

De 'Twister'

Prijsvraag "Schoner, Stiller en Homogener asfalt"

Perceel 1: "Schoner"

Reiniging van een bestaande traditionele ZOAB wegverharding met name op een snelweg om de opwerveling van fijnstof te voorkomen of te beperken.

Eindrapport fase B (uitvoeringsfase)



Rapportnummer DWW-2007-023

Status: Definitief

Bedrijfsnaam: Dura Vermeer Infrastructuur BV

Datum: 11 december 2007

Het innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) werkt in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM aan innovatieve oplossingen die bijdragen aan verbetering van de luchtkwaliteit op en rond snelwegen. De focus ligt op snelwegen bij dichtbevolkte gebieden (zgn. "hot spots"). Daar zal bronbeleid pas op termijn toereikend zijn om de luchtkwaliteit wat betreft NO_2 en PM_{10} aan de normen te laten voldoen. IPL-maatregelen kunnen onderwijl bijdragen aan verbetering. De Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat voert het IPL uit. Met het beschikbare onderzoeksbudget identificeert, selecteert, stimuleert en beproeft het IPL kansrijke ideeën voor oplossingen. Deze worden tot en met 2008 onderzocht en beproefd. Zodra een maatregel haalbaar blijkt, wordt daarover een positief advies afgegeven. Het IPL werkt samen met kennis- en onderzoeksinstituten, andere departementen, provincies, gemeenten en marktpartijen.

Colofon

1. **Rapportnummer**
DWW-2007-023
2. **Serienummer**
Versie B
3. **Ontvanger catalogus nummer**
-
4. **Titel en ondertitel**
Schoner asfalt – de 'Twister'
5. **Datum rapport**
11 december 2007
6. **Code uitvoerende organisatie**
Dura Vermeer Infrastructuur BV
7. **Schrijver(s)**
B. Laureijssen, DVI KD A&O
S.C. Ruiter, Advin
L.A.M. Smal, DVDI
G.P.A. Kos, ECN (bijlage)
8. **Nummer rapport uitvoerende organisatie**
487050.01
9. **Naam en adres opdrachtnemer**
Dura Vermeer Infrastructuur BV
Postbus 96
2130 AB Hoofddorp
10. **Projectnaam**
Schoner Asfalt
11. **Contractnummer**
DWW-2945
12. **Naam en adres opdrachtgever**
Rijkswaterstaat
DGP & VROM
13. **Type rapport**
Eindrapport fase B (uitvoeringsfase)
14. **Code andere opdrachtgever**
-
15. **Opmerkingen**
Verspreiding: NVT
16. **Trefwoorden**
IPL, Twister, Dura Vermeer, Geïntegreerde-Twister, fijnstof, opwerveling, ZOAB
17. **Referaat**
In deze eindrapportage wordt een beschrijving gegeven van de resultaten uit de verrichte onderzoeken tijdens de uitvoeringsproef met de Twister op de A50 nabij afrit Hoenderloo. De Twister is het idee van Dura Vermeer voor de prijsvraag "Schoner, Stiller en Homogener Asfalt" perceel 1: "Reiniging van een bestaande traditionele ZOAB wegverharding met name op een snelweg om de opwerveling van fijnstof te voorkomen of te beperken". De uitgevoerde onderzoeken bevestigen een significante positief effect van de reinigende werking van de Twister. In hoeverre het reinigend effect voldoende is om bij de juiste inzet op dagen met een dreigende overschrijding van de daggemiddelde concentraties deze overschrijding tegen te gaan, kan uit de metingen niet worden geconcludeerd. Het is aan te bevelen om de werking van de Twister in een vervolgonderzoek met hogere fijnstof concentraties uit te testen.
18. **Distributie systeem**
-
19. **Classificatie**
-
20. **Classificatie deze pagina**
-
21. **Aantal blz.**
17 (exclusief bijlagen)
22. **Prijs**
-
23. **Acceptatie projectleider**
A. van den Burg
24. **Acceptatie programmamanager IPG**
Ir. C. Kempenaar
25. **Acceptatie afdelingshoofd IP**
Ir. G. Debeus
26. **Acceptatie directeur Infrastructuur**
Drs. Ing. A. L. J. Sprangers

De Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat heeft de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het Rijk sluit iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1. Inleiding.....	6
2. Uitvoering proef.....	9
3. Resultaten.....	12
4. Interpretatie resultaten.....	14
5. Conclusie.....	16
6. Aanbevelingen.....	17

Bijlagen

Bijlage A Rapportage ECN

Proloog

In de periode september 2007 tot en met oktober 2007 is door Dura Vermeer op de A50 ter hoogte van afslag Hoenderloo een proef uitgevoerd met de Twister. Het doel van deze proef was de effecten van de inzet van de Twister op de fijnstofconcentratie te meten. Door het ontbreken van de gewenste meteorologische omstandigheden en de complexe effecten van de omgeving op de concentratie fijnstof, was het moeilijk om voldoende meetresultaten te genereren.

Uit de proef met de Twister is gebleken dat op twee meetdagen er geen merkbaar verschil in fijnstofconcentratie is opgetreden. Bij de laatste meetdag is echter wel een positief significant verschil in de fijnstofconcentratie voor en na het reinigen opgetreden. Doordat de invloed van secundaire factoren (meteorologische omstandigheden en omgevingsfactoren) niet bekend is, is het uiteindelijke effect op het beoogde doel (overschrijding van het daggemiddelde tegengaan) nog niet bekend.

Voortschrijdend inzicht leert dat in overweging genomen kan worden om de Twister niet voor incidentele inzet te gebruiken, maar om het principe van de Twister toe te passen als continue reinigingstechniek, de Geïntegreerde-Twister. Op deze wijze kan bijvoorbeeld het vrachtverkeer al rijdend een deel van de passerende lucht reinigen. Als de reinigingscapaciteit van de Geïntegreerde-Twister groter is dan de eigen emissie van de vrachtwagen, wordt de ruimte boven en langs de snelweg schoner dan de achtergrond. Een kans om het fijnstofprobleem continue aan te pakken!

Dura Vermeer Infrastructuur BV,

Bas Laureijssen
Bastiaan Ruiters
Laurens Smal

Voorwoord

Samenwerking tussen overheid en marktpartijen biedt kansen om innovatie te bevorderen; zo ook in de GWW sector. Met die gedachte heeft Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde begin 2006 de prijsvraag "Verbetering van wegdekken" uitgeschreven. Bij deze prijsvraag is aan marktpartijen gevraagd om complexe vraagstukken op het gebied van luchtkwaliteit, geluidsreductie en levensduur van tweelaags-ZOAB op te lossen aan de hand van anticiperend onderzoek.

Ervaringen bij het programma 'Wegen naar de Toekomst' hadden toen al geleerd dat een alternatieve marktbenadering, zoals een prijsvraag vaak leidt tot verrassende oplossingen die ook in de praktijk implementeerbaar zijn.

De prijsvraag 'Verbetering van wegdekken' bestaat uit drie verschillende onderdelen, of percelen met elk een eigen onderzoeksvraag.

- Perceel 1: het voorkomen van het opwerpen van fijn stof uit ZOAB
- Perceel 2: reiniging van tweelaags-ZOAB om de geluidsreductie tijdens de levensduur te behouden
- Perceel 3: het verbeteren van de homogeniteit van tweelaags-ZOAB met het doel en langere levensduur te garanderen

Voor u ligt één van de drie realisatierapporten die in het kader van perceel 1 zijn opgeleverd. Ook voor de andere twee percelen zijn ieder drie rapporten afgerond. Van de dertig ingediende ideeën zijn er negen, door een onafhankelijke jury, genomineerd voor verdere uitwerking. De negen ontwikkelde ideeën zijn geschikt om in 2007 in proefprojecten te demonstreren, te monitoren en te rapporteren.

Het ontwikkel- en realisatietraject is uitgevoerd door marktpartijen en door deskundigen van de overheid getoetst op de afgesproken procedure en op de technische inhoud.

Voor perceel 1 betrof het de volgende personen:

Rijkswaterstaat DWW

Leon Kok
Theo Cornelissen
Aad van den Burg
Irene Bruines
Riekele de Boer
Rob Hofman

Marktpartijen

Heijmans Infrastructuur

Patrick van Beers, Heijmans
Jan Hoogwerff, M+P
Gerbert van Bochove, Heijmans
Hugo Hillen, Hydrovac

Combinatie SHH

Emilie van der Werff, Nedmag
Arjan Ruitkamp, Nido
Andreas Smidt-Ott, Universiteit Delft
Thijs Mackus, BAM Infra, Multiconsult

Rijkswaterstaat DON

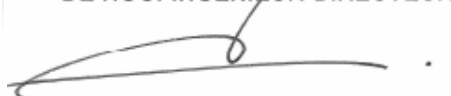
Harry Otterman

Dura Vermeer Infrastructuur

Laurens Smal, DVI
Bas Laureijssen, DVI KD/A&O
Bastiaan Ruiters, Advin

Samen is een flinke stap voorwaarts gezet bij deze vorm van publiek private samenwerking op het gebied van anticiperend onderzoek. Deze werkwijze kan in de toekomst vaker ingezet worden om onderzoeksvragen te beantwoorden.

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEER EN SCHEEPVAART
DE HOOFINGENIEUR-DIRECTEUR



drs. G.J.A. Al

Samenvatting

Binnen het onderzoeksproject 'Verbetering wegdekken' heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat (RWS) de prijsvraag 'Schooner, Stiller en Homogener Asfalt' uitgeschreven, wat zich richt op drie aandachtsgebieden. Eén van de aandachtsgebieden, perceel 1 genoemd, heeft als doelstelling:

"Ontwikkel een techniek om op het hoofdwegennet het opwerpen van fijnstof tegen te gaan met als doel de overschrijdingen van de daggemiddelde concentraties tegen te gaan. De beoogde maatregel zou alleen op die dagen kunnen worden toegepast dat de normen overschreden (dreigen te) worden."

Het idee van Dura Vermeer, genaamd de Twister¹, laat zich in het kort omschrijven als een systeem dat door middel van luchtstromingen het fijnstof op het oppervlak van het wegdek opwerfelt, de lucht met het fijnstof, filtert en de gereinigde lucht weer uitblaast. Deze uitgeblazen lucht is gezuiverd van fijnstof, dat achter blijft in de filters van het systeem.

Op een bestaande ZOAB-deklaag van de A50 ter hoogte van afrit Hoenderloo is een proef met de 'Twister' uitgevoerd. Tijdens de proefneming werden er 3 tot 10 passages per uur gemaakt. Tijdens deze passages werden concentraties PM₁₀ gemeten in de nabijheid van de het proefvak, zowel op het deel waar de passages plaats vinden als op het deel dat als referentie dienst doet.

De voornaamste bevindingen zijn dat er geen waarneembaar effect te zien is op de eerste twee meetdagen en een statistisch significant positief effect op de laatste meetdag. Deze resultaatsverschillen kunnen veroorzaakt zijn door de hogere fijnstofconcentratie op de laatste meetdag ten opzichte van die op de eerdere meetdagen, immers, bij meer fijnstof op de weg worden de concentraties fijnstof langs de weg hoger en wordt de meetruis relatief gezien minder. De mogelijkheid heeft zich echter niet voorgedaan om de invloed van deze verschillen in fijnstofconcentratie op de meting en het reinigingseffect te beoordelen. Een eenduidig beeld van de effectiviteit van de Twister is niet verkregen.

