



2010.06286



**Milieu en Leefomgeving**

Princetonlaan 6  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

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

T +31 88 866 42 56

F +31 88 866 44 75

[wegwijzer@tno.nl](mailto:wegwijzer@tno.nl)

**TNO-rapport**

**TNO-034-UT-2010-02066\_RPT-ML**

**Luchtkwaliteit rondom de Brede School in  
Diemen-Noord**

Datum 6 december 2010

Auteur(s) Michiel Roemer en Piet Jacobs

m m v  
Marcel Moerman  
Karin van der Valk  
Rene Koch  
Henk Verhagen

Opdrachtgever Gemeente Diemen

Projectnummer 034.23462

Aantal pagina's 59 (incl. bijlagen)  
Aantal bijlagen

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

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

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2010 TNO

## Samenvatting

In opdracht van de gemeente Diemen heeft TNO onderzoek verricht naar de concentraties NO<sub>2</sub>, PM10 en PM0,1 in Diemen-Noord waarbij de volgende aspecten centraal stonden:

- de concentraties van PM0,1 op de nieuwe schoollocatie aan de Tureluurweg in verhouding tot die op de bestaande schoollocaties De Duif en 't Palet, en in verhouding tot de concentraties op 300 meter afstand van de A1;
- de ontwikkeling van de concentraties NO<sub>2</sub>, PM10 en PM0,1 als gevolg van het Ontwerp-Tracébesluit wegwitbreiding Schiphol-Amsterdam-Almere (OTB-SAA) en van veranderingen in het lokale verkeer;
- advisering over een luchtbehandelingsstelsel voor het nieuwe schoolgebouw.

Tevens is onderzocht of het effect van de verkeersaantrekkende werking bij de drie mogelijke ontwikkelingsvarianten voldoet aan de criteria van de Wet milieubeheer (NIBM bijdragen), wat inhoudt dat de hiermee gepaard gaande concentratietoename minder dan 1,2 µg.m<sup>-3</sup> bedraagt.

De concentraties NO<sub>2</sub>, PM10 en PM0,1 zijn met behulp van het Urbis model berekend voor de peiljaren 2010 en 2020. Het peiljaar 2010 is de huidige situatie. Het peiljaar 2020 verwijst naar de situatie van benutting van de maximale wegcapaciteit van het onder OTB-SAA geconstrueerde wegennet bij Diemen-Noord. De 2020 situatie van het hoofdwegennet is gecombineerd met 3 varianten van het lokale verkeer. Ook zijn de effecten van hogere geluidschermen onderzocht.

Op drie dagen in de zomer van 2010 zijn de concentraties van PM0,1 in Diemen-Noord gemeten.

De berekeningen laten zien dat de concentraties NO<sub>2</sub> en PM10 de gestelde normen in 2010 niet overschrijden. Maximale benutting van de wegcapaciteit onder OTB-SAA zal in 2020 niet tot overschrijding van de normen leiden.

De berekeningen geven aan dat de bijdrage van het lokale verkeer in 2010 aan de Tureluurweg voor NO<sub>2</sub> en PM10 respectievelijk 2,3 en 0,4 µg.m<sup>-3</sup> is. Rekeninghoudend met het aandeel van de verkeersaantrekkende werking in het aantal voertuigen wordt geconcludeerd dat het effect van de verkeersaantrekkende werking zich beperkt tot een bijdrage van maximaal 0,46 en 0,08 µg.m<sup>-3</sup> voor respectievelijk NO<sub>2</sub> en PM10. De wijziging van het bestemmingsplan voldoet hiermee (samen met het voldoen van de concentraties NO<sub>2</sub> en PM10 aan de wettelijke normen) aan de eisen die de wet Milieubeheer hiervoor stelt.

