

# Verslag

Innovatieatelier “Verbetering luchtkwaliteit bij tunnelmonden”

# Inhoudsopgave

Verslag .....	1
Innovatieatelier “Verbetering luchtkwaliteit bij tunnelmonden” .....	1
Inhoudsopgave .....	2
1 Startnotitie.....	3
1.1 Inleiding .....	3
1.2 Wat is precies het probleem (systeemanalyse)?.....	3
1.3 Definiëren van de probleemstelling .....	6
1.4 Hoe gedraagt fijn stof en NO <sub>2</sub> zich?.....	6
1.5 Welke oplossingen zijn er zoal te bedenken? .....	6
1.6 Welke spelers horen daarbij? .....	7
1.7 Criteria voor de beoordeling van maatregelen.....	7
1.8 Doelstellingen van het innovatie atelier? .....	8
1.9 Perspectieven voor partijen? .....	9
1.10 Welke informatiebronnen zijn er al?.....	9
2 Uitnodiging .....	11
3 Programma.....	12
4 Presentatie TNO.....	13
5 Presentatie IPL .....	18
6 Presentatie Hans Huijben .....	21
7 De ideeën .....	22
8 De beste ideeën & aandachtspunten .....	28
8.1 Lucht in de tunnel reinigen .....	28
8.2 Pappen en nat houden .....	28
8.3 Concentreren .....	28
8.4 Verdunnen.....	28
8.5 Behandelen buiten de tunnel .....	29
8.6 Schoorstenen .....	29
8.7 Verkeerstechnische maatregelen.....	29
8.8 Reinigingssysteem op de auto.....	29
9 Vervolgtraject .....	30
10 Deelnemerslijst .....	31

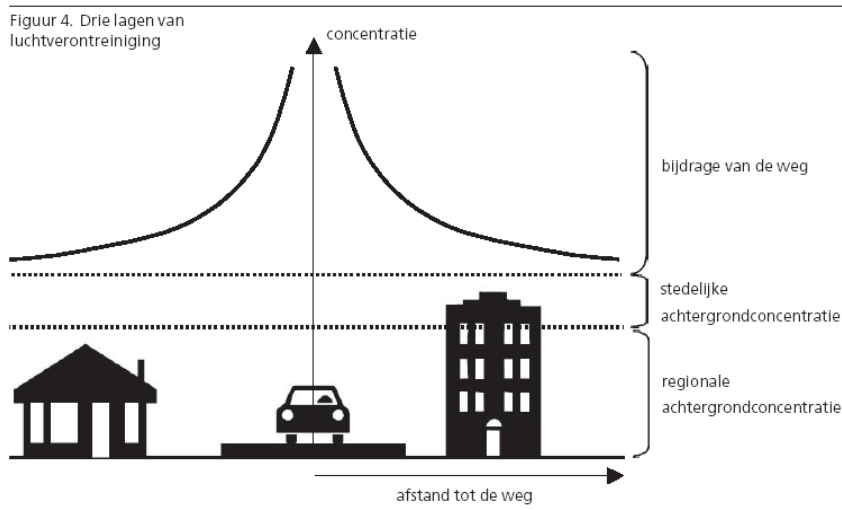
# 1 Startnotitie

## 1.1 Inleiding

Deze notitie is bedoeld om informatie te geven over een probleem met de luchtkwaliteit bij tunnels. Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) zoekt partijen om aan de oplossing hiervan te werken. Naast een beschrijving van het probleem, geeft deze notitie technische informatie en wordt geschetst welke perspectieven er zijn wanneer partijen willen participeren. Het IPL is opgezet als samenwerkingsproject door de ministeries van VROM en VenW.

## 1.2 Wat is precies het probleem (systeemanalyse)?

In juli 2001 is het Besluit luchtkwaliteit (Blk) van kracht geworden. In dit besluit zijn grenswaarden opgenomen voor verschillende stoffen die de lucht verontreinigen. De grenswaarden geven de maximale concentraties in de buitenlucht aan en zijn overgenomen uit een Europese richtlijn. Metingen en berekeningen laten zien dat er nu of in de nabije toekomst overschrijdingen zijn voor stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ) en fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ). De overschrijdingen doen zich vooral voor in de grote steden in het midden en westen van het land. Voor vrijwel alle overschrijdingen geldt dat deze worden veroorzaakt door een combinatie van een relatief hoge achtergrondconcentratie en een grote lokale bijdrage van het verkeer. In het volgende figuur is dit schematisch aangegeven (bron 1).



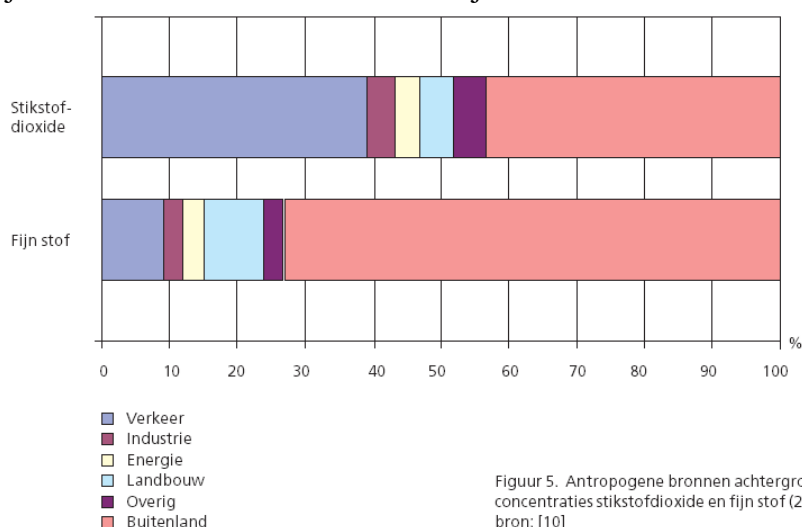
Luchtverontreiniging is niet alleen een Nederlands probleem; het Ruhrgebied, België, de Po-vlakte en alle grote Europese steden vallen op bij kaarten die de luchtverontreiniging in Europa in beeld brengen. Verder zijn er vooral in New York en delen van China hoge waarden.

Het probleem is in Nederland urgent geworden omdat een aantal bouwplannen en bestemmingsplannen zijn tegengehouden door de Raad van State omdat de normen voor de luchtkwaliteit dreigden te worden overschreden. Hierdoor zijn niet alleen

aanpassingen van wegen, maar ook het aanleggen van Vinexlocaties enz op losse schroeven komen te staan. Er wordt enerzijds aangedrongen op versoepeling van de normen en anderzijds wordt gestreefd naar het terugdringen van de luchtverontreiniging.

Bij de normen wordt onderscheid gemaakt tussen de maximaal toelaatbare waarde voor het jaargemiddelde en waarden voor het uurgemiddelde dat een vastgelegd aantal malen per jaar mag worden overschreden. Verder wordt er onderscheid gemaakt naar het jaartal dat een waarde geldt. Relevant is dat de normen voor de jaargemiddelde concentratie zowel NO<sub>2</sub> als PM<sub>10</sub> 40 microgram per m<sup>3</sup> bedragen. De werkelijk optredende jaargemiddelde concentraties op de weg liggen beide ook in die orde van grootte. Wat uurgemiddelde betreft treden ook waarden op van 100 tot 500 microgram per m<sup>3</sup>.

Hierbij een indicatie van de bronnen van fijn stof en stikstofdioxide (bron 1).



Figuur 5. Antropogene bronnen achtergrondconcentraties stikstofdioxide en fijn stof (2002) bron: [10]

### *Stikstofdioxide*

Zoals uit de hierboven getoonde samenvatting blijkt is de bijdrage van het verkeer voor NO<sub>2</sub> groot. De problemen voor NO<sub>2</sub> doen zich dan ook voornamelijk voor langs (snel)wegen. De NO<sub>2</sub> ontstaat in de verbrandingsmotoren door een reactie tussen in de buitenlucht aanwezige stikstof (N<sub>2</sub>) en zuurstof (O<sub>2</sub>). Het is een ongewenste nevenreactie die optreedt bij hoge temperaturen.

### *Fijn stof*

Voor fijn stof geldt dat er een relatief hoge achtergrondconcentratie is (onder andere ten gevolge van het buitenland), die van het zuiden van Nederland langzaam afneemt in noordelijke richting. Hoewel de bijdrage van het verkeer voor PM<sub>10</sub> relatief kleiner is, zijn de snelwegen toch juist de locaties waar de overschrijding van de normen het eerste optreedt. Bij verkeer zijn de volgende (deel)bronnen te onderscheiden: stof vanuit de uitlaat (voornamelijk roet met verschillende stoffen daaraan geadsorbeerd), van de remmen, de banden en de weg (zowel slijtage van het wegdek als mogelijk ook nog stof dat vanuit andere bronnen op de weg terecht is gekomen en kan opwarrelen).