Geconcludeerd kan worden dat het op de laatste meetdag gemeten statistisch significante positieve effect de aanname van de reinigende werking van de Twister bevestigt. In hoeverre het reinigend effect voldoende is om bij juiste inzet op dagen met een dreigende overschrijding van de daggemiddelde concentraties, deze overschrijding tegen te gaan, kan uit de metingen niet worden geconcludeerd. Dit kan pas blijken uit nader uit te voeren onderzoek.

Aanbevolen wordt om onderzoek te verrichten naar toepassing van een kleefstof in de holle ruimte van ZOAB. Hierdoor kan de filterende werking van ZOAB worden vergroot. Het aanbrengen van de kleefstof en het reinigen van het ZOAB kan door middel van de inzet van de SteamCleaner². De methode lijkt veelbelovend door een continue werking en verdient daardoor de voorkeur boven een methode als die van de Twister die inzetafhankelijk is.

¹ Bron: Dura Vermeer Infrastructuur BV, rapportage DWW-2006-079, 'de Twister', Hoofddorp, november 2006

² Bron: Dura Vermeer Infrastructuur BV, rapportage DWW-2006-080, 'de SteamCleaner', Hoofddorp, november 2006

1. Inleiding

1.1 Achtergrond en idee

Binnen het onderzoeksproject 'Verbetering wegdekken' heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat (RWS) de prijsvraag 'Schoner, Stiller en Homogener Asphalt' uitgeschreven. De prijsvraag is een gezamenlijk initiatief van het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) en het Innovatieprogramma Geluid (IPG), beide uitgevoerd door DWW in opdracht van de ministeries van VenW en VROM. In deze programma's worden samen met marktpartijen en onderzoeksinstituten kosteneffectieve maatregelen ontwikkeld die ingezet kunnen worden bij het verbeteren van de luchtkwaliteit en het terugdringen van geluidshinder op en rondom het HoofdWegenNet (HWN). De innovatieprogramma's bieden ruime mogelijkheden voor het testen van veelbelovende nieuwe ideeën en producten.

De verbeterpunten van 'Schoner, Stiller en Homogener asfalt' richten zich op drie aandachtsgebieden:

- **Perceel 1. Reiniging van een bestaande traditionele ZOAB wegverharding met name op een snelweg om de opwerveling van fijnstof te voorkomen of te beperken;**
- Perceel 2. Behoud van de geluidsreducerende werking van een tweelaags-ZOAB verharding tijdens de hele levensduur preventie van vervuiling en/of reiniging;
- Perceel 3. Verhoging van de rafelingsweerstand van een tweelaags-ZOAB verharding door het verbeteren van de homogeniteit.

Door RWS is voor perceel 1 de onderstaande doelstelling gedefinieerd:

"Ontwikkel een techniek om op het hoofdwegennet het opwerpen van fijnstof tegen te gaan met als doel de overschrijdingen van de daggemiddelde concentraties tegen te gaan. De beoogde maatregel zou alleen op die dagen kunnen worden toegepast dat de normen overschreden (dreigen te) worden."

Het idee van Dura Vermeer, genaamd de Twister, laat zich in het kort omschrijven als een systeem dat door middel van luchtstromingen het fijnstof op het oppervlak van het wegdek opweeft, de lucht met het fijnstof, filtert en schone lucht weer uitblaast. Deze uitgeblazen lucht is gezuiverd van fijnstof, dat achter blijft in de filters van het systeem.

In het voorstel van de Twister is ook gewezen op de toepassing van de Geïntegreerde-Twister, te plaatsen op bijvoorbeeld elke vrachtwagen die aan het verkeer deelneemt. Met zo'n systeem is het mogelijk om het vrachtverkeer meer dan het door het verkeer geproduceerde fijnstof op te nemen, dus een meer gestructureerde oplossing in de vorm van continue reiniging. Om het geclaimde effect van de Geïntegreerde-Twister op de fijnstofconcentraties in de omgeving van de weg aan te tonen, dient buiten de scope van deze prijsvraag nader onderzoek te worden verricht.

In deze rapportage zal het uitgevoerde onderzoek naar de effectiviteit van de Twister worden beschreven.

1.2 De ontwikkelfase³

Fijnstof

Fijnstof is een mengsel van deeltjes van verschillende grootte en samenstelling. Deze deeltjes komen vrij bij verbrandingsprocessen, zoals bij het wegverkeer en in de industrie. Verder kan fijnstof door verwaaiing van bodemlagen ontstaan (landbouw) of door slijtage van banden en remblokken.

Fijnstof, ofwel in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 µm, maakt deel uit van de luchtvervuiling en heeft zodoende een ongunstig effect op de gezondheid van mensen. Ziekten die kunnen ontstaan of verergeren door fijnstof zijn hart- en longziekten, bronchitis en astma.

De normen voor fijnstof zijn sinds 2001 opgenomen in de Europese regelgeving voor luchtkwaliteit. Deze normen zijn gebaseerd op onderzoek van de World Health Organization (WHO) en zijn bedoeld om de menselijke gezondheid en de omgeving te beschermen. De Europese Unie heeft gesteld dat, vanaf 1 januari 2005, alle lidstaten moeten voldoen aan de grenswaarden voor fijnstof. De jaargemiddelde concentratie mag niet hoger zijn dan 40 µg/m³ en de daggemiddelde

³ Bron: Dura Vermeer Infrastructuur BV, rapportage DWW-2006-079, "de Twister", Hoofddorp, november 2006

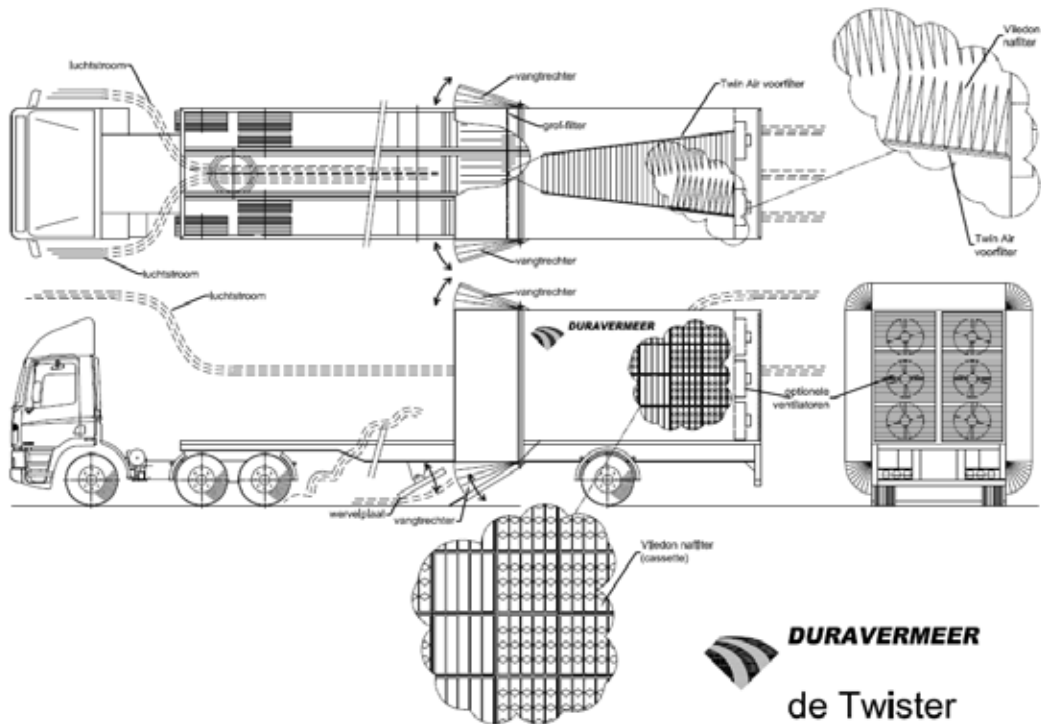
concentratie mag niet meer dan 35 dagen per jaar de norm van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschrijden. In 2010 worden de normen aangescherpt. De grenswaarde van het jaargemiddelde zal dan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedragen en de grenswaarde voor de daggemiddelde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mag slechts 7 dagen per jaar worden overschreden.

De 'Twister'

De werking van de 'Twister' bestaat uit een aantal opeenvolgende processen, namelijk:

- het opwerpen van stof;
- het geleiden van de luchtstroom met daarin de stofdeeltjes naar de filters;
- het filteren van de luchtstroom.

Het systeem kenmerkt zich door een aantal onder een hoek gemonteerde platen die door de luchtstroom (rijwind) een opwerveling van het stof op het wegdek veroorzaken. Door de luchtstroom door filtermateriaal te leiden, wordt de lucht gefilterd en wordt het fijnstof afgevangen. Uit gehouden praktijkproeven blijkt dat het veroorzaken van een opwerveling van stof met platen onder een voertuig goed is te realiseren. De toegepaste filtermaterialen zijn standaard verkrijgbare filterdoeken. Het hele systeem kan op een oplegger of aanhangwagen worden geplaatst.



Figuur 1 - De Twister

Kenmerken

Het concept van de 'Twister' is erop gebaseerd dat met de gangbare verkeerssnelheid op snelwegen kan worden gewerkt zonder dat het overige verkeer hier hinder van ondervindt. Door de grote mate van stofbelastbaarheid kan het reinigen en verwisselen van filtermaterialen buiten de bedrijfstijd geschieden en is het systeem 100% beschikbaar tijdens de periode dat een piekoverschrijding van PM_{10} dreigt. De fijnstoffangst van het gebruikte filtermateriaal bedraagt conform norm EN-779 97%. De effectiviteit in termen van "reductie van de opwerveling van fijnstof vanaf het wegdek" is, naast de nuttige stofvangst per locatie per passage, afhankelijk van:

- de concentratie PM_{10} op de locatie;
- de aanvoer in de betreffende periode van nieuw, vrijkomend fijnstof afkomstig van het wegverkeer;
- de aanvoer in de betreffende periode van nieuw, vrijkomend fijnstof afkomstig van andere bronnen dan het wegverkeer.

Een gecontroleerde afvoer van het residu (het afgevangen stof) is mogelijk via de huidige gebruikelijke methoden voor afvoer van vrijgekomen materialen. Het is aan te bevelen het residu (en de fijnfilters) voor analyse en verwerking aan te bieden aan daarvoor gecertificeerde verwerkingsbedrijven.