Volgens de berekeningen zijn de concentraties van PM0,1 in 2010 op de schoollocatie Tureluur 10-40% hoger dan op de oude schoollocaties en 40% hoger dan op 300 meter afstand van de A1. Opgemerkt wordt dat hierin de achtergrond op 0 #.cm<sup>-3</sup> (aantallen deeltjes per cm<sup>3</sup>) is verondersteld. Op basis van alleen de ontwikkelingen in het verkeer zal de bijdrage van het verkeer aan de concentraties PM0,1 in de toekomst bij de volle benutting van het wegennet onder OTB-SAA met maximaal 60% toenemen. Bedacht dient te worden dat bij gebrek aan kennis hierover geen ontwikkelingen in de emissiefactoren van PM0,1 en in de achtergrondconcentraties zijn verondersteld. Ook

wordt nadrukkelijk gesteld dat de gebruikte emissiefactoren PM<sub>0,1</sub> zeer onzeker zijn en dat dus de hiermee berekende niveaus slechts indicatief zijn.

De in deze studie uitgevoerde meetcampagnes geven een indruk van de invloed van de A1 op een drietal (zomerse) dagen. De hoofdopmerkingen zijn:

- 1) De resultaten geven aan dat, wanneer de wind loodrecht op de A1 staat, de PM<sub>0,1</sub> concentratie op de nieuwe locatie circa 20-30% hoger is dan de concentratie op 300 meter afstand van de A1 (en op de oude locatie). Op jaargemiddelde basis (wanneer windrichtingen zonder invloed van de A1 verdisconteerd worden) zal dit verschil tussen de locaties waarschijnlijk kleiner zijn.
- 2) De invloed van obstakels en van plaatselijk verkeer beperkt zich, bij wind niet direct van de A1, tot variaties binnen de 5-10% van het gemiddelde niveau.

Uit de simulaties en de metingen blijkt dat om aan de luchtkwaliteitseisen te voldoen hooguit 20-30% van de 0,1 micron deeltjes moet worden afgevangen. Een deel van de lucht komt via infiltratie binnen en is dus niet gezuiverd. Om hiervoor te compenseren dient uit de lucht die via het ventilatiesysteem wordt in geblazen circa 50% van de 0,1 micron deeltjes te worden afgevangen.

Luchtfiltering is mogelijk met elektrostatische filters en met mechanische filters. Wat betreft elektrostatische filters is de conclusie dat er momenteel onvoldoende goed gedocumenteerde toepassingen in gebouwen zijn om een dergelijk filter aan te raden voor toepassing in een schoolgebouw. Mechanische filters worden breed toegepast in kantoren en in clean rooms. In clean rooms worden zogenaamde HEPA filters toegepast, deze zuiveren voor meer dan 99% de deeltjes uit de lucht. Nadeel hiervan is de relatief hoge drukval. Een combinatie van een F7 en een F9 filter geeft een rendement van 85% voor deeltjes van 0,1 micrometer. Deze filtercombinatie is uit het oogpunt van filterefficiëntie, kosten en energiegebruik een goed compromis.

Om infiltratie van buitenlucht zoveel mogelijk tegen te gaan dient aandacht te worden besteed aan een luchtdichte bouwkundige afwerking. Het ventilatiesysteem dient bij voorkeur niet vraaggestuurd te worden uitgevoerd omdat dit het effect van infiltratie verhoogd. Daarnaast verdient het de aanbeveling dat de temperatuurbeheersing zodanig is dat de ramen gesloten kunnen blijven.