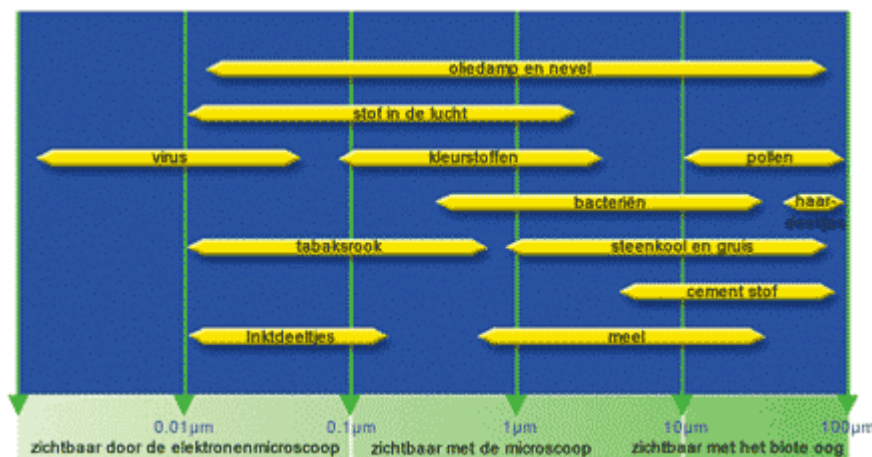
Voor fijn stof is de volgende achtergrondinformatie ook van belang (bron 2):

Table 2.1 Estimate of the annual average PM<sub>10</sub> contribution to aerosol levels in the Netherlands from various sources in the late 1990s.

	Subtotal μg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> μg/m <sup>3</sup>	Source
<b>Primary natural</b>			
Sea salt		4-7	(Visser et al., 2001)
Crustal material		2	(Visser et al., 2001)
<b>Subtotal natural</b>	<b>6-9</b>		
<b>Primary anthropogenic</b>			
EU and NL contribution (non-traffic)		4-7	(Visser et al., 2001)
Traffic (EU and NL)		2-5	(Visser et al., 2001)
Netherlands road dust		1-2	(Keuken et al., 1999)
<b>Subtotal primary anthropogenic</b>	<b>7-14</b>		
<b>Secondary anthropogenic (SIA)</b>			
European contribution		7-9	(Visser et al., 2001)
Dutch contribution		3-5	(Visser et al., 2001)
<b>Subtotal SIA</b>	<b>10-14</b>		
<b>Other</b>			
Northern Hemisphere background		1	(Weijers et al., 2000)
Unknown 10%		3-4	Default
<b>Subtotal</b>	<b>4-5</b>		
<b>Total PM<sub>10</sub></b>	<b>27-42</b>		

Natural secondary organic aerosol is not included as it represents only a small fraction (<< 10%) of the anthropogenic contribution.

Het volgende diagram geeft een indruk van de grootte van verschillende deeltjes.



Aanpak van de bron heeft om verschillende redenen de voorkeur. Vanuit het ministerie van VROM wordt bijvoorbeeld gesproken over het toepassen van roetfilters in het uitlaatsysteem van (diesel)auto's. Het blijkt dat we in Nederland met dit soort landelijk te nemen maatregelen niet alle knelpunten van luchtverontreiniging op kunnen lossen. Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) is bedoeld om aanvullende, lokaal te nemen maatregelen te ontwikkelen en te onderzoeken. Dit kunnen zowel organisatorische als technische maatregelen op, langs of in de directe omgeving van de (rijks)weg zijn.

Concreet willen wij oplossingen voor de luchtverontreiniging bij (de monden van) tunnels en overkappingen. Behalve dat dit voor bestaande en nog te bouwen tunnels van belang is, wordt op dit moment onderzocht in hoeverre het toepassen van lichte overkappingen een haalbare maatregel is voor wegen. Lichte overkappingen zijn waarschijnlijk alleen zinvol wanneer de lucht die onder de overkapping wordt afgevangen behandeld wordt.

### 1.3 Definiëren van de probleemstelling

De centrale vraag is:

Wat zijn de technische mogelijkheden van bestrijding van  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$  bij tunnels of overkappingen bij rijkswegen? Daarbij gaat het om een systeem van het kanaliseren van de lucht en de behandeling daarvan. Uiteindelijk moet dit uitgewerkt worden tot het niveau van maatregelen, die direct toepasbaar zijn door Rijkswaterstaat.

Hierbij moet niet alleen gekeken te worden naar  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$  dat is veroorzaakt door verkeer; uitgangspunt is de concentratie en samenstelling zoals die op de weg heerst. Maatregelen aan de vervoermiddelen zelf worden niet op prijs gesteld (daar zijn andere kaders voor), maar alle lokaal te nemen maatregelen komen in aanmerking.

### 1.4 Hoe gedraagt fijn stof en $\text{NO}_2$ zich?

Stikstofdioxide mengt zich volledig met de lucht. Voor fijn stof geldt dat dit in theorie zal uitzakken. Op wegen die tot de knelpunten voor luchtkwaliteit behoren geldt dat het fijn stof in de praktijk niet zal uitzakken vanwege de turbulentie van de lucht die ontstaat door het rijden van het verkeer.

Uiteraard zijn de concentraties op de weg het hoogst. Wanneer we ons van de weg af bewegen, is de mate van afname van de concentratie voor een groot deel afhankelijk van de lokale omstandigheden (wel of geen afscherming) en de weersomstandigheden (ligging ten opzichte van de windrichting en of er wel of geen neerslag is). Zowel  $\text{NO}_2$  als  $\text{PM}_{10}$  wordt door (regen)water afgevangen. De concentraties tijdens en na een regenbui zijn fors lager. Stikstofdioxide kan in de lucht reageren tot andere stikstof-zuurstof-verbindingen (bijvoorbeeld  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ). Vaak wordt dit samengevat tot  $\text{NO}_x$  omdat zij in een aantal opzichten op elkaar lijken. Opgelost in water worden zij omgezet in salpeter(ig)zuur. Van fijn stof is bekend dat er verschillende stoffen aan kunnen adsorberen. Dit geldt met name voor roet; het agressieve gedrag ten opzichte van de gezondheid wordt in belangrijke mate bepaald door deze stoffen die aan de roetdeeltjes kleven.

### 1.5 Welke oplossingen zijn er zoal te bedenken?

Voor het verlagen van de concentraties  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$  zal een luchtstroom kunnen worden gekanaliseerd en behandeld. Wanneer wordt gekeken naar tunnels en (lichte) overkappingen is de lucht uiteraard al min of meer in een kanaal aanwezig. Oplossingen moeten dus zorgen dat lucht met de hoge concentraties fijn stof en  $\text{NO}_x$  in aanraking komt met de luchtbehandelingsystemen.

Wat de behandeling van de lucht betreft moet in elk geval worden gekeken naar de methoden die in de industrie al bekend zijn. Voor de hand liggen onder meer:

- Gaswassers: water is voor zowel  $\text{NO}_2$  als  $\text{PM}_{10}$  een geschikt medium
- Filters op basis van doeken/matten/etc: geschikt voor  $\text{PM}_{10}$  maar niet voor  $\text{NO}_2$
- Filters op basis van actief kool: geschikt voor  $\text{NO}_2$  en afhankelijk van de uitvoering ook voor  $\text{PM}_{10}$
- Elektrostatische filters: geschikt voor  $\text{PM}_{10}$  maar niet voor  $\text{NO}_2$
- Katalysatoren: niet geschikt voor  $\text{PM}_{10}$  maar wel voor  $\text{NO}_2$

- “Tunnelbekleding” (betonnen wegdekken, wanden, brandwerende materialen)

Een andere optie: het verdunnen van de verontreinigingen leidt tot lagere concentraties. Deze methode heeft echter niet de voorkeur. Een echte omzetting van de verontreiniging zorgt namelijk voor een directe vermindering van het aantal knelpunten en voor een lagere achtergrondconcentratie.

## 1.6 Welke spelers horen daarbij?

Marktpartijen die in potentie oplossingen in huis hebben.

