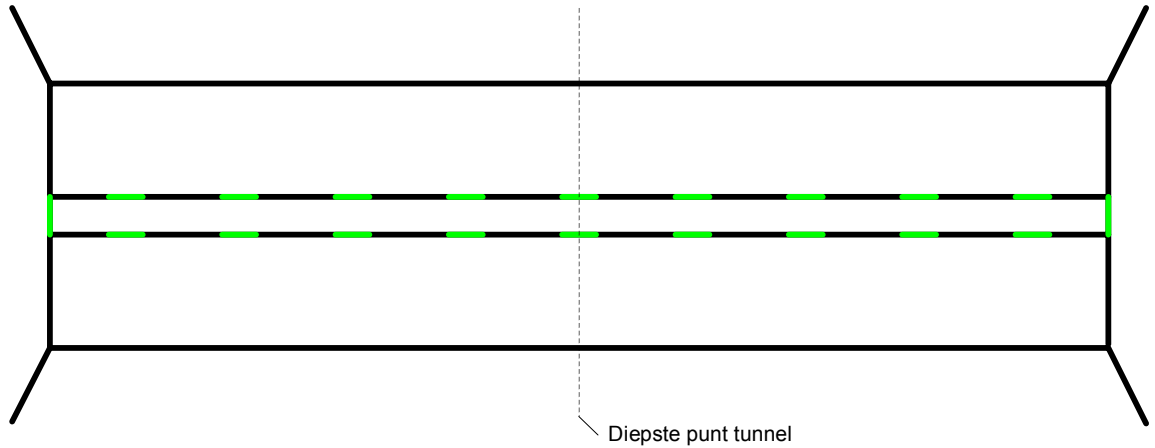
Scenario 17: V&V-eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Voorbij de eerste vluchtdeur.
Brandgrootte	200 MW.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	1 deur direct ná een extra aanjaagsectie in de tunnel Overige 30%-1 deur aaneengesloten direct voor de aanjaagsectie.
kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief.

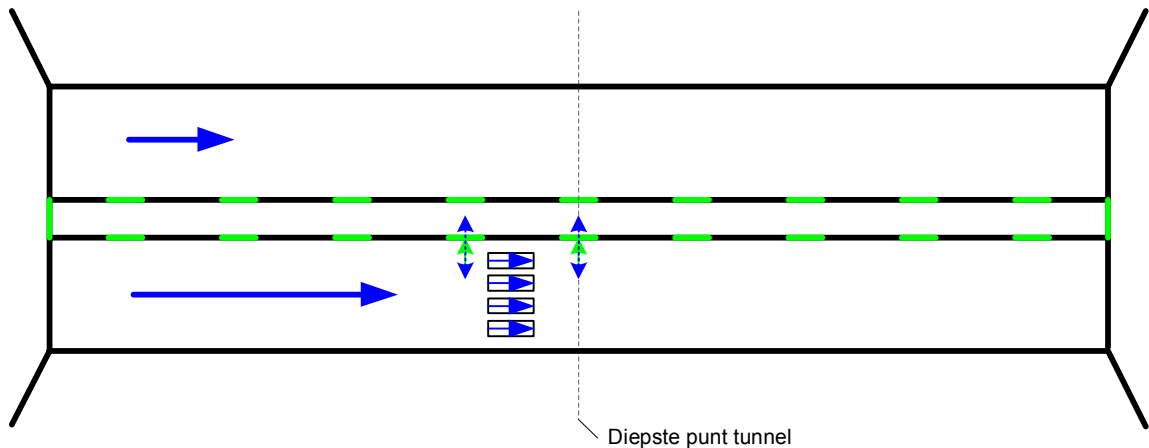
Scenario 18: referentie voor metingen in de praktijk om aangenomen lekverlies en prestatie ventilatoren in modelberekeningen te controleren



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	nvt
Brandgrootte	nvt
Aantal open vluchtdeuren	Geen open vluchtdeuren
Locatie open vluchtdeuren	nvt
kopdeur	dicht
opmerking	Lege tunnelbuis, geen file. Scenario bestaat in principe uit twee varianten (zie paragraaf 5.4.1 Methodiek): <ol style="list-style-type: none"><li>Langsventilatie in beide tunnelbuizen uitgeschakeld.</li><li>Langsventilatie in beide tunnelbuizen ingeschakeld.</li></ol> De varianten zijn met name bedoeld om de inschatting van het lekoppervlak van het MTK/dwarsverbinding en prestatie van de ventilatoren te beoordelen.