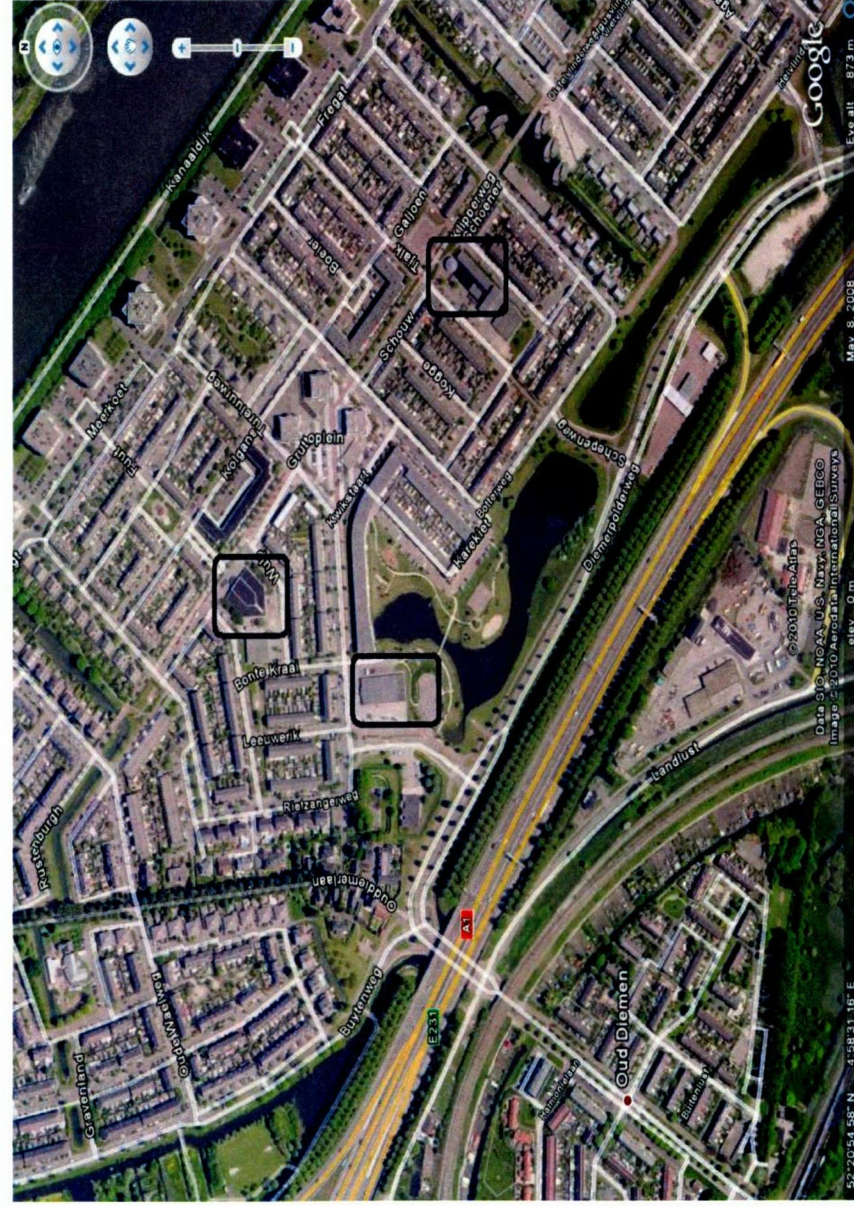
# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting.....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Modelberekeningen .....</b>	<b>11</b>
2.1	Verkeer .....	11
2.2	Scheepvaart.....	12
2.3	Andere bronnen.....	12
2.4	Varianten.....	13
2.5	Resultaten .....	14
<b>3</b>	<b>Metingen in Diemen.....</b>	<b>17</b>
3.1	Opzet.....	17
3.2	Apparatuur .....	18
3.3	Resultaten .....	18
3.4	Bespreking/Conclusies.....	20
<b>4</b>	<b>Filters .....</b>	<b>21</b>
4.1	Algemene prestatie eisen voor het binnenklimaat .....	22
4.2	Filtersystemen voor de reductie van fijn stof.....	24
4.3	Bouwkundige eisen.....	30
4.4	Resultaten van eerder uitgevoerde experimenten .....	33
<b>5</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Referenties.....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Verantwoording.....</b>	<b>39</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A Figuren Modelberekeningen	
	B Figuren Metingen	

## 1 Inleiding

Het voornemen bestaat om in Diemen –Noord (figuur 1.1) een Brede School te ontwikkelen. Onderzocht worden drie hieronder te noemen locatievarianten (bij het voornemen is niet alleen de gemeente betrokken maar ook een particuliere instelling, een bijzondere school en een openbare school):

- Variant Tureluurweg. De basisscholen met peuterspeelzalen De Duif, 't Palet en het tijdelijke kinderdagverblijf aan de Vogelweg worden ondergebracht in een nieuwbouwcomplex op de locatie aan de Tureluurweg. Op de vrijkomende schoollocaties worden voornamelijk woningen gevestigd, mogelijk in combinatie met maatschappelijke functies.
- Variant De Duif. De brede school wordt gevestigd op de locatie van De Duif waarin de basisscholen De Duif en 't Palet worden ondergebracht. Het kinderdagverblijf wordt gevestigd op de locatie Tureluurweg. Op de locatie 't Palet en het resterende deel van de locatie Tureluurweg worden voornamelijk woningen gevestigd, mogelijk in combinatie met maatschappelijke doeleinden.
- Variant separaat. De basisscholen De Duif en 't Palet worden uitgebreid. Het kinderdagverblijf wordt gevestigd op de locatie Tureluurweg. Op het resterende deel van de locatie Tureluurweg worden voornamelijk woningen gevestigd, mogelijk in combinatie met maatschappelijke activiteiten.