- Producenten van ventilatoren voor tunnels en voor industrie
- Producenten van luchtbehandelingssystemen
- Producenten van materialen die stoffen kunnen opnemen
- Wegen- en tunnelbouwbedrijven

Potentiële afnemers van de oplossingen

- Tunnelbeheerders
- Wegen- en tunnelbouwbedrijven
- DWW IPL

Partijen voor onderzoeks- en engineeringswerk

- GTI's en TNO
- Ingenieursbureaus
- Consultancy firma's

Geïnteresseerden

- Ministerie van V&W
- Ministerie van VROM
- Provincies
- Gemeenten

## 1.7 Criteria voor de beoordeling van maatregelen

Bij de beoordeling van de maatregelen wordt gekeken naar:

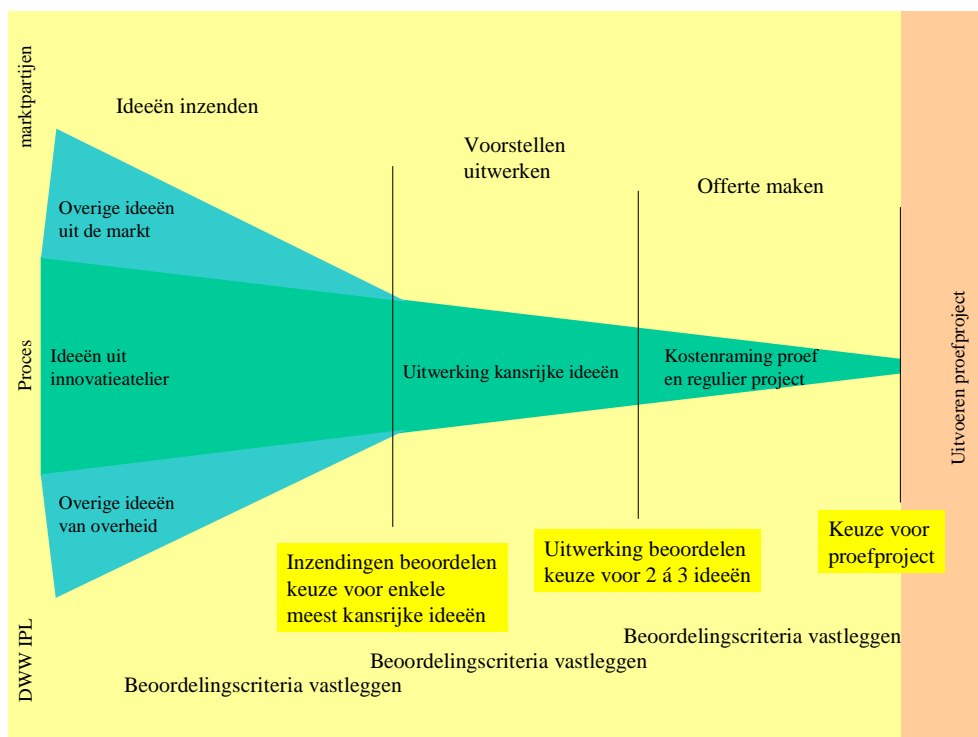
- Grootte van de reductie van NO<sub>2</sub> en/of PM<sub>10</sub>: Van belang hierbij is om een gevoel te hebben hoe het idee zich verhoudt tot andere ideeën; een reductie van 1µg/m<sup>3</sup> op immissieniveau is bijvoorbeeld al interessant (uiteraard is dit ook afhankelijk van de kosten).
- Haalbaarheid (technisch, organisatorisch en juridisch)
- Invloed op geluid: produceert de maatregel geluid of heeft hij invloed op geluidbeperkende voorzieningen voor de omgeving?
- Invloed op klimaat: zorgt de maatregel voor een verhoging of een reductie van de uitstoot van CO<sub>2</sub>? Wanneer een maatregel veel externe energie kost, is dat uiteraard een nadeel.
- Invloed op veiligheid: hiermee wordt zowel de veiligheid van de weggebruikers als omwonenden en wegwerkers bedoeld.
- Invloed op doorstroming, reistijd en bereikbaarheid: er moet een afweging worden gemaakt bij eventuele negatieve effecten.

- Toepasbaar op rijkswegen: afhankelijk van het aantal rijkswegen waar de maatregel kan worden toegepast krijgt het idee een positieve of negatieve score.
- Toepasbaar op andere locaties: afhankelijk van het aantal andere locaties (binnenstedelijke wegen) waar de maatregel kan worden toegepast krijgt het idee een positieve of negatieve score.
- Benodigde tijd tot implementatie: vanwege de urgentie van het probleem moet worden gezocht naar maatregelen die snel inzetbaar zijn.
- Stabiliteit effect maatregel: sommige maatregelen (zoals maatregelen die de doorstroming bevorderen) zorgen voor een betere luchtkwaliteit, maar kunnen ook leiden tot het aantrekken van meer verkeer. Mogelijk zijn er ook op andere gronden beperkingen aan 'de houdbaarheid'.
- Kosteneffectiviteit: uiteraard moet een afweging gemaakt worden van de kosten ten opzichte van de reducties van NO<sub>2</sub> en/of PM<sub>10</sub> en eventuele negatieve bijwerkingen. Omdat het een innovatief gebied betreft, zijn er nog geen duidelijke maatstaven voor de kosteneffectiviteit.
- Consequenties voor onderhoud en beheer, duurzaamheid van de oplossing.

## 1.8 Doelstellingen van het innovatie atelier?

Het innovatie atelier is een eerste stap in de benadering van marktpartijen voor het vinden van oplossingen voor de bovenstaande problematiek. Een eerste stap, hetgeen betekent dat er reeds volgende stappen gepland zijn.

De ontwikkeling zal in concurrentie moeten worden uitgevoerd door middel van een selectieprocedure in drie stappen. Het proces zoals geschetst heeft als doel om binnen afzienbare tijd tot een oplossing te komen, die in een proefproject zijn waarde in de praktijk heeft bewezen. Om dit doel te bereiken wordt ingezet op de innovatiekracht van het Nederlandse (Europese?) bedrijfsleven.



Het doel van het innovatieatelier in dit proces is om:

- Marktpartijen bijeen te brengen om het probleem te schetsen en te bediscussiëren.
- Marktpartijen het perspectief te schetsen en te interesseren in het vinden van oplossingen.
- Ideeën over oplossingsrichtingen uit te wisselen, te verzamelen en te combineren.
- De ideeën tegen het licht te houden en te bepalen welke onderdelen/aspecten van belang zijn voor de uitwerking.

Van het atelier verwachten wij het volgende resultaat.

- Lijst van potentiële oplossingsrichtingen.
- Marktpartijen die elkaar vinden voor het gezamenlijk aanbieden van oplossingen.
- Een aantal partijen (consortia?) die in het beschreven traject naar het uitvoeren van het proefproject streven in opdracht van DWW IPL.

### 1.9 **Perspectieven voor partijen?**

In de (nabije) toekomst zullen nieuwe en bestaande tunnels nabij de tunnelmonden de normen voor de luchtkwaliteit overschrijden. Oplossingen bij de bron (het voertuig) liggen ver weg en zijn niet toereikend. Wij verwachten dat andere oplossingen van belang zijn om de mobiliteit Nederland (en andere landen) op peil te houden. Oplossingen die ervoor zorgen dat de lucht in tunnels wordt gezuiverd, waardoor de uittredende lucht van voldoende kwaliteit is zullen in de nabije toekomst gewenst zijn. Zowel voor nieuwe als bestaande tunnels, op snelwegen en in steden. Er ontstaat dus in de toekomst hoogstwaarschijnlijk een markt voor dergelijke oplossingen. Heel concreet ligt er op dit moment een knelpunt voor het realiseren van de tweede Coentunnel.

Op Europese en wellicht wereldwijde schaal is dezelfde ontwikkeling gaande. De markt is waarschijnlijk aanmerkelijk groter dan de Nederlandse markt (eind juli was de tunnel in de Mont Blanc in het nieuws vanwege protesten van omwonenden in verband met de luchtkwaliteit).

Het in hoofdstuk 8 geschetste proces van DWW IPL biedt de kans om (gedeeltelijk) betaald te innoveren op dit gebied. Allereerst wordt het onderzoek naar de haalbaarheid van de oplossing (gedeeltelijk) gefinancierd. Het beste voorstel wordt omgezet in een betaald proeftraject. De partij die de proef uitvoert, zal de eerste zijn die een in de praktijk bewezen oplossing kan laten zien, hoeft zelf zeer beperkt te investeren en verkrijgt een voorsprong op concurrenten in binnen- en buitenland.

### 1.10 **Welke informatiebronnen zijn er al?**

Bron 1

**On health risks of ambient PM in the Netherlands**

October 2002

**RIVM report 650010 032**

Editors: Eltjo Buringh and Antoon Opperhuizen

Bron 2

**Wegen naar een schonere lucht**  
**Mogelijkheden voor verbetering van de**  
**luchtkwaliteit langs wegen**

Juni 2005

ISBN 90 6628 440 4

CROW Publicatiereeks luchtkwaliteit en verkeer

Bron 3

Het IPL programma (belangrijk als achtergrond voor de partijen!)