1.3 Uitvoeringsfase

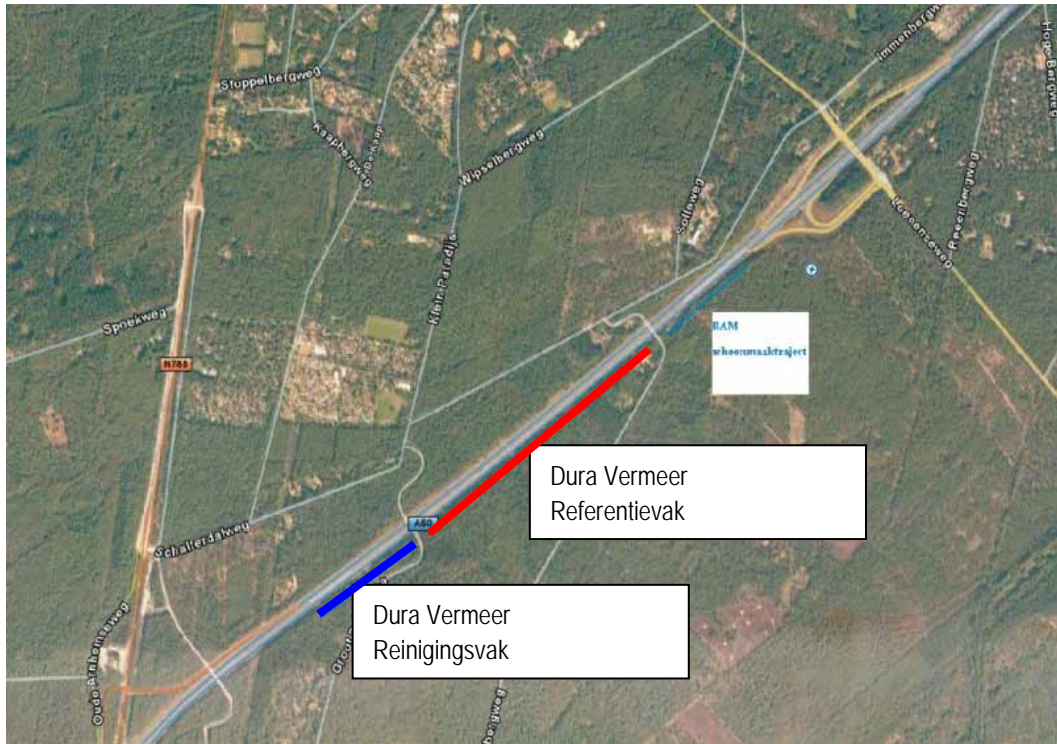
Door Rijkswaterstaat is een aanvullende opdracht gegeven voor het uitvoeren van een proef met de Twister. Op een bestaande zoab-deklaag van een autosnelweg wordt een proefvak gekozen waar over een afstand van tenminste 400 meter de 'Twister' wordt ingezet. Tijdens de proefneming worden er 3 tot 10 passages per uur gemaakt. Tijdens deze passages worden concentraties PM₁₀ gemeten in de nabijheid van de het proefvak, zowel op het deel waar de passages plaats vinden als op het deel dat als referentievak dienst doet. De metingen, resultaten, conclusies en aanbevelingen van deze proef worden in de hiernavolgende hoofdstukken beschreven.



2. Uitvoering proef

2.1 Locatie proefvak

Het proefvak van Dura Vermeer is gelegen op hoofdrijbaan rechts van de A50 tussen km 195,7 en km 196,5, dit is ter hoogte van het viaduct Groot Panorama. Het proefvak is één van de drie proefvakken welke voor de uitvoeringsfase van perceel 1 door Rijkswaterstaat ter beschikking zijn gesteld en grenst aan het proefvak van Combinatie SSH.



Figuur 2 - Locaties proefvakken

De proefvakken zijn per vak opgedeeld in een referentievak en een reinigingsvak.

Vak-nummer	Aannemer	Referentievak		Reinigingsvak	
		Van km	Tot km	Van km	Tot km
1	Heijmans Infrastructuur BV	201.6	201.8	200.2	200.5
2	Combinatie SSH	196.8	197.0	197.1	197.3
3	Dura Vermeer Infrastructuur BV	196.2	196.5	195.7	195.9

Tabel 1 - Indeling proefvakken

2.2 Uitvoeringswijze van de proef

De proef met de Twister is uitgevoerd door Dura Vermeer in samenwerking met ECN-Lukwa. Dura Vermeer heeft de benodigde afzettingen geplaatst en de inzet van de Twister uitgevoerd. ECN-Lukwa heeft de meetopstellingen geplaatst en de metingen verricht.

De meetopstellingen van ECN-Lukwa zijn zuidoostelijk van de A50 opgesteld, zodat met de overheersende windrichting gemeten is. Windopwaarts zijn geen instrumenten geplaatst. Op ieder meetpunt (windafwaarts van ieder te bemeten wegvak) is een set van twee optische meetinstrumenten geplaatst, te weten:

- LasX, met een meetbereik van 0.1 tot 10 μm ;
- FSSP-100 met een meetbereik van 1 tot 50 μm .

De instrumenten zijn gekalibreerd met respectievelijk bolletjes monodispers polystyreen latex en met monodisperse glasbolletjes. De Las-X werd voor de back-up geïnstalleerd, om dienst te doen in geval de voor dit meetdoel meer geschikte FSSP's zouden uitvallen.

2.3 Meetstrategie

2.3.1 Meetdagen

Totaal is er vier dagen gemeten:

Meetdag 1 – 12 september 2007

Op 12 september hebben de FSSP's eerst naast elkaar gestaan om het verschil tussen de instrumenten te bepalen en om de verschillen tussen de wegvakken te bepalen en om eventueel optredende problemen op te lossen. De wegvakken zijn te onderscheiden in een reinigvak en een referentievak. Eerst is bij het reinigvak gemeten en later bij beide vakken doordat de FSSP95 naar het referentievak verplaats werd en de andere FSSP bij het referentievak bleef staan. Op deze testdag is nog niet met de Twister gereden.

Meetdag 2 – 13 september 2007

Op 13 september zijn de FSSP's direct apart op de verschillende meetlocaties geplaatst en is er enige tijd gemeten zonder dat er reiniging plaats vond. Om 15:00 uur is begonnen met de reiniging.

Meetdag 3 – 14 september 2007

Op 14 september zijn de FSSP's eerst weer naast elkaar gezet bij het te reinigen vak en vervolgens is er enige tijd bij de verschillende vakken gemeten voordat om 15:00 uur weer met de reiniging werd begonnen. De weersomstandigheden verslechterden om 17:00 drastisch, doordat er een pittige regenbui viel. De metingen zijn toen direct gestopt omdat bij nat wegdek geen zinvolle metingen meer mogelijk zijn.

Meetdag 4 – 9 oktober 2007

Op 9 oktober hebben opnieuw metingen plaats gevonden en ook weer op dezelfde wijze als op 14 september: eerst hebben de FSSP's naast elkaar gemeten, daarna stonden de apparaten bij de afzonderlijke wegvakken.

2.3.2 Meetpunten

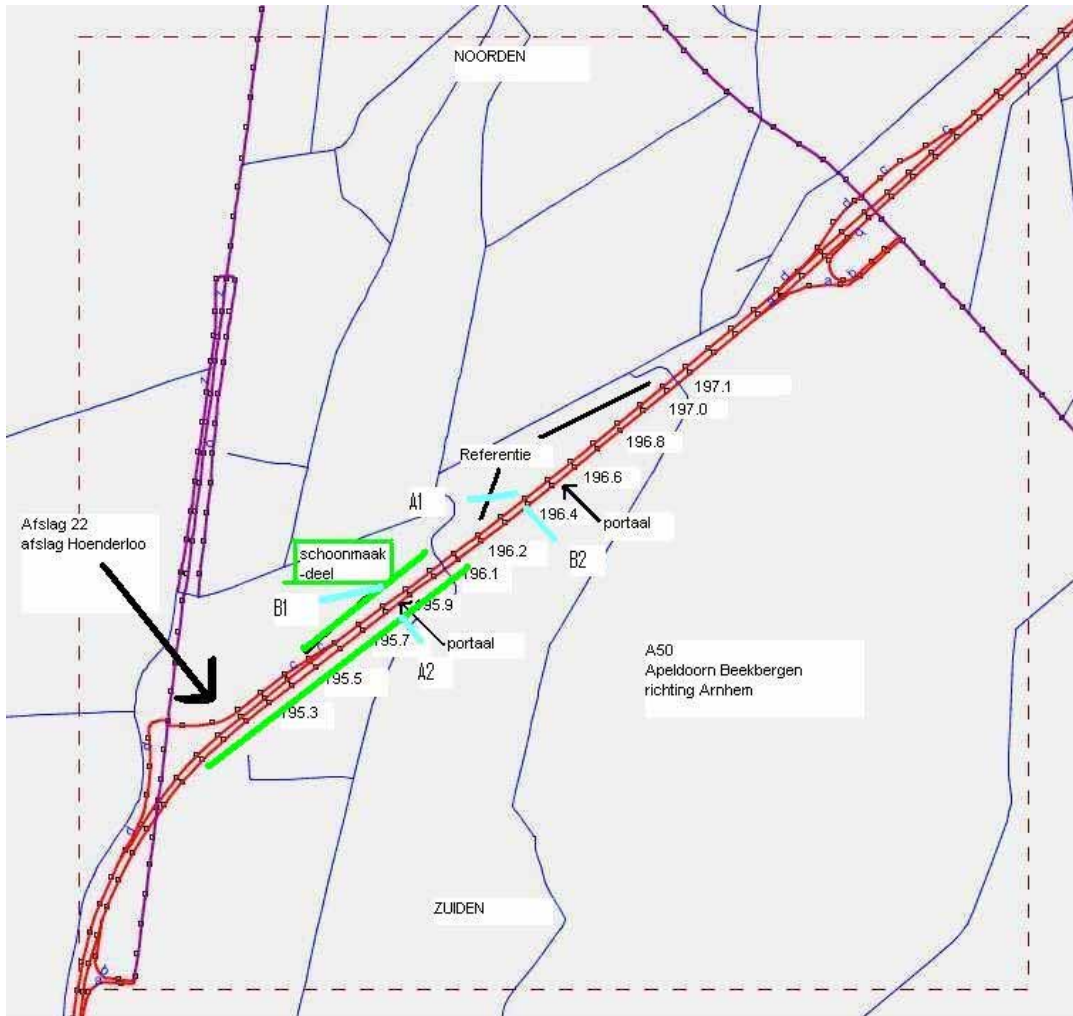
De meetpunten zijn op de onderstaande locaties geplaatst, uitgaande van een westenwind:

- Meetpunt A2: bij hectometerpaal 195,8 t.b.v. het reinigen;
- Meetpunt B2: bij hectometerpaal 196,4 t.b.v. de referentiemeting.

De meetopstellingen zijn in Figuur 3 weergegeven.

2.3.3 Windopwaarts/windafwaarts meten

Na toewijzing van de meetlocatie is gebleken dat een aanpassing van de oorspronkelijke meetmethode wenselijk was gelet op de verdiepte ligging van de weg en de bosrijke omgeving. Gekozen is om windafwaarts te meten.



Figuur 3 - Locaties meetopstellingen

Waarom windafwaarts gemeten is

De metingen vinden plaats in een gebied waarbij aan beide zijden bos gelegen is. Het voordeel is dat er windopwaarts geen belangrijke bronnen zijn die verstorend zouden kunnen werken op de metingen, de vergelijkbaarheid van de wegvakken zal daardoor groter zijn dan bij een open gebied. Het nadeel is dat van de weg terugkomende wervels de windopwaartse metingen kunnen beïnvloeden, waardoor een meting windopwaarts niet als achtergrond kan dienen voor aftrek van de hoeveelheid gemeten stof windafwaarts. Anderzijds is het de vraag of überhaupt een achtergrond in mindering mag en moet worden gebracht: immers, als de referentiewaarde is gemeten en de aanvoer van achtergrondaerosol vanuit de bosomgeving is niet verstoord dan kan worden volstaan om het verschil van de wegvakken te bepalen.

Waarom niet in open gebied gemeten is

De metingen vinden niet in een open gebied plaats. Het voordeel van metingen in een open gebied kan zijn dat er wat meer windsnelheid is wat mee zou kunnen helpen het opgewaaide stof naar de instrumenten en monsternemers te krijgen. Het nadeel kan zijn dat de windsnelheid dermate hoog is dat er verdunning plaats vindt. Een ander nadeel is dat er windopwaarts bronnen kunnen zijn die verstorend kunnen werken: dit vereist daarom dat er windopwaartse metingen plaats vinden (voor ieder wegvak) om de niet-homogene aanvoer van achtergrondaerosol vast te kunnen stellen en daarvoor te kunnen compenseren door de gemeten concentraties in mindering te brengen op de concentraties die windafwaarts gemeten zijn.