Figuur 1.1 Overzicht van de locaties van de scholen in Diemen-Noord. Het zwarte vierkant het dichtst bij de A1 is de school aan de Tureluurweg. Bron: Google Earth

De voor deze ontwikkelingsvarianten vereiste herziening van het bestemmingsplan vindt plaats op grond van de Wet Ruimtelijke Ordening (RO). Alle drie de ontwikkelingsvarianten van de brede school liggen binnen een zone van 300 m van de A1. De Brede school is aangewezen als gevoelige bestemming. De RO-herziening is alleen mogelijk als ter plaatse van de brede school de concentraties PM10 (deeltjes met een diameter van ten hoogste 10  $\mu$ ) en NO<sub>2</sub> (stikstofdioxide) onder de grenswaarde (voor beide stoffen) van 40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  blijven.

De Wet Milieubeheer stelt eisen aan de maximaal toelaatbare achteruitgang van de luchtkwaliteit ten gevolge van de verkeersaantrekkende werking van de hierboven geschetste nieuwe ontwikkeling. Om te voldoen aan de wettelijke eisen moet aannemelijk gemaakt worden dat de achteruitgang van de luchtkwaliteit door de verkeersaantrekkende werking niet meer bedraagt dan 1,2  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  NO<sub>2</sub> of zwevend stof (PM10). Indien de ontwikkeling niet als NIBM project is aangewezen dient dit aannemelijk gemaakt te worden met luchtkwaliteitonderzoek of anderszins. In de regeling NIBM dat gebaseerd is op een TNO-DHV rapport (2006), gaat de wetgever er van uit dat 1.500 woningen met één ontsluitingsweg niet meer dan 3.000 motorvoertuigbewegingen per etmaal genereren (aankomsten + vertrekken, 96,5 % personenverkeer, 2,5 % middelzwaar vrachtverkeer en 1 % zwaar vrachtverkeer). Bij deze intensiteit is in 2010 op 10 m uit de wegrand bij een 50 km/h weg geen grotere toename NO<sub>2</sub> mogelijk dan 1,2  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . De hierboven aangeduide ontwikkelingen met woningbouw zijn aangewezen als NIBM project omdat er per ontsluitingsweg niet meer dan 1.500 nieuwbouw woningen mogelijk zijn (maximaal 50 – 80 woningen zijn inpasbaar op de locaties Tureluurweg, De Duif of 't Palet). Een brede school is niet aangewezen als NIBM project. Het aantal aankomsten en vertrekken met de auto bedraagt maximaal (variant Tureluurweg) 840 motorvoertuigen per etmaal. De verkeersaantrekkende werking van de brede school is dus duidelijk geringer zodat hieruit de conclusie kan worden getrokken dat bij alle drie de locatievarianten sprake is van een NIBM- project. Het NIBM karakter van de brede school maakt dat luchtkwaliteitonderzoek nodig is voor de gezondheidkundige evaluatie van project.

De Wet publieke gezondheid dient ertoe gezondheidsaspecten te bewaken. Hieraan zijn echter geen wettelijke criteria gesteld, maar speelt de advisering door in dit geval de GGD-Amsterdam een rol. PM<sub>0,1</sub> (concentratie van deeltjesaantallen) wordt door de GGD als een belangrijke stof gezien die een negatief effect op de gezondheid heeft. Met het onderzoek is inzicht verworven in de concentratieniveaus PM<sub>0,1</sub> op de oude en nieuwe locaties van de school, waarbij vooral de verhouding in concentratieniveaus tussen de locaties van belang is.