## 2 Uitnodiging

### **Subject**

Innovatieatelier “Verbetering luchtkwaliteit bij tunnelmonden”.

Geachte heer of mevrouw,

Luchtkwaliteit is een probleem geworden in Nederland. Uitbreiding van infrastructuur en plannen voor gebiedsontwikkeling worden geblokkeerd vanwege de negatieve gevolgen voor de luchtkwaliteit. Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat is een InnovatieProgramma Luchtkwaliteit gestart om oplossingen voor het probleem op de korte en lange termijn te vinden. Voor dit programma is een budget van ca. 20 miljoen euro gereserveerd. Het innovatieprogramma wordt uitgevoerd door een projectorganisatie (IPL).

Eén van de problemen is de luchtkwaliteit rond de toeritten van tunnels. IPL wil marktpartijen benaderen om oplossingen voor dit probleem te vinden en toe te passen. Daarvoor heeft IPL een traject bedacht, dat moet leiden tot de uitvoering van één zo'n oplossing in een tunnel door een partij (of consortium) met het beste idee. De eerste stap in dit proces bestaat uit een innovatieatelier. Een bijeenkomst met marktpartijen, waarin het probleem en de situatie worden toegelicht, mogelijke oplossingen worden gegenereerd en een eerste beschouwing over de haalbaarheid van de oplossingen wordt gegeven. Enkele weken later kunnen ideeën worden ingediend en start het selectieproces. De organisatie van het innovatieatelier wordt gedeeltelijk door TNO uitgevoerd, waarbij IPL TNO gevraagd heeft om partijen uit te nodigen die in het relatiernetwerk van TNO voorkomen.

U bent van harte uitgenodigd voor het atelier op maandag 19 september 2005 vanaf 13.00 tot ca. 21.00 uur in het Mobilion in Utrecht. U kunt zich aanmelden door middel van een E-mail aan [jos.wessels@tno.nl](mailto:jos.wessels@tno.nl).

In de bijlage is de startnotitie met een uitgebreide toelichting opgenomen, overige gegevens zoals de agenda en de routebeschrijving ontvangt u later.

Hoogachtend,  
Jos Wessels  
015-2763205

## 3 Programma

### **“Stof tot nadenken”**

**Maandag 19 september 2005**  
**Mobilion Utrecht**

Mobilion  
Groenewoudsedijk 2a  
3528 BG UTRECHT  
Telefoon: (030) 284 07 84  
Fax: (030) 294 59 76  
E-mail: [infocentrum@mobilion.nl](mailto:infocentrum@mobilion.nl)  
Routebeschrijving: [www.mobilion.nl](http://www.mobilion.nl)

**Georganiseerd door IPL en TNO**

#### **Programma**

13.00 Ontvangst

13.15 Toelichting innovatieatelier en het vervolg

13.30 Voorstellen + inbreng in het atelier

14.15 Uitleg over tunnels en luchtkwaliteit

14.45 Eerste creatieve sessie

15.30 Pauze

15.45 Tweede creatieve sessie

16.30 Terugkoppeling creatieve sessies

17.15 Toelichting keuzecriteria als introductie voor uitwerking van de ideeën.

17.30 Broodjes

18.30 Uitwerking van ideeën in groepen

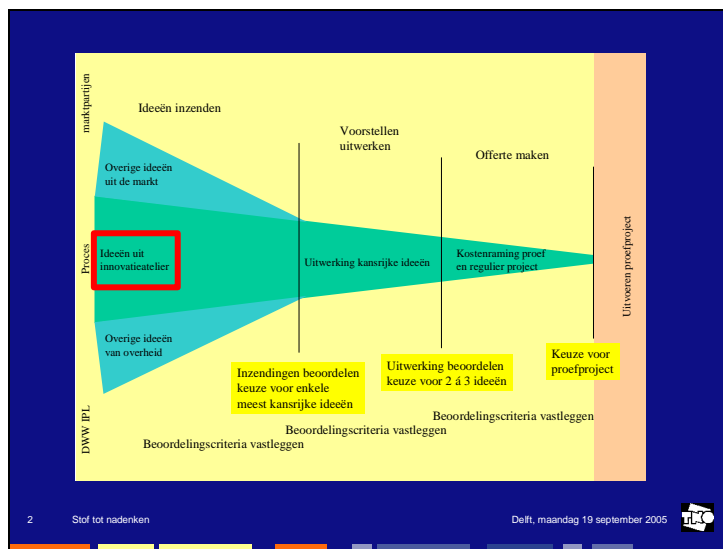
19.15 Terugkoppeling per groep (= 20 minuten!)

20.00 “Beoordelingscommissie”

20.30 Conclusies

21.00 Afsluiting

# 4 Presentatie TNO



## Luchtkwaliteit bij tunnelmonden



## TNO

- Assistentie bij organisatie "stof tot nadenken"
- Verslaglegging
- GEEN betrokkenheid bij vervolg
- Eén van de bedrijven die in het traject een rol speelt



## Spelregels

- Geven en nemen
- Uitstellen van oordeel
- Programma: divergeren, convergeren
- 35 mensen: dus veel luisteren, weinig praten
- Wat hier gezegd wordt is "openbaar bezit"
  
- Wees positief, zie de kansen, voorkom doodoeners als:
  - Dat is al zo vaak geprobeerd
  - Dat kan nooit
  - ...



## Programma

- 13.00 Ontvangst
- 13.15 Toelichting innovatieatelier en het vervolg
- 13.30 Voorstellen + inbreng in het atelier
- 14.15 Uitleg over tunnels en luchtkwaliteit
- 14.45 Eerste creatieve sessie
- 15.30 Pauze
- 15.45 Tweede creatieve sessie
- 16.30 Terugkoppeling creatieve sessies
- 17.15 Toelichting keuzecriteria als introductie
- 17.30 Broodjes
- 18.30 Uitwerking van ideeën in groepen
- 19.15 Terugkoppeling per groep (= 20 minuten!)
- 20.00 "Beoordelingscommissie"
- 20.30 Conclusies
- 21.00 Afsluiting

6

Stof tot nadenken

Delft, maandag 19 september 2005



## Voorstellen

7

Stof tot nadenken

Delft, maandag 19 september 2005



## Opdracht 1 (Individueel)

- 5 minuten eigen gedachten noteren (elke oplossing op apart A4)
- Dwing jezelf om per gedachte concreet te zijn:
  - Wat voor oplossing?
  - Waar in de tunnel?
  - Hoe werkt het?
  - Welke stoffen betreft het?

8

Stof tot nadenken

Delft, maandag 19 september 2005



## Opdracht 2 (groep)

- Schrijf zo veel mogelijk ideeën voor oplossingen op per groep
- 1 idee per vel
- Vragen/knelpunten op apart vel noteren
- Informeer elkaar over de oplossingen
- Associëren en combineren



## Opdracht 3 (groep)

- Welke vooronderstellingen zitten er achter de gevonden oplossingen
- Wat kan je verzinnen als je enkele vooronderstellingen ter discussie stelt:
  - Variaties op de oplossingsrichting
  - Optimalisaties
  - Combinaties

=> levert nieuwe ideeën op?!
- Per idee afzonderlijk noteren



## Overtref je eigen oplossingen

- Associëren
  - In of aan de grond
  - In of aan de wand
  - In of uit de lucht
- Gidswoorden:
  - Voorzetsels (in uit aan op tegen onder boven tussen rondom voor achter over naast)



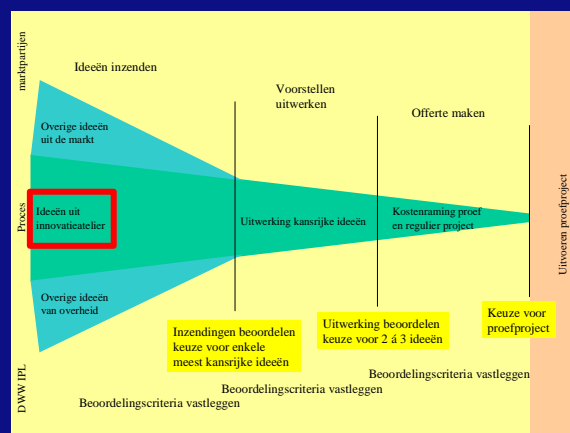
## Terugkoppeling (plenair)

- Oplossingsrichtingen
- Eigen oplossingen bij de juiste oplossingsrichting indelen
- Eventueel nieuwe oplossingsrichting voorstellen



## Opdracht 4 (groep)

- Vorm groep voor oplossingsrichting die u het meest aanspreekt
- Met beoordelingscriteria oplossingen bekijken en zorgen voor verdieping waar nodig
- Noteren op beoordelingspapieren
- Presentatie van resultaat voor beoordelingscommissie



## 5 Presentatie IPL



The cover features a blue and white abstract background with a vertical banner on the left containing the text 'INNOVATIE PROGRAMMA LUCHTKWALITEIT' and 'IPL'. The main title 'Innovatie IPL – TNO' is centered at the top. Below it, the presenter's name 'Theo Cornelissen' and the date '19 september 2005' are listed. At the bottom, the logos for 'Ministerie van Verkeer en Waterstaat' (with the VROM logo) and 'Rijkswaterstaat' are displayed.