3. Resultaten

De bouw van de Twister verliep voorspoedig. De inzet van de Twister werd echter bemoeilijkt door de optredende (weers)omstandigheden met consequenties voor de fijnstofconcentraties. Een fijnstofconcentratie van enige omvang is immers pas aanwezig na een periode van droogte én weinig wind. Ook dienen verstoringen door lokale emissiebronnen te worden vermeden.

3.1 Meetomstandigheden

Volgens het meetplan zou in eerste instantie de proef met de Twister half mei worden uitgevoerd. De meteorologische condities waren echter zodanig slecht dat niet eerder dan in week 37-2007 voor de eerste keer kon worden gemeten. Door de opkomende regen kon het meetprogramma in deze week niet worden afgewerkt. Het vervolg van de meting kon pas op 9 oktober 2007 worden uitgevoerd. Dit bleek vooralsnog de laatste mogelijkheid in 2007.

Vanwege de verkeerssituatie op de meetlocatie was reiniging op de linkerstrook alleen toegestaan buiten de spitsuren en dan alleen bij daglicht. Omdat door het late jaargetijde de nachten door dauw te vochtig zijn, is alleen een avondmeting zinvol en bleef de reiniging van de linkerrijstrook daardoor beperkt tot het invallen van de duisternis.

3.2 Visuele waarnemingen

Tijdens de uitvoering van de proef is gebleken dat het verkeer reageerde op de naast de rijbaan geplaatste meetapparatuur. Ondanks dat door middel van verkeersborden en (na de tweede meetdag) met een tekstkar werd aangegeven dat luchtstofmetingen werden uitgevoerd, remden veel van de voertuigen in de nabijheid van de meetapparatuur (waarschijnlijk werd deze als mogelijke snelheidsmeetapparatuur gezien). Tot voor het moment van opengaan van de spitsstrook leidde dit zelfs tot een aanzienlijke vermindering van de snelheid, filevorming en optrekkend verkeer. Het remmen en optrekken van het verkeer heeft waarschijnlijk de aanwezige fijnstofconcentratie beïnvloed.

Op alle meetdagen werd rond 16.00 de spitsstrook opengesteld. Hiermee werd de op die dag nog niet bereden vluchtstrook een rijstrook. Dit heeft waarschijnlijk de aanwezige fijnstofconcentratie beïnvloed.

3.3 Metingen

De resultaten van de metingen zijn als bijlage aan deze rapportage toegevoegd, zie Bijlage A "Rapportage ECN". De tijdreeksen die in deze bijlage getoond worden zijn steeds uurgemiddelde waarden (bijvoorbeeld: uurvak 13 is de periode van 13:00 tot 14:00) omdat de fluctuaties per kleinere tijdseenheid steeds groter worden en daarmee ook de moeilijkheid van interpretatie. Pm10-aantallen staat voor alle getelde deeltjes van 1 tot 10 μm , PM10 voor de gecumuleerde massaconcentratie van 1 tot 10 μm en tenslotte staat PM32 voor de gecumuleerde massaconcentratie van 1 tot 32 μm .

Er bleken verschillen te zijn tussen de FSSP's op de eerste dag en die zijn vervolgens verdisconteerd in de meetdata van de tweede dag. Bij de uitwerking van deze dag (13 september) is echter ook een normering op de eerste metingen uitgevoerd, omdat bleek dat het stof komend van de wegvakken wat afweek van de dag daarvoor. Omdat dit in een tussentijdse uitwerking al opgemerkt was, was dit een reden om op vrijdag 14 september opnieuw de FSSP's eerst naast elkaar te plaatsen en pas daarna bij de afzonderlijke wegvakken. De eerder gevonden afwijkingen konden immers meerdere oorzaken hebben: of door verandering in de meetapparatuur, of door een variatie van de toestand op de wegvakken. Voor verwerking van de data van de 14e is daarom eerst genormeerd met de referentiemetingen van de apparaten en vervolgens met de uitkomsten van de referentiemetingen bij de afzonderlijke wegvakken van vóór de reinigungsacties.

De waarden van de fijnstofconcentraties bij de bemeten wegvakken zijn steeds eerst gemiddeld over een uur en vervolgens op elkaar gedeeld (uitkomst reinigingsvak gedeeld door referentievak), waardoor per uur een factor resulteert die aangeeft van welk wegvak de meeste fijnstof aan komt waaien. Indien een factor groter dan 1 is, is er in ieder geval géén schoonmaakeffect. Bij een factor lager dan 1 zou er een effect kunnen zijn, als tenminste de statistische significantie aangetoond is: in dat geval moet de som van (de waarde van) de factor en bijbehorende spreiding lager dan 1 zijn. Zo beschouwd, lijken alleen de metingen van 9 oktober een statistisch significant effect aan te geven. De ruis



(ofwel standaard deviatie) van de gevonden gemiddelde factor is zodanig laag dat de factor met de ruis samen lager dan 1 is: dat geeft aan dat er een significant verschil in fijnstofverspreiding van de twee wegvakken is. De gebruikte apparatuur heeft geen driftprobleem omdat geen spanningssignaal maar pulshoogtes gemeten worden. De apparatuur is voor de metingen gekalibreerd met monodisperse glasbolletjes van 15 en 32 μm . De (jarenlange) ervaring met deze apparatuur is dat er een grote stabiliteit is. Er werden geen afwijkingen in de kalibraties gevonden.

4. Interpretatie resultaten

4.1 Meting

Op 13 en 14 september lijken de fijnstofconcentraties licht toe te nemen bij het wegvak dat gereinigd wordt. Doordat de spitsstrook aan het einde van de middag open gaat (doet voor die tijd dienst als vluchtstrook), ligt het voor de hand dat op beide locaties dan een toename van de fijnstofconcentratie te zien zal zijn. Omdat de Twister dan ook over de spitsstrook gaat rijden zou het meetvak achter moeten blijven in de toename van de fijnstofconcentratie zoals blijkt uit de meetresultaten (zie de figuren in Bijlage A "Rapportage ECN"). Op 9 oktober lijkt er een lichte - maar vooral relatieve - afname te zijn. Relatief, aangezien het verschil in fijnstofconcentratie voornamelijk te wijten was aan een toename bij het referentievak. De vraag is of er lokaal een toevallige toename is door de uitbreidende verkeersstroom (spitsstrook open) in plaats van lokaal een verminderde afname door schoonmaakacties. Dat laatste impliceert dat er wel een afname is maar niet ter plekke zichtbaar doordat tegelijkertijd meer stofopwerveling kan plaatsvinden door de uitbreidende verkeersstroom. Dat is ook juist de reden dat er steeds een referentiemeting bij een referentievak moet plaatsvinden. Om tegelijkertijd optredende effecten te kunnen uifilteren.

Aangezien er twee dagen zijn met de tendens van toename en slechts één met mogelijke afname is er slechts te concluderen dat er, algemeen beschouwd, geen relevant effect zichtbaar is, of dat in ieder geval de toestand van de wegvakken in september van dien aard was, dat schoonmaken toen geen (aantoonbaar) effect had. In Bijlage A "Rapportage ECN" zijn de variaties te zien die ontstonden zonder dat er schoonmaakacties plaats vonden. Ook dan blijken vrij grote variaties mogelijk te zijn, waarmee mede duidelijk wordt dat het moeilijk is om - met de beschikbare beperkte set metingen en bij condities als bij deze metingen - een duidelijk beeld van een beperkt reinigingseffect te verkrijgen.

Op 13 september werd het beeld waarschijnlijk verstoord doordat de verkeersdeelnemers het eerste meetpunt (reinigingsvak), aanzagen voor een snelheidscontrole. Daardoor kan de snelheid bij het referentiepunt - dat honderden meters verderop lag - zodanig verminderd zijn dat er daar door het verkeer minder stof opgewerveld werd. Op de veertiende september gold dit niet, of in veel mindere mate, omdat toen een duidelijker bord voor de meetvakken geplaatst was, waarop stond aangegeven dat er metingen aan luchtverontreiniging plaats vonden. Op 9 oktober was de volgorde van referentievak en reinigingsvak -voor wat betreft de rijrichting betreft- omgekeerd met die van 14 september, omdat toen aan de andere zijde van de weg gemeten werd vanwege de andere windrichting.

Op de meetdagen in september kwam de wind vanuit het westen en op de meetdag in oktober vanuit het oosten. Op alle dagen was de windsnelheid zodanig zwak dat de rijwind (1 tot 3 m/s) - veroorzaakt door het verkeer - dominant was.

De voornaamste bevindingen zijn dat er geen waarneembaar effect te zien was op de eerste twee meetdagen en een statistisch significant positief effect op de laatste meetdag. Deze resultaatverschillen kunnen veroorzaakt zijn door het hogere fijnstofconcentratie op de laatste meetdag ten opzichte van de eerdere meetdagen. De mogelijkheid heeft zich echter niet voorgedaan om de invloed van deze verschillen in fijnstofconcentratie op de meting en het reinigingseffect te beoordelen. Een eenduidig beeld van de effectiviteit van de Twister is niet verkregen.

De invloedsfactoren die tot nu toe een onbekende invloed hebben op de meetresultaten zijn:

- De invloed van aanvoer van fijnstof door de rijwind over de grens van de meetvakken (fijnstof dat door het verkeer in de rijrichting wordt meegezogen);
- De invloed van de verhouding achtergrondconcentratie versus concentratie opgewerveld stof. Met name na het openstellen van de spitsstrook kan dat mogelijk een grote variatie in fijnstofconcentraties veroorzaken.
- De invloed van de snelheidsvariaties van het verkeer hebben vermoedelijk een effect op het meetresultaat;
- Het aantal passages van de Twister is beperkt door de grootte van het circuit (heen- en terugrijden) dat moet worden afgelegd (7 passages per uur). Het aantal passages is niet afgestemd op de aanwezige fijnstofconcentratie.

4.2 Geschiktheid van de techniek voor het beoogde doel

De techniek van de Twister is geschikt voor het afvangen van fijnstof. Alle door de het filter passerende lucht wordt gereinigd, waarbij in principe afvangstpercentages⁴ van circa 98% gehaald kunnen worden voor de relevante deeltjesgroottes. Bij een rijsnelheid van 80 km/uur en een frontaal oppervlak (inwendig) van de Twister van 5,6 m² levert dit per seconde bij benadering 124 m³ gereinigde lucht op.

De wervelplaten van de Twister hebben als functie het opwerpen van het fijnstof van het wegdek. In combinatie met de vangtrechter zorgt dit ervoor dat de lucht met het opgewervelde fijnstof naar de filters wordt geleid. De hoeveelheid lucht en opgewerveld fijnstof die hiermee extra door de filters wordt geleid, is onbekend. Verwacht mag worden dat dit tot een toename leidt van de hoeveelheid te vangen fijnstof per tijdseenheid.

Door de beperkingen van de metingen zoals die zijn uitgevoerd en reeds eerder genoemd in deze rapportage is een positief effect van inzet van de Twister nog niet eenduidig aangetoond. Hiervoor is het nodig om met de Twister voldoende proeven uit te voeren in een langere periode waarin normaliter van opwerveling van fijnstof sprake is. De dan verkregen data moet van voldoende omvang zijn zodat het mogelijk is om statistisch aan te tonen dat de Twister geschikt is voor het beoogde doel.

⁴ Bron: ECN Petten, H.M. ten Brink & G.P.A. Kos, "Bepalen van de vangstefficiëntcy van foamfilter van de firma Twin Air voor deeltjes in het bereik van 2.5 tot 20 micrometer", Petten, oktober 2006.