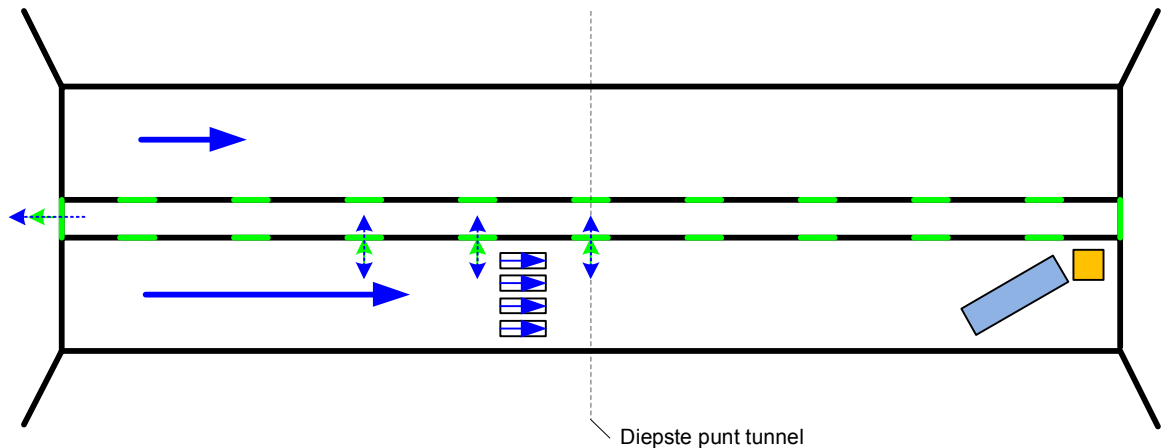
Scenario 19: referentie voor metingen in de praktijk om aangenomen (weerstand) luchtstroming door MTK en door geopende deuren in modelberekeningen te controleren



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	nvt
Brandgrootte	nvt
Aantal open vluchtdeuren	2 open vluchtdeuren
Locatie open vluchtdeuren	1 deur direct ná een extra aanjaagsectie in de tunnel, 1 deur direct voor die aanjaagsectie Noot: Indien geen extra aanjaagsectie in de tunnel aanwezig is, dan 2 deuren naast elkaar in het midden van de tunnel geopend.
kopdeur	dicht
opmerking	Berekening en test (metingen) in koude omstandigheden ter controle van het rekenmodel

Scenario 20: referentie voor metingen in de praktijk om aangenomen (weerstand) luchtstroming door MTK en door geopende deuren in modelberekeningen te controleren



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	nvt
Brandgrootte	nvt
Aantal open vluchtdeuren	30% open vluchtdeuren
Locatie open vluchtdeuren	1 deur direct ná de extra aanjaagsectie in de tunnel, overige 30%-1 deur aaneengesloten direct voor die aanjaagsectie. Indien geen extra aanjaagsectie in de tunnel aanwezig is, dan alle 30% deuren aansluitend rondom het midden van de tunnel geopend.
kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk.
opmerking	Lege tunnelbuis (geen file). Modelmatige blokkade (dwars staande vrachtwagen) aan het einde van de tunnel aanbrengen, zodanig dat de gemiddelde lichtsnelheid in de calamiteiten buis 4 m/s bedraagt.  Berekening en test (metingen) in koude omstandigheden ter controle van het rekenmodel

Scenario's 21, 22, 23, 24 en 25 voor **dwarsverbindingen**:

21. Rookvrij blijven bij 1 geopende deur (vluchtdeur incidentbuis):  
Locatie brand voor eerste vluchtdeur, brandgrootte 5 MW, eerste vluchtdeur open.  
Argumenten zijn in analogie met die van scenario 8 voor een MTK.
22. Luchtsnelheid door geopende deur (vluchtdeur incidentbuis) kleiner dan 12 m/s en luchtsnelheid kleiner dan 5 m/s in dwarsverbinding:  
Locatie brand voor laatste vluchtdeur, brandgrootte 200 MW, laatste vluchtdeur open.  
Argumenten zijn in analogie met die van scenario 12 voor een MTK.
23. Geen rookkortsluiting via dwarsverbinding bij twee geopende deuren (vluchtdeur incidentbuis en ondersteunende buis):  
Locatie brand voor eerste vluchtdeur, brandgrootte 5 MW, eerste vluchtdeur en tegenoverliggende vluchtdeur ondersteunende buis open.  
Argumenten zijn in analogie met die van scenario 8 voor een MTK. Aangevuld met dat de druk in de ondersteunende buis relatief laag zal zijn (en afhankelijk van de configuratie van de ventilatoren zelfs benedenatmosferisch).
24. Referentie voor metingen in de praktijk om aangenomen (weerstand) luchtstroming door dwarsverbinding en door geopende deur in modelberekeningen te controleren:  
Idem als scenario 21 maar dan zonder brand en file. Omdat het rookvrij blijven kritisch is, is het belangrijk om de aannames van scenario 21 te controleren.
25. Referentie voor metingen in de praktijk om aangenomen (weerstand) luchtstroming door dwarsverbinding en door geopende deuren in modelberekeningen te controleren:  
Idem als scenario 23 maar dan zonder brand en file. Omdat geen rookkortsluiting kritisch is, is het belangrijk om de aannames van scenario 23 te controleren.

Scenario 18 kan ook voor dwarsverbindingen gebruikt worden om het aangenomen lekverlies (dwarsverbinding) en prestatie van de ventilatoren in de modelberekeningen te controleren.