Innovatie IPL – TNO

Theo Cornelissen

19 september 2005

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat

VROM



The cover features the same blue and white abstract background and vertical banner as the first slide. The main title 'Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL)' is centered at the top. Below it, a bulleted list of key points is provided.

Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL)

- Kennis ontwikkelen
- Verkeer op rijkswegen
- VROM – Verkeer en Waterstaat
- 3 jaar
- 20 miljoen euro

**IPL**  
INNOVATIE  
PROGRAMMA  
LUCHTKWALITEIT

## Projecten

- Titaandioxide als katalysator op schermen
- Optimaliseren schermen
- Dynamisch verkeersmanagement
- Nat reinigen van wegen
- Groenstroken langs wegen
- Lichte overkappingen en luchtbehandeling

**IPL**  
INNOVATIE  
PROGRAMMA  
LUCHTKWALITEIT

## Kader

Lichte overkappingen en luchtbehandeling

- Overkapping
- Luchtbehandeling




The illustration shows a road with several cars and a truck. A helicopter is flying above the road. In the background, there is a tunnel and a water treatment facility with a large dome structure.

**IPL**  
INNOVATIE  
PROGRAMMA  
LUCHTKWALITEIT


## Luchtbehandeling

- Tunnels en overkappingen
- Fijn stof en NO<sub>2</sub>



## Beoordeling

1. Grootte van de reductie NO<sub>2</sub> en/of PM<sub>10</sub>
2. Haalbaarheid (technisch, organisatorisch en juridisch)
3. Invloed op geluid, klimaat, veiligheid
4. Invloed op doorstroming, reistijd en bereikbaarheid
5. Toepasbaar op rijkswegen en andere locaties
6. Benodigde tijd tot implementatie
7. Stabiliteit effect maatregel
8. Consequenties voor onderhoud en beheer
9. Kosteneffectiviteit



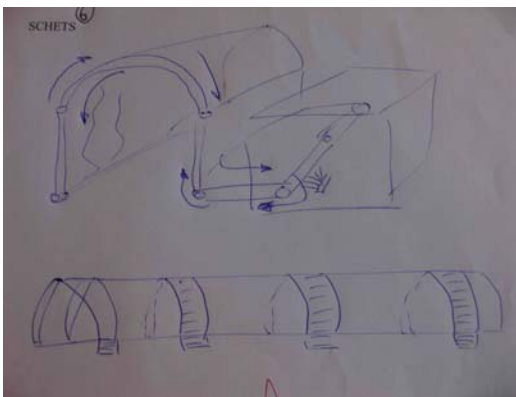
## Vervolg

- Interesse kenbaar maken  
Voor 1 oktober
- Informatie wordt toegestuurd over proces  
Offertes  
Selectie

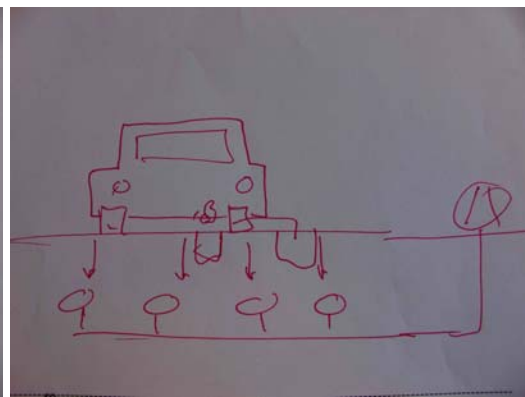
## 6 Presentatie Hans Huijben

## 7 De ideeën

1. Koude lucht uit drainage onder het asfalt
2. Minimum snelheid in de tunnel verhogen tot 140 km/uur.
3. Baffles ophangen ter filtering; rolfilter (baffle = grote geluidsabsorberende plaat van steenwol die hoog in een fabriekshal wordt opgehangen; van Dale)
4. Luchtgeleiding naar buiten de tunnel en daar afvangen.
5. Een variant van ROOD VOOR GROEN: een park naast elke tunnel waar de lucht wordt gereinigd door middel van een filter of plas, eventueel met “hulp”. Geschikt voor NOx en PM10 (Eelco den Boer)
6. Rollend doek filter-unit langs de wand van de tunnel op verschillende delen van het tunneltraject. He rollend filter wordt gespoeld en gereinigd. Gebruik maken van een speciaal “gecoat” doek. Geschikt voor fijn stof en NOx (Ton Koens)

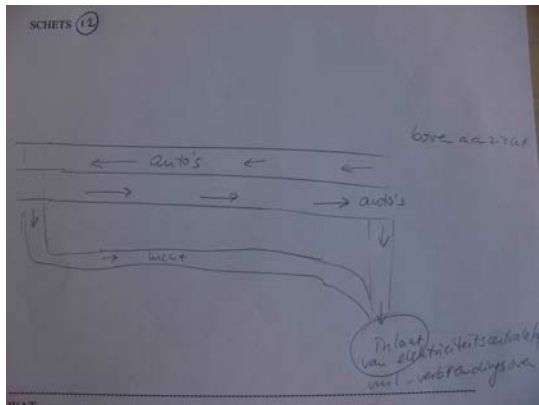


Figuur bij idee 6

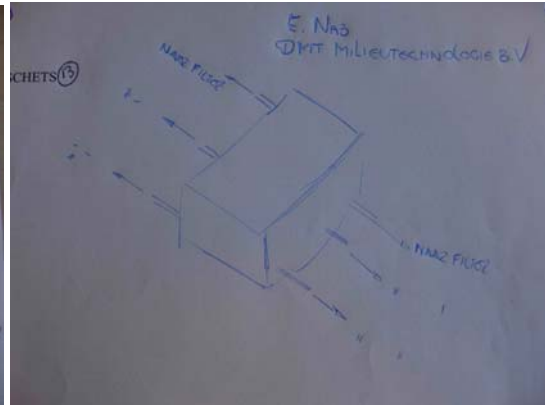


Figuur bij idee 9

7. Kopiëren van systemen van elektriciteitscentrales naar tunnels (SCR? + stoffilter). Plaatsen van een schoorsteen en de juiste technieken inzetten. Geschikt voor NOx en fijn stof.
8. Gebruik maken van “swiffers”: statisch oppervak. Plaatsen op dak en wand tunnels, vervolmaken met lopende banden. Vooral voor fijn stof.
9. Afzuiging via de straat, vooral gericht op de uitlaat. Met behulp van kanaal. Geschikt voor fijn stof en NOx
10. Vrijkomende schadelijke stoffen opvangen en hergebruiken bij industrie die er baat bij heeft. Voorbeeld: samenwerking tussen SHELL en glastuinbouw. Kunnen de emissies niet worden gebruikt voor verwarming of zijn de stoffen niet bruikbaar voor reiniging of in bepaalde producten? Samenwerking tussen RWS en industrie, wellicht intermediair (VNO-NCW, TLN) (Margreet vd Werve)
11. Natuurlijke stromingspatroon mechanisch door een geschikte filtersectie trekken afhankelijk van de zuiverheid. Liefst bij de tunnelmond. (Karel Vlekke)
12. Vrijkomende lucht gebruiken als (inlaat)verbrandingslucht in groot industrieel object. Lucht opvangen aan einde van de tullenbuizen. Voorbeeld 2<sup>e</sup> Coentunnel. (Theo Cornelissen)