5. Conclusie

De opgedane ervaringen tijdens de uitvoering van de proef en de resultaten van de onderzoeken leiden tot de onderstaande conclusies:

- Er waren te weinig geschikte dagen om de metingen uit te voeren;
- De meetresultaten zijn te beperkt om een eenduidige conclusie op te stellen;
- De meetresultaten zijn beïnvloed door de verschillende omstandigheden tijdens de meetsessies, o.a.:
 - De snelheidsverschillen van het passerende verkeer (filevorming, snelheidsreductie);
 - De openstelling van de spitsstrook tijdens de meetsessies, waardoor een effect optreedt waar geen ervaring mee was;
 - Het optreden van wisselende weersomstandigheden (o.a. neerslag en wind);
 - Een wisselende verkeersintensiteit;
 - Het aanwezig zijn van verschillen in massaconcentraties op de verschillende meetdagen. Onbekend is in hoe verre de meetresultaten worden beïnvloed door de verschillen in massaconcentraties, maar verondersteld wordt dat de resultaten beter zijn bij een hogere concentratie. Bij een lagere massaconcentratie is immers de invloed van de omgevingsfactoren relatief groter.
- Er zijn sterke aanwijzingen dat de methode effect heeft gehad, bij aanwezigheid van voldoende massaconcentratie. Onbekend is echter of de Twister aan het gestelde doel voldoet. Van belang is echter wat de massaconcentratie is op het moment dat de piekconcentratie wordt overschreden, zodat kan worden bepaald of inzet van de Twister adequaat is of niet.
- De proef is uitgevoerd met één Twister, terwijl in de gegeven situatie van een hoge fijnstofconcentratie mogelijk de inzet van meerdere Twisters noodzakelijk is (zoals bijvoorbeeld bij de inzet van het aantal in te zetten sneeuwpluogen op een rijksweg afhankelijk is van de intensiteit van de sneeuwval);
- De meetmethode is een indicatieve meetmethode. Een uitgebreidere meting is noodzakelijk om te bekijken wat het werkelijke effect is van de Twister. Pas dan kan een beschouwing van de kosteneffectiviteit worden opgesteld.
- Het rijden met de Twister in de verkeersstroom mee (met 80 km/uur) geeft geen problemen;
- De kosten van de bouw van de Twister zijn beperkt, evenals de kosten voor de inzet.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat het op de laatste meetdag gemeten statistisch significante positieve effect de aanname van de reinigende werking van de Twister bevestigt. In hoeverre het reinigend effect voldoende is om bij de juiste inzet op dagen met een dreigende overschrijding van de daggemiddelde concentraties, deze overschrijding tegen te gaan, kan uit de metingen niet worden geconcludeerd. Dit kan pas blijken uit nader uit te voeren onderzoek.

6. Aanbevelingen

Naar aanleiding van de opgedane ervaringen tijdens de proef met de Twister en de resultaten van de metingen worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- De Twister kon door de meteorologische omstandigheden in het beschikbare tijdsvak onvoldoende worden beproefd. De resultaten van de metingen laten echter wel een significant positief effect zien. De Twister verdient het om middels aanvullende proefnemingen te worden onderzocht. Voor deze proefnemingen is een droge periode van minimaal twee weken noodzakelijk, bij voorkeur in de maanden mei/juni. De proefnemingen kunnen worden uitgevoerd conform de gehanteerde meetmethode en op dezelfde locatie.
- Het is aan te bevelen om een vervolgonderzoek uit te voeren waarbij de werking van de Twister bij hogere fijnstof concentraties wordt uitgetest. De fijnstof concentraties in het 3^e en 4^e kwartaal van 2007 waren (door de vochtige weersomstandigheden) waarschijnlijk niet vergelijkbaar met in andere zomers voorkomende fijnstof concentraties.
- Uit nader onderzoek⁵ ⁶ naar de piekoverschrijdingen van de daggemiddelde fijnstofconcentratie blijkt dat dit duidelijk minder is dan tijdens het uitschrijven van de prijsvraag werd verondersteld. Men kan zich daarom afvragen of men zich dan ook verder moet richten op de piekoverschrijdingen van de daggemiddelde fijnstofconcentratie.
- Het in de Twister toegepaste filterprincipe bestaande uit het filteren middels een met niet vluchtige vloeistof geïmpregneerd poreus filtermateriaal. Analoog aan dit filterprincipe kan ook de stofvangst van het ZOAB worden vergroot door in de holle ruimte een kleefstof aan te brengen. Het aanbrengen van de kleefstof en het reinigen van het ZOAB kan door middel van de inzet van de SteamCleaner⁷. Op veel autosnelwegen wordt een ZOAB-deklaag toegepast waar het verschijnsel van opwerveling van fijnstof in mindere mate voorkomt dan bij een DAB-deklaag. De bijdrage aan het fijnstofprobleem door het verkeer vraagt echter toch om een reiniging. Vanuit het motto “de vervuiler ruimt op” kan het verkeer door gebruik van de Geïntegreerde-Twister continue meer reinigen dan het vervuult en verdient deze methode de voorkeur boven die van de Twister die inzetafhankelijk is.

⁵ Bron: Milieu- en Natuurplanbureau, MNP rapport 500093005/2006 “PM10, Rekenmethodiek, concentraties en onzekerheden”, Bilthoven, 2006

⁶ Bron: RIVM, RIVM rapport 680708001/2007, “PM10: Validatie en equivalentie 2006”, Bilthoven, 2006

⁷ Bron: Dura Vermeer Infrastructuur BV, rapportage DWW-2006-080, ‘de SteamCleaner, Hoofddorp, november 2006

Bijlage A

Rapportage ECN



Metingen aan verwaaiend wegengestof langs de A50

G.P.A. Kos

A. Kraai

E.P. Weijers

Verantwoording

Dit werk is uitgevoerd in opdracht van Dura Vermeer Divisie Infra BV onder projectnaam: *monitoring van opwaaiend wegengestof als onderdeel van het Twisterproject* (in het kader van Innovatie Programma Luchtkwaliteit). Het ECN-projectnummer was 827655.

Abstract

This report presents downwind measurements of fugitive dust from a busy motorway (A50) south of Apeldoorn. The out comings of these measurements were used as a tool to establish the capability of the - so called - Twister of Dura Vermeer, to reduce the amount of potential fugitive dust on traffic lanes. The Twister is a device on wheels that is able to twist the air near the surface of the road and can lead the dust laden air through a filter compartment that is implemented in the device. The analyzing method comprehends the measurement at two locations downwind of the motorway with two similar instruments and comparison of the gathered data on hourly basis. The results in this report give the effectiveness of the Twister under the circumstances the experiments took place.

The major findings are that there was no traceable effect on the first two days but possibly a slight and statistic significant effect on the last day. This discrepancy might be caused by the presence of a higher amount of fugitive dust on the final day, thus improving the statistics of the measurements. More measurements, or measurements at a different location, might be helpful to get an improved and unequivocal idea of the effectiveness of the device.

Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Gebruikte apparatuur	8
3. Werkwijze	9
4. Resultaten	10
5. Conclusie	11
6. Discussie en aanbeveling	16

Lijst van tabellen

Tabel 5.1	<i>Variaties zonder schoonmaakacties (normering op te reinigen vak)</i>	15
Tabel 5.2	<i>Variaties zonder schoonmaakacties (normering op eerste uurvak apart)</i>	15
Tabel 6.1	<i>Uurwaarden (concentraties) van de metingen op 13 september 2007 (Normering op massaconcentratie en aantallen gemeten in het eerste uur)</i>	17
Tabel 6.2	<i>Vergelijking wegvakken op 13 september 2007 in factoren (normering op massaconcentratie en aantallen gemeten in het eerste uur)</i>	17
Tabel 6.3	<i>Uurwaarden van de metingen van het ref.vak op 14 september 2007</i>	18
Tabel 6.4	<i>Uurwaarden van de metingen van het reinigingsvak op 14 september 2007</i>	18
Tabel 6.5	<i>Vergelijking wegvakken op 14 september 2007 (Factoren, normering op massaconcentratie en aantallen gemeten in het eerste uur)</i>	18
Tabel 6.6	<i>Uurwaarden van de aantallenmetingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op aantallen gemeten in het eerste uur)</i>	19
Tabel 6.7	<i>Uurwaarden van dePM10-metingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op massaconcentratie gemeten in het eerste uur)</i>	19
Tabel 6.8	<i>Uurwaarden van dePM32-metingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op massaconcentratie gemeten in het eerste uur)</i>	20
Tabel 6.9	<i>Uurwaarden van de metingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op massaconcentratie gemeten in het eerste uur)</i>	20

Lijst van figuren

Figuur 5.1	<i>Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinen vak langs de A50 op 12 september; geen proeven met de Twister.</i>	12
Figuur 5.2	<i>Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinen vak langs de A50 tijdens de proeven met de Twister op 13 september.</i>	12
Figuur 5.3	<i>Verandering van verhouding van het fijnstofgehalte, waarden referentievak gedeeld door waarden van het te reinigen vak. Proeven met de Twister op 13 september 2007 op de A50. Waarden genormeerd op ref. periode (eerste uur).</i>	13
Figuur 5.4	<i>Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinen vak tijdens de proef met de Twister op 14 september 2007 op de A50. Waarden niet genormeerd op eerste tijdvak.</i>	13
Figuur 5.5	<i>Verandering van verhouding van het fijnstofgehalte, waarden referentievak gedeeld door waarden van het te reinigen vak. Proef met de Twister op 14 september 2007 op de A50. Waarden genormeerd op ref. periode (vóór 14 uur).</i> .	14
Figuur 5.6	<i>Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinen vak tijdens de proef met de Twister op 9 oktober 2007 op de A50. Waarden genormeerd op eerste tijdvak.</i>	14
Figuur 5.7	<i>Verandering van verhouding van het fijnstofgehalte, waarden referentievak gedeeld door waarden van het te reinigen vak. Proef met de Twister op 9 oktober 2007 op de A50. Waarden genormeerd op ref. periode (vóór 12 uur).</i>	15

Samenvatting

In dit rapport zijn de metingen aan opwaaiend wegenstof beschreven, windafwaarts van de snelweg A50, zuidelijk van Apeldoorn en nabij afslag 22. De resultaten van deze metingen zijn gebruikt om het de schoonmaakcapaciteit vast te kunnen stellen van de zogenaamde "Twister". Dit is een wegenreiniger ontworpen door Dura Vermeer om opwaaiend (oprakelbaar) wegenstof weg te vangen.

De Twister is een aanhanger speciaal geconstrueerd om - voortgetrokken door een truck - de lucht op te wervelen en vervolgens uit te filteren in een geïntegreerd filtercompartiment, waar de luchtstroom door trekt. De methode om de effectiviteit te bepalen is gebaseerd op het meten van fijn stof op twee locaties met behulp van twee vergelijkbare instrumenten en het vergelijken van de zo vergaarde data. De resultaten van deze vergelijkingsmetingen geven de effectiviteit weer van de Twister onder de omstandigheden dat de experimenten plaatsvonden.

De voornaamste bevindingen zijn dat er geen waarneembaar effect te zien was op de eerste twee dagen en dat er een positief effect - statistisch significant – te zien lijkt te zijn op de laatste experimenteerdag.

Dit tegengestelde - of in ieder geval niet eenduidige - resultaat, zou veroorzaakt kunnen zijn door de grotere hoeveelheid fijn stof die aanwezig was op de laatste dag van de metingen in verhouding met de eerdere meetdagen; hierdoor zou de statistiek van de metingen verbeterd kunnen zijn.