Daarnaast wil de gemeente Diemen advies over te nemen maatregelen die de concentraties PM<sub>0,1</sub> op de nieuwe locatie kunnen verlagen tot niveaus die op 300 m afstand van de rijksweg naar verwachting gangbaar zijn. Buiten 300 m uit een drukke weg als rijksweg A1 stelt de wetgever geen bijzondere luchtkwaliteiteisen aan het vestigen of uitbreiden van een gevoelige bestemming, zoals de brede school.

### **Doelstelling**

Het onderzoek richt zich op de luchtkwaliteit in Diemen-Noord en heeft als doel:

- 1) inzicht te verschaffen in het al dan niet voldoen aan de twee luchtkwaliteitseisen van de wet Milieubeheer (Besluit gevoelige bestemmingen, artikel 5.16 van de Wet Milieubeheer);

- 2) inzicht te verschaffen in de concentratie PM<sub>0,1</sub> op een aantal aangewezen locaties en die te relateren aan de concentratie PM<sub>0,1</sub> op 300 meter afstand van de rond Diemen gelegen rijkswegen;
- 3) maatregelen voor te stellen die de concentratie PM<sub>0,1</sub> op de meest ongunstige locatie kunnen verbeteren tot het niveau van de andere onder 2) onderzochte locaties.

Opgemerkt wordt dat het studiegebied deel uitmaakt van het gebied waarop het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) betrekking heeft. Met het NSL is gewaarborgd dat aan de grenswaarden zal worden voldaan, ook nadat de capaciteit van de rijkswegen is uitgebreid (zie Ontwerp Tracé Besluit Schiphol Amsterdam Almere, OTB SAA) en de oostelijke ontsluitingsweg van IJburg is aangesloten op de aansluiting Diemen en rijksweg A9. De rekenmethode die bij het NSL wordt gehanteerd wijkt evenwel af van de rekenmethode die voor de brede school moet worden gehanteerd, zodat het onderzoek desalniettemin is uitgevoerd.

### **Aanpak**

Het onderzoek is langs de volgende lijnen uitgevoerd.

- Berekening luchtkwaliteit in Diemen voor een aantal peiljaren (hoofdstuk 2)
- Meting van ultrafijn stof (PM<sub>0,1</sub>) in Diemen-Noord (hoofdstuk 3)
- Advisering over de beschikbare zuiveringsinstallaties PM<sub>0,1</sub> (hoofdstuk 4)

## 2 Modelberekeningen

Berekeningen zijn uitgevoerd om de invloed van de belangrijkste bronnen in en rondom Diemen-Noord in kaart te brengen. Twee aspecten staan daarbij centraal:

1. de concentraties NO<sub>2</sub> en PM10 voor een aantal verkeersvarianten
2. de verdeling van de concentraties PM0.1 over Diemen-Noord onder de huidige en toekomstige verkeerscondities.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het zogenaamde Urbis model dat een combinatie van het StandaardRekenmodel-1 (SRM1) en het SRM-2 is. SRM-1 is ook bekend als het CAR-model en dat wordt voor het onderliggende wegennet (OWN) gebruikt. SRM-2 is het zogenaamde Pluimsnelwegmodel voor het hoofdwegennet. Het hoofdwegennet bestaat uit de van belang zijnde snelwegen A1, A10 en A9 en een aantal belangrijke ontsluitingswegen zoals de Diempolderweg en de oostelijke ontsluitingsweg IJburgweg (OOIJ).

Dit model is ook in eerdere studies over de luchtkwaliteit in Diemen gebruikt (Roemer et al., 2007).

### 2.1 Verkeer

De bestanden van de verkeerscijfers zijn door de gemeente Diemen aan TNO geleverd. Voor het OWN zijn de gegevens gebaseerd op het verkeersmodel van Diemen (DHV) én de monitoring van de verkeersintensiteiten. De verkeersaantrekkende werking van de brede school is bepaald door DHV. Voor de rijkswegen A1, A10 en A9 zijn de verkeersgegevens van het NSL (zichtjaar 2009 stemt overeen met verkeersstellingen RWS 2008) en het OTB SAA (prognosejaar 2030 waarmee RWS het OTB SAA heeft voorbereid omdat de verkeersintensiteiten maar weinig afwijken van prognosejaar 2020 en de TB SAA realisatie plaatsvindt in de periode 2011 - 2020, congestiepercentage uit NSL 2020).