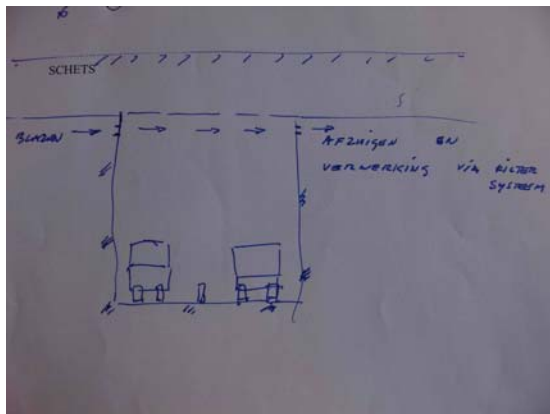


Figuur bij idee 12

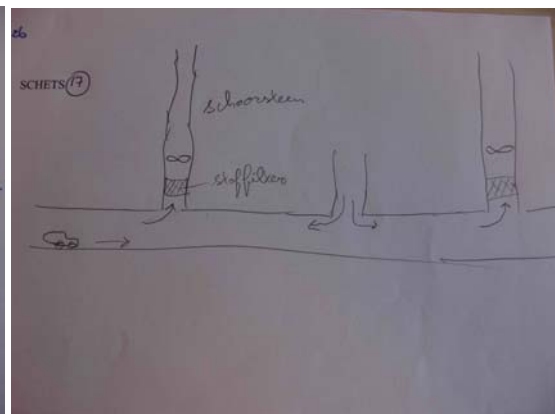


Figuur bij idee 13

13. Biologisch filter (bijvoorbeeld Biofilter), direct boven of naast de tunnel met een voorgeschakelde waterwaster voor bevochtiging en stofvang in een aparte bak. Geschikt voor alle stoffen die oplosbaar zijn in water en biologisch afbreekbaar zijn. (E. Nab)
14. Afzuigkap boven einde van de tunnel. Toevoer aan zij en onderkant. Wasser of filter in afvoer. Plaatsen aan einde van de tunnelbuis. Gespecialiseerd kapontwerp, wasser is bestaande technologie. (H. Treurniet)
15. Het horizontale luchtgordijn aan het begin en einde van de tunnel. (Gorel en Vincent Niehe)



Figuur bij idee 15

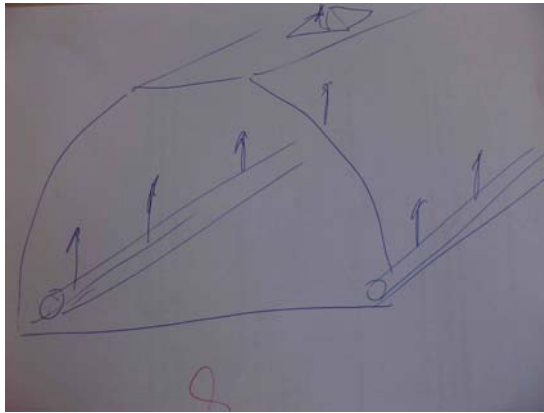


Figuur bij idee 17

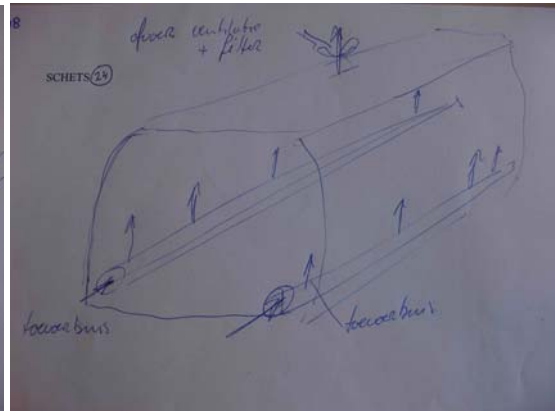
16. Biologisch filter voor de luchtbehandeling; lucht van ene buis naa ander "omkeren", zodat slechts één filter nodig is. Natte biologische filters werken ook op fijn stof. (Smulders)
17. Veel lucht afzuigen en via schoorstenen emitteren (evt. na stofverwijdering), dus geen NOx verwijdering. Schoorstenen zo ver mogelijk van de bebouwing in bosachtige omgeving, wegens onttrekken aan zicht. (Herman Kok)
18. Alleen toegang tot tunnels voor diesels met partikelfilter. (Jelle Agema)
19. Natte wanden
20. Verlengen tunnelmond
21. Lucht bijmengen
22. Afvangen en/of navermengen. In de tunnelmonden en de uitrijbakken is de meeste ruimte voorhanden (bestaande tunnels). Onder- over overdruk, gasmengsel dat vervuilde lucht gevangen kan houden? Kan bewegend verkeer hierbij helpen?

Bestaan er al bacteriën/organismen die ons kunnen helpen na het afvangen? (John van Rutten)

23. Geforceerde “up-flow” ventilatie, bovenin afvangen.

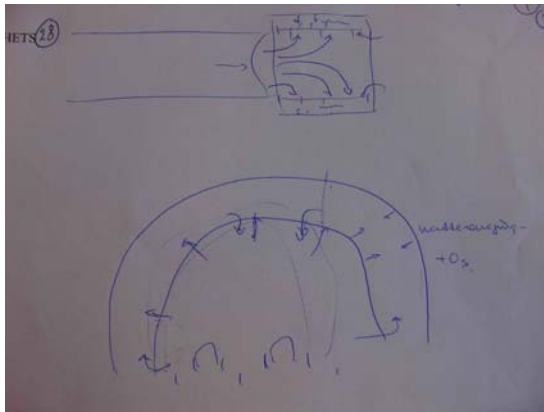


Figuur bij idee 23



Figuur bij idee 24

24. Extra toevoer van lucht voor richting geven aan de lucht. Onderin de toevoer en bovenin de afzuiging, kanalsysteem en technische ruimte. (Toine v/d Wielen)
25. Op 1/3 van de tunnel lucht aanvoeren voor verlaging concentratie, op 2/3 afvoeren. Toe- en afvoer mechanisch. De extra toevoer helpt ook het verkeer, lagere emissies!)
26. Tunnelwand bekleden met filterdoek
27. Benatten van de tunnelwand, benatten (sproei-installatie) van wegdek. Aan de zijkant van het wegdek kant opvangen en reinigen. Ook condensatie laten optreden door temperatuurverschil!
28. Behandeling van de lucht direct na de tunnelbuis in een dubbele wand.



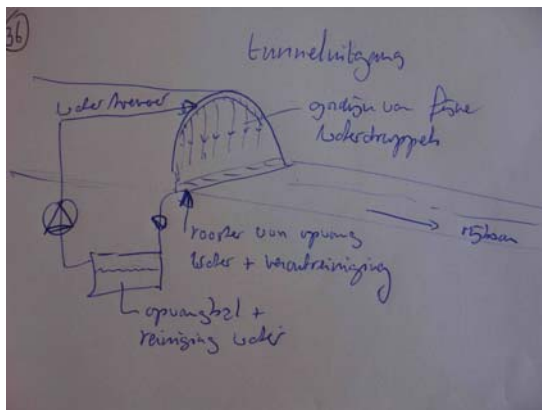
Figuur bij idee 28



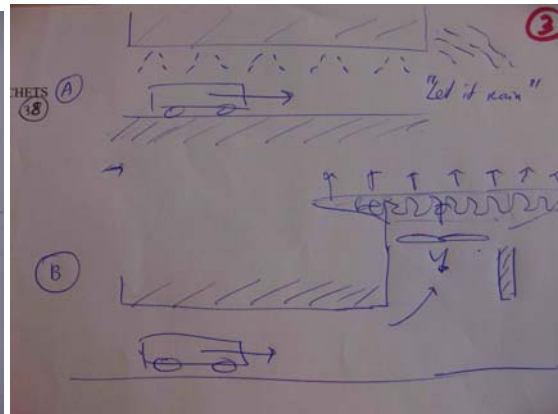
Figuur bij idee 29

29. Spinneweb aan het plafond van de tunnel. PM zet zich af op het oppervlak. Veel oppervlak kun je verkrijgen door een soort spinneweb aan draden aan het plafond te hangen. Waarschijnlijk periodiek vervangen i.v.m. verzadiging met stof. (Hans Onk)
30. Binden van stof aan tunnelwanden + wegdek. Hierbij kan gedacht worden aan de inzet van titaandioxide, het statisch maken van een wegdek (door het verkeer) en het bevochtigen van tunnelwanden en wegdek. (Patrick van Beers)
31. Tunnelwand is het filtersysteem. (Willem Bos)
32. Nat reinigen van wegdek en wanden.