Meer metingen, of metingen op een andere locatie, zouden behulpzaam kunnen zijn om een eenduidig beeld te verkrijgen van de effectiviteit van wegenreiniger "Twister".

1. Inleiding

Op 12 13 en 14 september, en ten slotte nog op 9 oktober, zijn langs de A50 metingen met deeltjesmeetapparatuur gedaan aan zwevend wegestof, voor en tijdens beproevingen met de zogenaamde Twister van de firma Dura Vermeer. De Twister heeft als functie: het verminderen van opwaaiend stof op de weg door mede zelf het stof te doen opwerpen en dat vervolgens in te vangen met een filtersysteem in een aanhanger.

2. Gebruikte apparatuur

Twee FSSP's (forward scattering spectrometer probes) zijn ingezet. De werking is gebaseerd op het laten passeren van een versnelde luchtstroom met aerosol door een laserbundel, waarbij slechts het centrale deel van de luchtstroom bemeten wordt. Zodoende zijn wandeffecten uitgesloten en worden ook de grootste deeltjes ongehinderd doorgelaten en gemeten. De FSSP's hebben een meetbereik van 1- 47 en 1 - 95 μm voor resp. de FSSP47 en de FSSP95. Gemeten is in een overlappend bereik van 1 - 32 micrometer (μm) zodat de data van de FSSP's makkelijker vergeleken kunnen worden. De kalibraties van de FSSP's zijn gedaan met monodisperse glasbolletje van Duke Scientific alvorens aan de meetsessies begonnen werd. De daarbij gebruikte groottes van 8, 15 en 30 μm werden door beide apparaten op de juiste wijze geclassificeerd.

3. Werkwijze

Op 12 september hebben de FSSP's eerst naast elkaar gestaan om het verschil tussen de instrumenten te bepalen en om de verschillen tussen de wegvakken te bepalen en om eventueel optredende problemen op te lossen. De wegvakken zijn te onderscheiden in een reinigvak en een referentievak. Eerst is bij het reinigvak gemeten en naderhand bij beide vakken doordat de FSSP95 naar het referentievak verplaatst werd en de andere FSSP bij het referentievak bleef staan. Op deze testdag is nog niet met de Twister gereden.

Op 13 september zijn de FSSP's direct apart op de verschillende meetlocaties geplaatst en is er enige tijd gemeten zonder dat er reiniging plaats vond. Om 15:00 uur is begonnen met de reiniging.

Op 14 september zijn de FSSP's eerst weer naast elkaar gezet bij het te reinigen vak en vervolgens is er enige tijd bij de verschillende vakken gemeten voordat om 15:00 uur weer met de reiniging werd begonnen. De weersomstandigheden verslechterden om 17:00 drastisch, doordat er een pittige regenbui viel; De metingen zijn toen direct gestopt omdat bij nat wegdek geen zinvolle metingen meer mogelijk zijn.

Op 9 oktober hebben opnieuw metingen plaats gevonden en ook weer op dezelfde wijze als op 14 september: eerst hebben de FSSP's naast elkaar gemeten, daarna stonden de apparaten bij de afzonderlijke wegvakken.

4. Resultaten

De tijdreeksen die getoond worden zijn steeds uurgemiddelde waarden (bijvoorbeeld: uurvak 13 is de periode van 13:00 tot 14:00) omdat de fluctuaties per kleinere tijdseenheid steeds groter worden en daarmee ook de moeilijkheid van interpretatie. Pm10-aantallen staat voor alle getelde deeltjes van 1 tot 10 μm , PM10 voor de gecumuleerde massaconcentratie van 1 tot 10 μm en tenslotte staat PM32 voor de gecumuleerde massaconcentratie van 1 tot 32 μm .

Er bleken verschillen te zijn tussen de FSSP's op de eerste dag en die zijn vervolgens verdisconteert in de meetdata van de tweede dag. Bij de uitwerking van deze dag (13 september) is echter ook een normering op de eerste meeturen uitgevoerd, omdat bleek dat het stof komend van de wegvakken wat afweek van de dag daarvoor. Omdat dit in een tussentijdse uitwerking al opgemerkt was, was dit een reden om op vrijdag 14 september opnieuw de FSSP's eerst naast elkaar te plaatsen en pas daarna bij de afzonderlijke wegvakken. De eerder gevonden afwijkingen konden immers meerdere oorzaken hebben: of door de meetapparatuur, of door een variatie van de toestand op de wegvakken.

Voor verwerking van de data van de 14e is daarom eerst genormeerd met de referentiemetingen van de apparaten en vervolgens met de uitkomsten van de referentiemetingen bij de afzonderlijke wegvakken van vóór de reinigungsacties.

De resultaten van de metingen en vergelijkingen zijn na de tekst systematisch weergegeven in grafieken, meer details zijn verder te vinden in de tabellen achter Hoofdstuk 6. De waarden van de fijnstofconcentraties bij de bemeten wegvakken zijn steeds gemiddeld per uur en vervolgens op elkaar gedeeld (reinigvak gedeeld door referentievak), waardoor per uur een factor resulteert die aangeeft van welk wegvak de meeste fijnstof aan komt waaien. Indien een factor groter dan 1 is, is er in ieder geval géén schoonmaakeffect. Bij een factor lager dan 1 zou er een effect kunnen zijn, als tenminste de statistische significantie aangetoond is: in dat geval moet de som van (de waarde van) de factor en bijbehorende spreiding lager dan 1 zijn. Zo beschouwd, lijken alleen de metingen van 9 oktober een statistisch significant effect aan te geven.

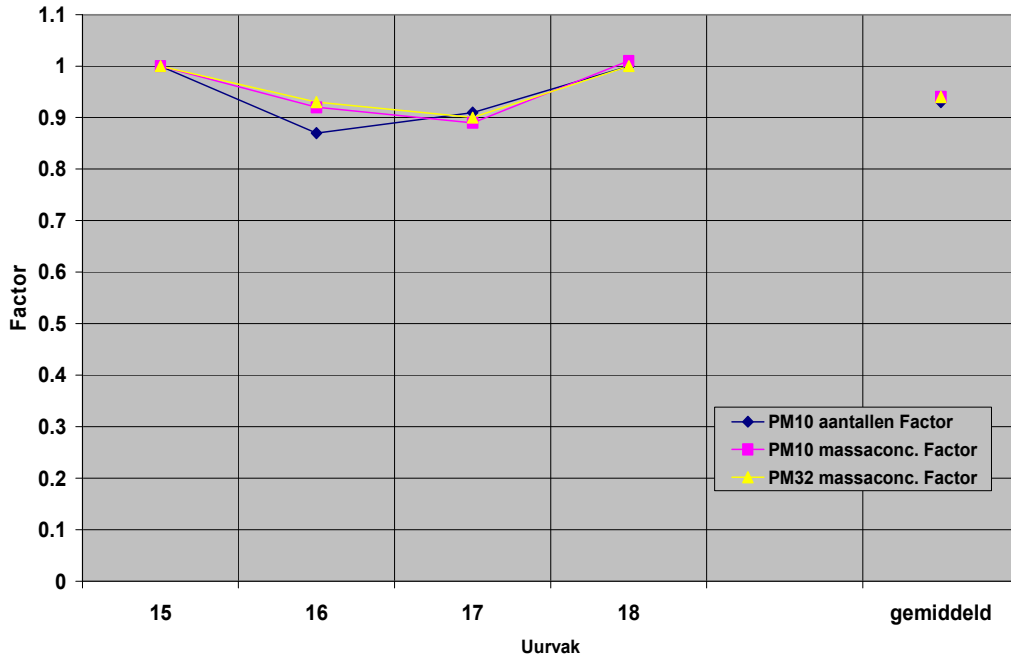
5. Conclusie

Op 13 en 14 september (Figuur 5., Figuur 5. en Figuur 5. Figuur 5.) lijken de fijnstofconcentraties licht toe te nemen bij het wegvak dat gereinigd wordt. Doordat de spitsstrook aan het einde van de middag open gaat (voor die tijd vluchtstrook), ligt het voor de hand dat op beide locaties dan een toename van het luchtstofgehalte te zien zal zijn. Omdat de Twister dan ook over de spitsstrook gaat rijden zou het referentievak achter moeten blijven in stijging. Op 9 oktober (Figuur 5. Figuur 5.7) lijkt er een lichte - maar vooral relatieve - afname te zijn. Relatief, aangezien het verschil in fijnstofconcentratie voornamelijk te wijten was aan een toename bij het referentievak (Figuur 5.). De vraag is of er lokaal een toevallige toename is i.p.v. lokaal een verminderde toename door schoonmaakacties.

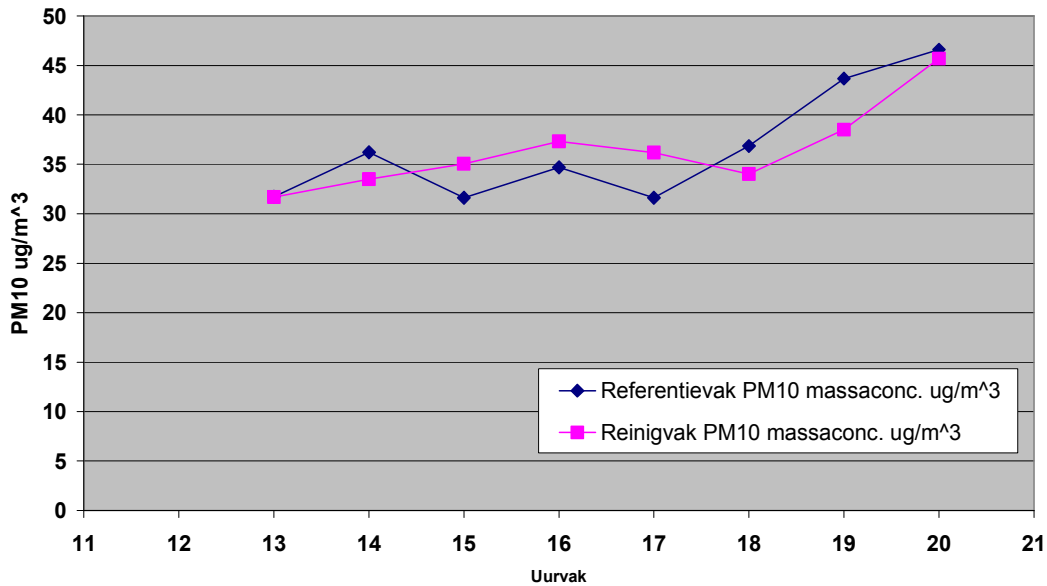
Aangezien er twee dagen zijn met de tendens van toename en slechts één met mogelijke afname is er slechts te concluderen dat er, algemeen beschouwd, geen relevant effect zichtbaar is, of dat in ieder geval de toestand van de wegvakken in september van dien aard was, dat schoonmaken toen geen (aantoonbaar) effect had. In Figuur 5.2, Tabel 5.1 en Tabel 5.2 zijn de variaties te zien die ontstonden zonder dat er schoonmaakacties plaats vonden. Ook dan blijken vrij grote variaties mogelijk te zijn, waarmee mede duidelijk wordt dat het moeilijk is om - met de beschikbare beperkte set metingen bij condities als bij deze metingen - een duidelijk beeld van een beperkt reinigingseffect te verkrijgen.