De bestanden van het hoofdwegennet bevatten informatie over de verkeersintensiteit per rijstrook, de samenstelling van het verkeer (personenverkeer, licht- en zwaar vrachtverkeer), rijnsnelheden, percentage congestie. Andere informatie heeft betrekking op de ligging en hoogte van de weg, de hoogte van geluidschermen, en de helling van het talud en de wegdelen op viaducten, bruggen etc.

Voor het lokale verkeer is informatie over de verkeersintensiteit, samenstelling en rijnsnelheid per wegdeel ontvangen. Niet ontvangen zijn de voor CAR benodigde parameters als wegtype, bomenfactor en aantal parkeerbewegingen. Besloten is om voor alle wegen die op enige afstand van het studiegebied liggen (d.w.z. de omgeving van de drie bouwlocaties) wegtype 3a en bomenfactor 1 te gebruiken. Wegtype 3a is voor verspreiding het een na ongunstigste wegtype. Deze keus heeft overigens geen invloed op de berekende concentraties in de nabijheid van de schoollocaties. Voor de omgeving van de school zijn wegtype en bomenfactor bepaald uit Google-Earth-opnamen.

De concentraties van de achtergrond komen van de zogenaamde GCN-kaarten (GCN: Grootschalige Concentraties Nederland) met een resolutie van 1x1 km (Velders et al., 2010).



Emissiefactoren van het wegverkeer zijn gebaseerd op dezelfde scenario's als die gebruikt zijn bij het maken van de grootschalige achtergrondconcentraties. De meteorologische condities waarmee gerekend is, is de langjarige meteorologie over de periode 1995-2004 waarbij een interpolatie heeft plaatsgevonden van de meteorologische condities op Schiphol en Eindhoven, rekening houdend met de ligging van Diemen. Feitelijk zijn de gebruikte meteorologische parameters erg gelijkend op die van Schiphol.

Voor PM<sub>0,1</sub> bestaan nog geen officiële emissiefactoren. In een studie van Keuken et al. (2009) zijn uit PM<sub>0,1</sub> metingen op het Bentinckplein in Rotterdam en in de Drechtunnel emissiefactoren voor respectievelijk personenverkeer en zwaar vrachtverkeer afgeleid. Deze factoren zijn gebruikt. Opgemerkt wordt dat dit louter indicatieve factoren zijn die mogelijk aanzienlijk afwijken van in de toekomst vast te stellen "officiële emissiefactoren". De nu gebruikte aanpak geeft een indruk van de verdeling van PM<sub>0,1</sub> concentraties in Diemen-Noord en van de verhouding van concentraties op de drie schoollocaties.

Ook een jaargemiddelde achtergrondconcentratie PM<sub>0,1</sub> ontbreekt, deze is niet bekend. De consequenties hiervan zullen in de bespreking van de resultaten aan de orde komen.

## 2.2 Scheepvaart

De scheepvaart op het Amsterdam-Rijnkanaal is voor Diemen-Noord een niet onbelangrijke bron van NO<sub>2</sub>. Uit een studie van Roemer en Hollander (2006) bleek dat de gemodelleerde concentraties NO<sub>2</sub> in de buurt (<100m) van het Amsterdam-Rijnkanaal enkele µg.m<sup>-3</sup> verhoogd waren. Voor PM<sub>10</sub> waren destijds geen emissiegegevens beschikbaar.

In onderhavige studie is het Amsterdam-Rijnkanaal als bron van NO<sub>2</sub> meegenomen op dezelfde wijze als in eerdergenoemde studie. Er zijn geen PM<sub>10</sub> en PM<sub>0,1</sub> emissies gemodelleerd.

## 2.3 Andere bronnen

Op 2-3 km afstand van de bouwlocaties ligt de elektriciteitscentrale in de Overdiempolder. De bijdrage van deze bronnen aan de NO<sub>2</sub> concentraties in Diemen-Noord bedraagt op basis van modelberekeningen circa 0,3 µg.m<sup>-3</sup> (Roemer en Hollander, 2006). Deze bijdrage is al verdisconteerd in de achtergrondconcentraties uit de GCN.