33. Kan de autoband niet zijn eigen en omliggende “rommel” opruimen: Reinigende (aangroeiende?) autobanden, remschijven. “Nooit meer naar de Kwik-fit!” (J. v. Rutten).
34. Een reinigend ZOAB, die zichzelf poreus (waterdoorlatend en geluidsreducerend) houdt, de vervuiling aan zich bindt en daardoor in eigenschappen in stand blijft of zelfs verbetert (bitumen, vulstoffen en steentjes) (J. v. Rutten)
35. Nattewaterprincipe in de tunnel, aan het einde van de tunnels, eventueel in compartimenten opdelen.
36. Aan het einde van de tunnel een watergordijn van fijne druppels waarin NOx en fijn stof wordt afgevangen. In opvangbak met reiniging wordt water gereinigd en voor hergebruik retour gepompt. Aanbrengen aan het einde van de tunnel of ander “hoog concentratie”punt. (B. v.d. Boogert)

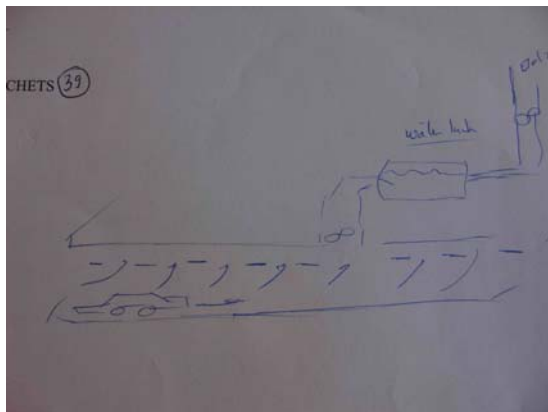


Figuur bij idee 36

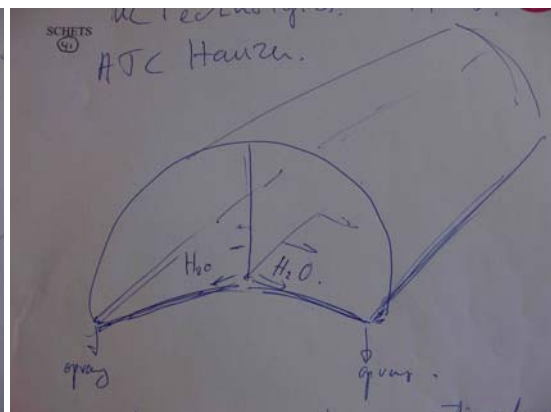


Figuur bij idee 38

37. Waterlevel in de tunnel d.m.v. sproeiers aan het einde van de tunnel, afvangen in pompcircuit. (H. Treurniet)
38. “Let it Rain” en “spread it around”. Fijne waternevel in de gehele tunnel. Grote elektrostatische blokken in combinatie met biobed en waterlevels. (Cees Knijn)
39. Luchtfiltratie in combinatie met afzuiging (veel gebruikt in scheepvaart). Ventilatiesysteem met blower die de lucht door de watergevulde tank leidt en daarna laatste stap m.b.v. elektrostatische of mechanisch filter.



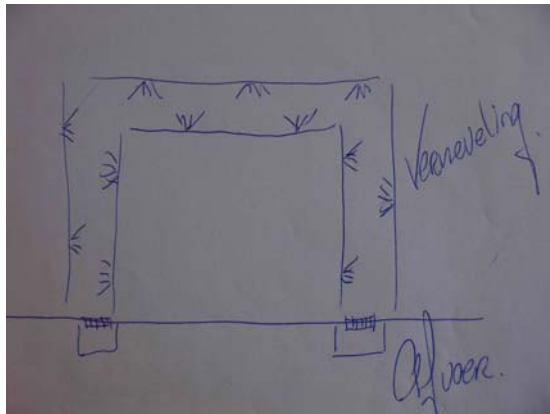
Figuur bij idee 39



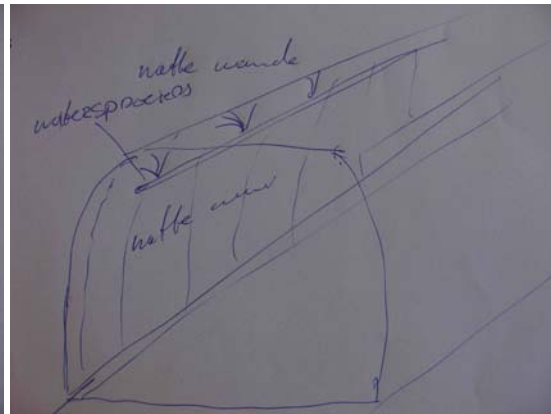
Figuur bij idee 41

40. Energiezuinig opgewekt luchtgordijn aan de tunnelmonden met “vangstof” en “katalysator”. Na meting middels sensoren op te starten en op capaciteit te regelen. (A.T.C. Hauzer)

41. Water over wegdek laten stromen. Wateropvang regen ter compensatie van de verdamping. M.b.v. gravitatie verplaatsing en weilen die zorgen vor menging. Water recirculeren. (A.T.C. Hauzer)
42. Statische elektriciteit van asfalt zodat het stof aantrekt.
43. Waternevel langs de tunnelwand en de lucht in de richting van de wanden blazen/zuigen. (H. Treurniet)
44. Natwassen en afvangen van vocht incl. stof en NOx vervuiling oor druppelvangendr en afvoer riolering (als tijdens een regenbui) aan het einde van een tunnel. (G. Saris)

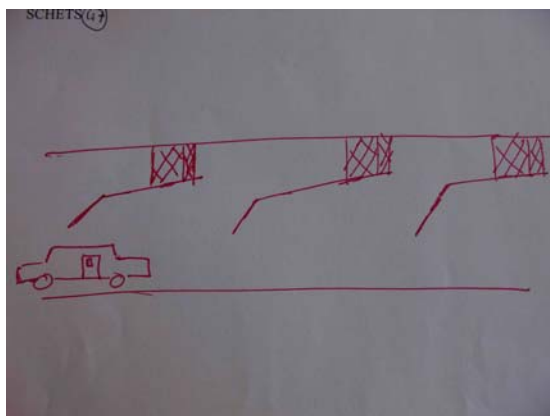


Figuur bij idee 44



Figuur bij idee 45

45. Sproei-installatie voor natte wanden, waardoor de wanden het stof opvangen. Waterleiding en sproeikoppen aanbrengen. (Toine v.d. Wielen)
46. Continu sproeien d.m.v. een nevelinstallatie aan tunneleinde om uitstoot uit de tunnel als het ware "neer te slaan". (Machiel Pronk)
47. Passief aangedreven filters/adsorbers in plafond van de tunnel. Gebruik makens van rijwind wordt een deel van de lucht door een lage drukvat filter geleid. Het rendement van het filter is laag, maar d eunit wordt vaak aangelegd. Lage drukvat door bijv. keramisch foam en vervangen indien vol; geschikt voor NOx en fijn stof. (Hans Oonk)

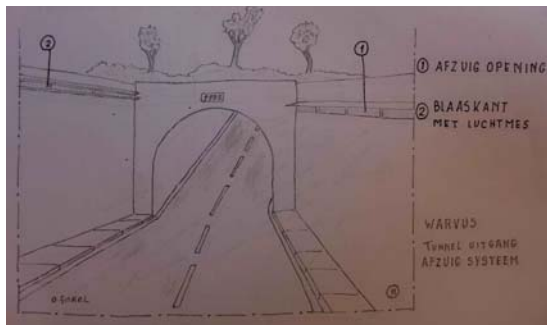


Figuur bij idee 47

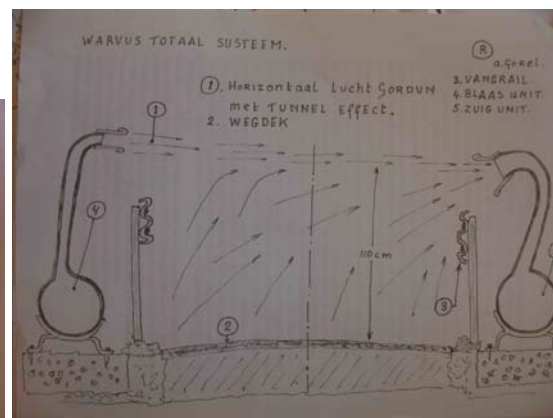
48. Ideeën Clean City Air: 1. Luchtgordijn of luchtmes voor tunnel ingang/- uitgang. 2. Om de 25 a 30 meter een spuitcabine-watgordijn- wand, elektrostatich geladen integreren in de tunnelwand. 3. Indelen van de tunnel in secties, afgesloten door een luchtgordijn. 4. Als toevoeging i.v.m. tunnelveiligheid kan er

d.m.v. automatische rook-, gas- en temperatuurdetectie op kritische momenten per sectie extra water- en koelmiddelnevel worden toegevoegd. 5. Een alternatief is een waterdeur = 5 cm brede sprinklerunit die een sectie als het ware fysiek afsluit. 6. In geval van brand kan er eventueel d.m.v. zuurstofloos/-arm maken d.m.v. vloeibare stikstof injectie/verneveling in de air-inlets gekoeld worden en de rampschaal aldus aanzienlijk beperkt. 7. T.B.V. het afdempen van het schoorsteeneffect in geval van brand kan er tevens een soort mechanisch rolgordijn/deur worden uitgevouwen en opgeblazen d.m.v. koud water of koud gas mengsel.