Op 13 september werd het beeld waarschijnlijk verstoord doordat de verkeersdeelnemers het eerste meetpunt (reinigingsvak), aanzagen voor een snelheidscontrole. Daardoor kan de snelheid bij het referentiepunt - dat honderden meters verderop lag - zodanig verminderd zijn dat er daar door het verkeer minder stof opgewerveld werd. Op de veertiende september gold dit niet, of in veel mindere mate, omdat toen een duidelijker bord verkeersstroomopwaarts geplaatst was, waarop stond aangegeven dat er metingen aan luchtverontreiniging plaats vonden. Op 9 oktober was de situatie omgekeerd met die op 14 september, omdat toen aan de andere zijde van de weg gemeten werd vanwege de windrichting.

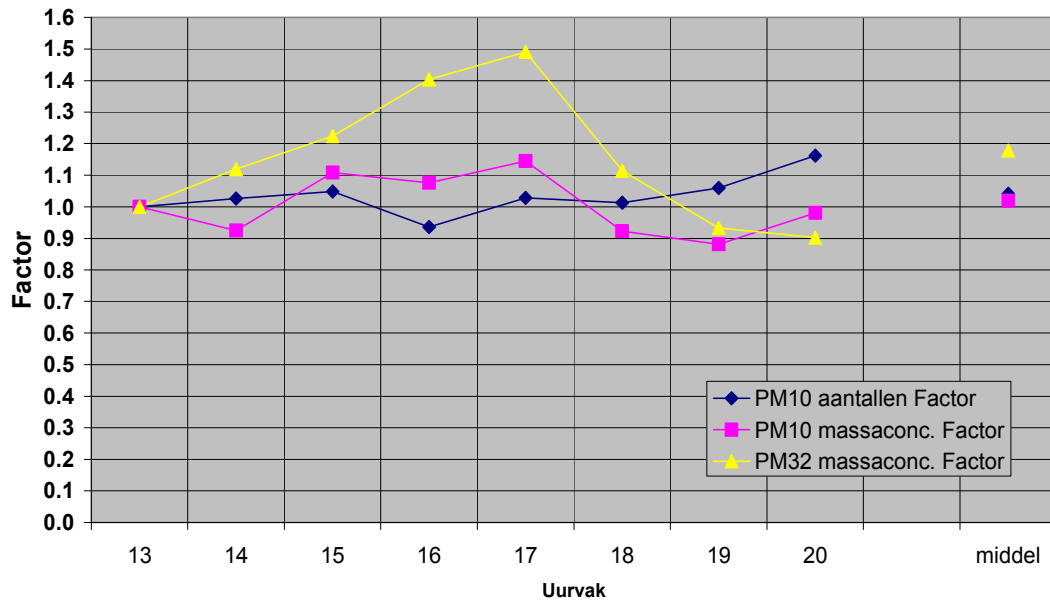
Op de meetdagen in september kwam de wind vanuit het westen en op de meetdag in oktober vanuit het oosten. Op alle dagen was de windsnelheid zodanig zwak dat de rijwind (1 tot 3 m/s) - veroorzaakt door het verkeer - dominant was.



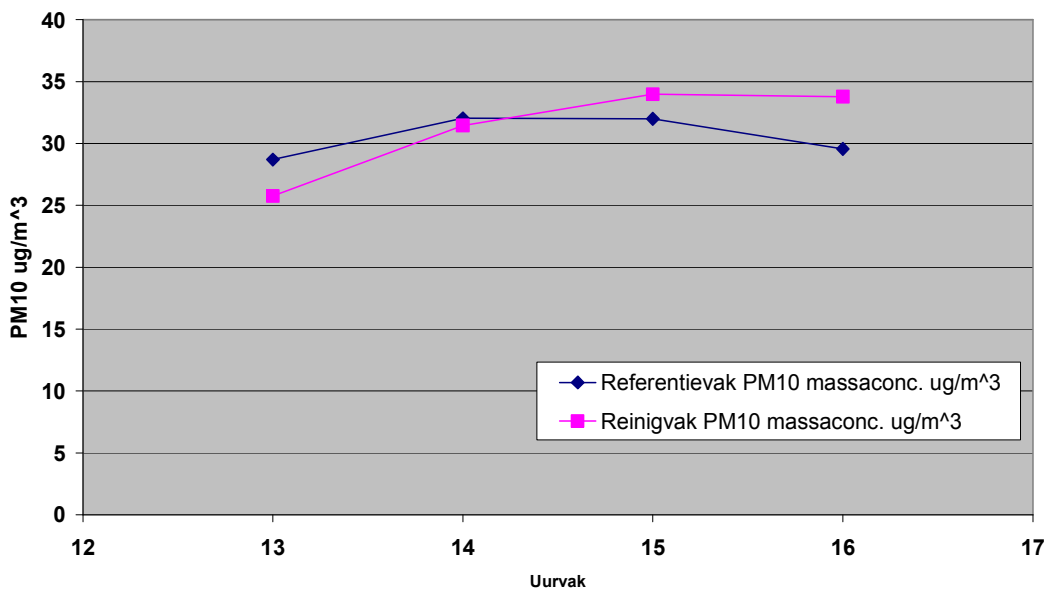
Figuur 5.1 *Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinigen vak langs de A50 op 12 september: geen proeven met de Twister op die dag.*



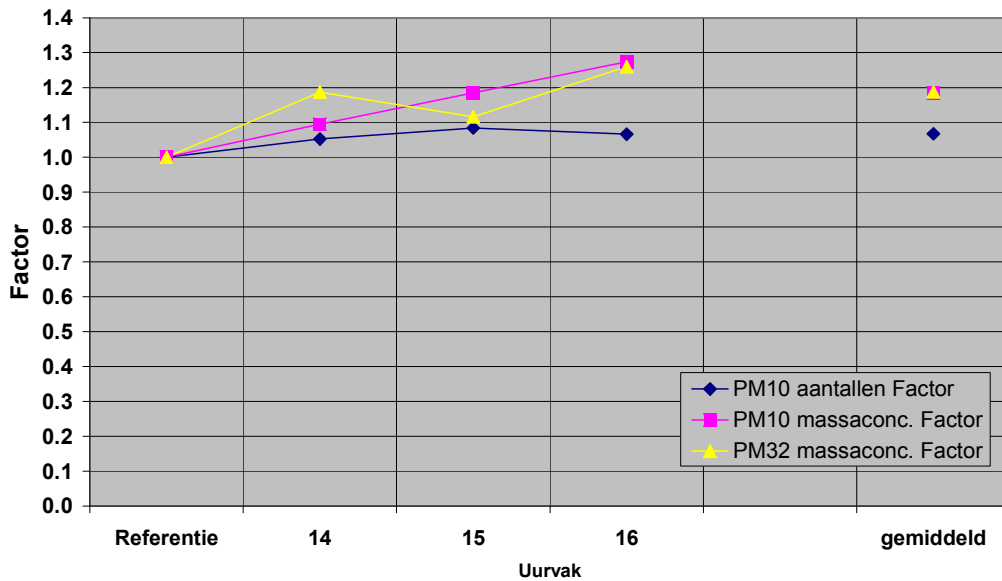
Figuur 5.2 *Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinigen vak langs de A50 tijdens de proeven met de Twister op 13 september.*



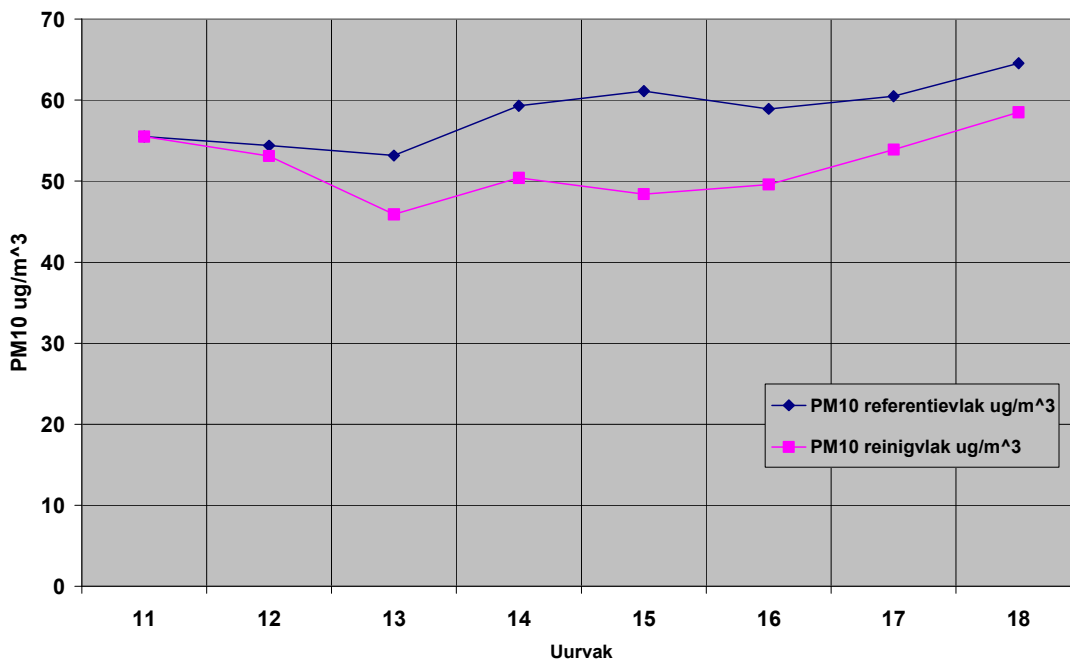
Figuur 5.3 *Verandering van verhouding van het fijnstofgehalte, waarden referentievak gedeeld door waarden van het te reinigen vak. Proeven met de Twister op 13 september 2007 op de A50. Waarden genormeerd op ref. periode (eerste uur).*



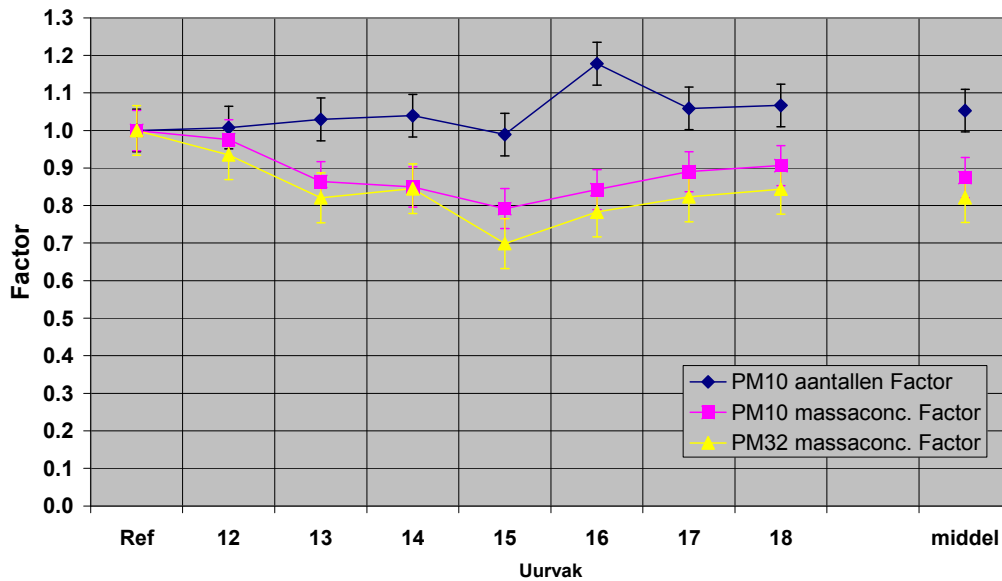
Figuur 5.4 *Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinigen vak tijdens de proef met de Twister op 14 september 2007 op de A50. Waarden niet genormeerd op eerste tijdvak.*



Figuur 5.5 *Verandering van verhouding van het fijnstofgehalte, waarden referentievak gedeeld door waarden van het te reinigen vak. Proef met de Twister op 14 september 2007 op de A50. Waarden genormeerd op ref. periode (vóór 14 uur).*



Figuur 5.6 *Verandering van PM10 gemeten ter hoogte van het referentievak en het te reinigen vak tijdens de proef met de Twister op 9 oktober 2007 op de A50. Waarden genormeerd op eerste tijdvak.*



Figuur 5.7 Verandering van verhouding van het fijnstofgehalte, waarden referentievak gedeeld door waarden van het te reinigen vak. Proef met de Twister op 9 oktober 2007 op de A50. Waarden genormeerd op ref. periode (vóór 12 uur).

Tabel 5.1 Variaties zonder schoonmaakacties (normering op te reinigen vak)

12-Sep-07	FSSP47 delen door	FSSP47 delen door	FSSP47 delen door	
factoren	FSSP95	FSSP95	FSSP95	
	PM10 aantallen	PM10 massaconc.	PM32 massaconc.	
(uurvak)	Factor	Factor	Factor	wegdek
voor 14 uur (norm)	1.00	1.00	1.00	zelfde
14	0.88	0.81	0.91	apart
15	0.93	0.97	1.29	apart
16	0.81	0.89	1.20	apart
17	0.85	0.86	1.16	apart
18	0.93	0.98	1.29	apart
14 t/m 18	0.88	0.90	1.17	gemiddeld apart
stdev	0.05	0.07	0.16	

Tabel 5.2 Variaties zonder schoonmaakacties (normering op eerste uurvak apart)

12-Sep-07	FSSP47 (reinigvak) delen door	FSSP47 (reinigvak) delen door	FSSP47 (reinigvak) delen door	
factoren	FSSP95 (ref.vak)	FSSP95 (ref.vak)	FSSP95 (ref.vak)	
	PM10 aantallen	PM10 massaconc.	PM32 massaconc.	
(uurvak)	Factor	Factor	Factor	wegdek
14	0.95	0.84	0.71	apart
15 (norm)	1.00	1.00	1.00	apart
16	0.87	0.92	0.93	apart
17	0.91	0.89	0.90	apart
18	1.00	1.01	1.00	apart
16 t/m 18	0.93	0.94	0.94	gemiddeld apart
stdev (16-18)	0.07	0.07	0.05	

6. Discussie en aanbeveling

Alleen uit de metingen van 9 oktober lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat er een statistisch significant effect plaatsgevonden heeft. Blijft de vraag waarom op de andere twee dagen juist het tegenovergestelde gevonden werd. Feit is wel dat op 9 oktober in absolute zin de grootste fijnstofconcentraties werden gevonden.

Om een duidelijke uitspraak te kunnen doen over het effect van een schoonmaakmethode die blijkbaar niet duidelijk tientallen procenten effect heeft, is het of nodig om een langere serie metingen te doen (gepaard gaande met meer kosten), of is het nodig om te meten op een locatie die meer geschikt is om dit soort schoonmaaksystemen (voor dit soort fijn stof) te testen. Het meten op een locatie waar meer opwaaiend stof te verwachten is, of al gevonden is, leidt sneller tot een inzicht in de effectiviteit van minder spectaculaire - maar mogelijk wel effecthebbende - schoonmaakmethodes. Geschiktere locaties voor testdoeleinden zijn traditionele asfaltwegen (zonder open asfalt) en wegen waar bijvoorbeeld veel bouwverkeer is. In ieder geval zou het voor het *testen* van een schoonmaakmethode aanbeveling verdienen om dat plaats te laten vinden bij een weg die meer beladen is met potentieel opwaaiend stof. In het geval dat er voor nader onderzoek van schoonmaakmethodes gekozen zou worden, zou daar rekening mee gehouden kunnen worden. Tenslotte is er nog enige twijfel over de afstand tussen referentievak en reinigingsvak: mogelijk moeten de vakken verder uit elkaar liggen bij een drukke weg als de A50 om niet een verstoring door continue forse versleping van het wegenstof te hebben; gezien de dominantie van de rijwind op veel dagen (mede door de orografie) kan er een soort tunneleffect ontstaan, waardoor wegdekverschillen er minder duidelijk uitkomen. Voor PM32 zou dat het minste effect moeten hebben.

Tabel 6.1 *Uurwaarden (concentraties) van de metingen op 13 september 2007 (Normering op massaconcentratie en aantallen gemeten in het eerste uur)*

(uurvak)			
13 sept 2007		PM10	PM10
Dichtheid: 1.75		aantallen	aantallen
Concentraties		referentievak	reinigingsvak
Genormeerd op uurv. 13	13	0.44	0.44
	14	0.45	0.46
	15	0.46	0.48
	16	0.58	0.54
	17	0.51	0.52
	18	0.46	0.47
	19	0.45	0.47
	20	0.45	0.52
		PM10	PM10
		massaconc.	massaconc.
		referentievak	reinigingsvak
Genormeerd op uurv. 13	13	31.7	31.7
	14	36.2	33.5
	15	31.6	35.1
	16	34.7	37.3
	17	31.6	36.2
	18	36.9	34.0
	19	43.7	38.5
	20	46.6	45.7
		PM32	PM32
		massaconc.	massaconc.
		referentievak	reinigingsvak
Genormeerd op uurv. 13	13	48.7	48.7
	14	53.3	59.6
	15	51.0	62.4
	16	48.6	68.2
	17	47.5	70.8
	18	55.1	61.4
	19	65.7	61.3
	20	77.2	69.7

Tabel 6.2 *Vergelijking wegvakken op 13 september 2007 in factoren (normering op massaconcentratie en aantallen gemeten in het eerste uur)*

13 sept 2007	FSSP47 (reinigvak)	reinigvak	reinigvak
factoren	delen door	delen door	delen door
	FSSP95 (ref.vak)	ref.vak	ref.vak
	PM10 aantallen	PM10 massaconc.	PM32 massaconc.
(uurvak)	Factor	Factor	Factor
13	1.00	1.00	1.00
14	1.03	0.92	1.12
15	1.05	1.11	1.22
16	0.94	1.08	1.40

17	1.03	1.14	1.49
18	1.01	0.92	1.11
19	1.06	0.88	0.93
20	1.16	0.98	0.90
14 t/m 20 gemiddeld	1.04	1.02	1.18

Tabel 6.3 *Uurwaarden van de metingen van het ref.vak op 14 september 2007*

14-Sep 2007	periode	Wegdeel: Ref.vak	FSSP47	FSSP47	FSSP47
Dichtheid: 1.75		Geen reiniging	PM10	PM10	PM32
Concentraties		(uurvak)	aantallen	massaconc.	massaconc.
			n/cm ³	ug/m ³	ug/m ³
gemiddelde	Ref47	13	0.30	25.7	41.6
gemiddelde	14	14	0.36	31.5	51.0
gemiddelde	15	15	0.40	34.0	50.5
gemiddelde	16	16	0.37	33.8	51.6
stdev	Ref47	13	0.04	5.18	12.6
stdev	14	14	0.04	4.76	13.1
stdev	15	15	0.04	4.22	15.5
stdev	16	16	0.04	6.27	14.2
stdev	(14-16)	Gemiddelde spreiding	11%	16%	28%

Tabel 6.4 *Uurwaarden van de metingen van het reinigingsvak op 14 september 2007*

14-Sep 2007	periode	Wegdeel: Reinigingsvak	FSSP95	FSSP95	FSSP95
Dichtheid: 1.75		Reiniging (14 t/m 16)	PM10	PM10	PM32
concentraties		(uurvak)	aantallen	massaconc.	massaconc.
			n/cm ³	ug/m ³	ug/m ³
gemiddelde	Ref 95	13	0.42	28.7	39.8
gemiddelde	14	14	0.48	32.0	41.1
gemiddelde	15	15	0.52	32.0	43.3
gemiddelde	16	16	0.49	29.6	39.2
stdev	Ref 95	13	0.06	5.64	15.6
stdev	14	14	0.07	5.56	13.8
stdev	15	15	0.08	4.96	16.1
stdev	16	16	0.05	5.24	16.6
stdev	(14-16)	Gemiddelde spreiding	14%	17%	38%

Tabel 6.5 *Vergelijking wegvakken op 14 september 2007 (Factoren, normering op massaconcentratie en aantallen gemeten in het eerste uur)*

14-Sep 2007	(uurvak)	FSSP47 (reinigvak)	reinigvak	reinigvak
Factoren		delen door	delen door	delen door
		FSSP95 (ref.vak)	ref.vak	ref.vak
		PM10	PM10	PM32
		aantallen	massaconc.	massaconc.
		Factor	Factor	Factor
Normering:	13	1.00	1.00	1.00
14	14	1.05	1.10	1.19
15	15	1.08	1.18	1.12
16	16	1.07	1.27	1.26
gemiddelde		1.07	1.18	1.19

Tabel 6.6 *Uurwaarden van de aantallenmetingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op aantallen gemeten in het eerste uur)*

9 okt 2007	(uurvak)	FSSP95	FSSP47
aantallen		reinigvlak	ref.vlak
tot 10 um		PM10	PM10
Concentraties		aantallen	aantallen
		n/cm ³	n/cm ³
Normering:	11	0.51	0.51
12	12	0.48	0.47
13	13	0.48	0.46
14	14	0.55	0.53
15	15	0.55	0.56
16	16	0.65	0.55
17	17	0.61	0.58
18	18	0.62	0.58

Tabel 6.7 *Uurwaarden van de PM10-metingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op massaconcentratie gemeten in het eerste uur)*

9 okt 2007	(uurvak)	FSSP95	FSSP47
massaconc.		reinigvlak	ref.vlak
PM10		PM10	PM10
		massaconc.	massaconc.
		ug/m ³	ug/m ³
Normering:	11	55.5	55.5
12	12	53.1	54.38
13	13	45.9	53.16
14	14	50.4	59.30
15	15	48.4	61.11
16	16	49.6	58.91
17	17	53.9	60.48
18	18	58.5	64.55

Tabel 6.8 *Uurwaarden van de PM32-metingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op massaconcentratie gemeten in het eerste uur)*

9 okt 2007	(uurvak)	FSSP95 reinigvlak PM32 massaconc. ug/m ³	FSSP47 ref.vlak PM32 massaconc. ug/m ³
Normering:	11	68.45	68.45
12	12	65.90	70.46
13	13	54.69	66.64
14	14	62.38	73.83
15	15	54.69	78.30
16	16	54.93	70.18
17	17	59.68	72.53
18	18	63.95	75.81

Tabel 6.9 *Uurwaarden van de metingen op 9 oktober 2007 (Concentraties, normering op massaconcentratie gemeten in het eerste uur)*

9 okt 2007	Factoren	FSSP47 (reinigvak) / FSSP95 (ref.vak) PM10 aantallen Factor	reinigvlak/ ref.vlak PM10 massaconc. Factor	reinigvlak/ ref.vlak PM32 massaconc. Factor
Normering:	11	1.00	1.00	1.00
12	12	1.01	0.98	0.94
13	13	1.03	0.86	0.82
14	14	1.04	0.85	0.84
15	15	0.99	0.79	0.70
16	16	1.18	0.84	0.78
17	17	1.06	0.89	0.82
18	18	1.07	0.91	0.84
12 t/m 18	gemiddelde	1.05	0.87	0.82
12 t/m 18	stdevp	0.06	0.05	0.07
12 t/m 18	stdevp(%)	5.5%	4.3%	6.3%