49. Het Warvus, Tunneluitgang systeem: een luchtcleaningsysteem van uitlaatgassen bij de tunnelmonden gecombineerd met een horizontaal Warvus lucht gordijn.
50. Het totale Warvus afzuig systeem: Afzuiging vindt plaats door Warvus zwanenhals aan ene zijde van de weg en inblaas door Warvus zwanenhals aan de andere zijde. Zo ontstaat tunneleffect.



Figuur bij idee 49



Figuur bij idee 50

## 8 De beste ideeën & aandachtspunten

### 8.1 Lucht in de tunnel reinigen

Door het gebruik van bijvoorbeeld lucht- of watergordijnen wordt de verontreinigde lucht in de tunnel gehouden. De lucht wordt gereinigd (fijn stof) door middel van nevelschem naast de rijbaan of een elektrostatische coating.

#### *Aandachtspunten*

- Veiligheid (natte rijbanen)?
- Lozing vervuild water?
- Rijcomfort (i.v.m. watergordijn)?
- Hoe NO<sub>2</sub> luchtverontreiniging verwijderen?

### 8.2 Pappen en nat houden

Deze oplossing borduurt voort op idee 8.1, waarbij het reinigingsconcept wordt verwerkt in de wand, het dak en de vloer. De constructie reinigt zelf. De tunnelbuis is de filterbuis.

Oplossingen voor fijn stof:

- langs de tunnelbuis loopt elektrostatisch water,
- wanden worden voorzien van stofbindende coating / bekleding, in combinatie met continue reiniging
- wanden sprayen met water waardoor deze continu worden gereinigd
- luchtstroming langs wandoppervlak met kleefcapaciteit
- wandoppervlak van tunnels vergroten door aanbrengen reliëf

Oplossingen voor NO<sub>2</sub>:

- water langs wanden laten lopen waarin titaandioxide is opgelost,

#### *Aandachtspunten*

- Veiligheid (titaandioxide)?
- Aantasting auto's (titaandioxide)?
- Titaandioxide werkt alleen in zonlicht

### 8.3 Concentreren

Variant op 8.1. De vervuiling wordt in de tunnel gehouden door het gebruik van twee tunnelbuizen, waarbij de lucht gecirculeerd wordt in tegengestelde richting waarin de auto's rijden. Doordat de vervuiling in de tunnel wordt gehouden zal de concentratie NO<sub>2</sub> steeds verder oplopen. Deze hogere concentraties NO<sub>2</sub> zijn efficiënter te zuiveren.

#### *Aandachtspunten*

- rijcomfort (motorrijders en cabrio's) in verband met de luchtconcentraties
- files

### 8.4 Verdunnen

Door buizen welke onderin de tunnel liggen wordt lucht omhoog geblazen en verdund tot toelaatbare concentraties.

#### *Aandachtspunten*

- turbulentie
- diameter buizen
- inblaassnelheden

### **8.5 Behandelen buiten de tunnel**

Buiten de tunnel wordt de verontreinigde lucht afgevangen met behulp van een horizontaal, dynamisch instelbaar luchtscherm. Onder dit luchtscherm wordt de lucht afgevangen en vervolgens gereinigd met behulp van diverse filter- en reinigingstechnieken.

#### *Aandachtspunten*

- installatie en instandhouden van het scherm
- dimensies van installatie om het scherm in stand te houden over grote afstanden
- gebruik van doekfilter: lucht wordt met hoge snelheden door filter geblazen. De snelheid van deze luchtstroom kan weer voor andere doeleinden worden gebruikt!!

### **8.6 Schoorstenen**

Afvoeren van lucht naar elders en daar (in de schoorsteen) filteren.

### **8.7 Verkeerstechnische maatregelen**

De voertuigen worden door middel van een transportsysteem (lopende band, roltapijt) door de tunnel verplaatst.

### **8.8 Reinigingssysteem op de auto**

Door middel van een nevelaag, die tot 0,5 m boven het wegdek reikt, worden de wielkasten gereinigd. Daarnaast wordt het wegdek nat gemaakt. Hiermee kan de weg schoon worden gespoeld en het stof van de auto's worden opgevangen.

#### *Aandachtspunten*

- vorst
- veiligheid (water op rijweg)

## 9 Vervolgtraject

### Samenwerking marktpartijen – Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL)

#### **Inleiding**

We weten dat de luchtkwaliteit rond snelwegen te wensen over laat. Wij staan open voor die een proefproject uit willen voeren op het gebied van de reiniging van lucht bij met name tunnels en/of overkappingen. Uit de verschillende ideeën wil het IPL-team het beste selecteren. Deze notitie is bedoeld om informatie te geven over het selectieproces.

#### **Aanmelding**

De partijen die interesse hebben, worden uitgenodigd zich uiterlijk 1 oktober 2005 aan te melden bij:

Theo Cornelissen  
Postbus 5044  
2600 GA Delft  
telefoon: 015-2518 317  
fax: 015-2518 555  
email: [Th.A.J.Cornelissen@dww.rws.minvenw.nl](mailto:Th.A.J.Cornelissen@dww.rws.minvenw.nl)

#### **Vervolgtraject**

De partijen die zich aanmelden krijgen informatie over het vervolgtraject. Het vervolgtraject moet nog worden vastgesteld en is afhankelijk van de uitkomsten van het Innovatieatelier. In elk geval zullen van tevoren de criteria worden gegeven waarop voorstellen worden beoordeeld.

## 10 Deelnemerslijst

Bedrijfsnaam	Contactpersoon	Telefoonnummer	Emailadres
YORK Novenco	J. Agema	010 5242436	ja@york-novenco.nl
Heijmans Infrastructuur	Ir P.J.J.M. van Beers	073 543 53 12	pbeers@heijmans.nl
Heijmans Infrastructuur	Ir L.J. Boender	073 543 57 87	lboender@heijmans.nl
Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde	E. den Boer	015 2518258	l.c.dboer@dww.rws.minwenw.nl
Syntens	Ing. B.M. van den Bogaert	026 750 17 50	vdb@syntens.nl
Bosvariant	Ir W. Bos	079 35 21 998	bosvariant@wxs.nl
Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde	Ir Th.A.J. Cornelissen	015 251 83 17	th.a.j.cornelissen@dww.rws.minvenw.nl
Warvus Cleaning Systems	A.G.P. Gorel	06 1347 57 68	eminegor@hotmail.com
UC Technologies	Ir A.T.C. Hauzer	0418 68 08 44	ton.hauzer@uctechnologies.nl
3M Nederland B.V.	R.J. Heijnen	071 54 50 377	rheijnen1@mmm.com
Multi Purpose Industries	W.J.B.M. Hoppenreijns	0541 534 125	mpi@home.nl
Rijkswaterstaat Bouwdienst	H. Huijben	030 2857982	j.w.huijben@bwd.rws.minvenw.nl
Euromate BV	C.J.M. Knijn	072 564 06 04	cknijn@euromate.nl
Clean City Air	A.D. Koens	0541 534 125	mpi@home.nl
TNO	H. Kok	055 54 93914	h.j.g.kok@mep.tno.nl
TNO	A. Moons	015 27 63324	a.moons@bouw.tno.nl
DMT Milieutechnologie B.V.	E.B. Nab	0513 63 67 89	enab@dirkse-milieutechniek.com
TNO	H. Oonk	055 54 93416	hans.oonk@mep.tno.nl
Oranjewoud vestiging Capelle a/d IJssel	M.T.J. Pronk	010 235 17 78	machiel.pronk@oranjewoud.nl
TNO	W. Roos	015 2763238	w.roos@bouw.tno.nl
Rijkswaterstaat Noord-Holland District Amsterdam	J.R. van Rutten	020 5646542	j.r.vrutten@dnh.rws.minvenw.nl
Wiltec B.V.	G. Saris	0413 24 44 44	luchttechniek@wiltec.nl
Oranjewoud vestiging Capelle a/d IJssel	Ir R.W.J. Smulders	010 23 51 771	bob.smulders@oranjewoud.nl
TNO	M. Spruijt	055 54 93405	mark.spruijt@mep.tno.nl
GTI Luchttechniek	Ir H. Treurniet	058 294 58 72	htreurniet@gti-group.com
Camfil BV	Ir K. Vlekke	0318 63 33 46	karel.vlekke@camfil.nl
Mesys BV	C. Wagenaar		wagenaar@mesys.nl
Awareness	Mw Drs M. van der Werve	070 789 04 44	mwe@awareness.nl
TNO	J. Wessels	015 27 63205	j.wessels@bouw.tno.nl
YORK Novenco	A.J. van der Wielen	010 524 24 39	tvw@york-novenco.nl
Multiconsult bv	Ir W.D.A. van 't Zelfde	0345 47 17 94	a.vantzelfde@multiconsultbv.nl