De bijdrage aan de NO<sub>2</sub> concentraties in Diemen-Noord van de twee kleinere elektriciteitscentrales aan de Rode Kruislaan en de Tobias Asserlaan in Diemen worden op basis van modelberekeningen geschat op circa 0,2 µg.m<sup>-3</sup> (Roemer en Hollander, 2006). Deze twee bronnen zijn in deze studie niet opgenomen.

De uitstoot van PM<sub>10</sub> en PM<sub>0,1</sub> is voor de drie elektriciteitscentrales niet van belang.

Ten zuidwesten van Diemen-Noord ligt een uitgestrekt rangeerterrein waar diesellocomotieven rijden. De afstand tot de bouwlocaties varieert van 0,2 km (spoorwasstraat) tot 2,2 km. Van deze bron is wel informatie voorhanden (zie onderstaande sectie) maar daaruit vallen nog emissiegegevens af te leiden. Op grond van onvolledige gegevens en veronderstellingen (zie paragraaf hieronder) over het

aantal rangeerbewegingen komt een beeld naar voren dat de activiteit waarschijnlijk als NIBM te kenschetsen valt.

Het is niet mogelijk om uit het geluidrapport bij de milieubeheervergunning M01/8001 MD 1998 van het Stadsdeel Oost/Watergraafmeer na te gaan hoeveel dieseltractie-uren op de sporen binnen 300 m van de locatie Tureluurweg voorkomen. Opgave bij de aanvraag voor de representatieve bedrijfssituatie over een etmaal wordt gedaan via de bronpunten in het geluidrapport, maar daar is het aantal dieseltractie uren verborgen in het emissiespectrum en de bedrijfsduurcorrectie onder rolgeluid waaronder ook veel andere wagons en bakken vallen. Opgave bij de aanvraag wordt alleen gedaan voor een zomernacht: 48 rangeerbewegingen per zomernacht voor doorvoeren van samengestelde treinen door de wasstraat waarvoor het uithaalspoor op 200 m uit de locatie Tureluurweg wordt benut. Niet duidelijk is of er ook andere rangeerbeweging op dat uithaalspoor plaatsvinden. Veronderstel dat etmaal = 3\* nacht:  $3*48 = 144$  dieseltractiebewegingen over 300 m emplacement á 15 km/h = 3 uur per etmaal. Indien het aantal dieseltractieuren op jaarbasis niet meer bedraagt dan 2500 uur (circa 7 uur per dag) is de activiteit NIBM aldus de regeling NIBM. Binnen 200 meter uit een tunnelmond voor een rijksweg is er aldus het RBL geen effect meer te verwachten. 300 m voor dieseltractie is dus ruim genomen. De maximum treinsnelheid op het emplacement bedraagt 15 km/h (vergunningvoorschrift geluidhinder bestrijding). Binnen 300 meter uit de inrichtinggrens in Diemen dienen dan met dieseltractie meer dan 350 rangeerbeweging per etmaal te worden uitgevoerd om de NIBM grens in Diemen te kunnen overschrijden. Als dat niet zo is dan is buiten de inrichting geen hogere bijdrage dan  $1,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  te verwachten (zie regeling NIBM).

## 2.4 Varianten

Met het model zijn de volgende varianten doorgerekend:

1. situatie 2010 (hoofdwegennet en lokaal verkeer)
2. situatie 2020 hoofdwegennet, lokaal verkeer: de Tureluur
3. situatie 2020 hoofdwegennet, lokaal verkeer: De Duif
4. situatie 2020 hoofdwegennet, lokaal verkeer: separaat
5. situatie 2020 hoofdwegennet + schermen 2 meter hoger, lokaal verkeer: Tureluur

De referentieberekening is die van de huidige situatie, aangeduid met 2010.

De 2020 varianten refereren aan het Ontwerp-Tracébesluit wegbuitbreiding Schiphol-Amsterdam-Almere (OTB-SAA). In deze varianten:

1. is de ligging van het knooppunt A1-A9 iets veranderd,
2. zijn de ontsluitingswegen Diemerpolderweg en de oostelijke ontsluitingsweg IJburg aangepast,
3. is de A1 verbreed,
4. zijn de geluidschermen aangepast (verhoogd), en
5. zijn de verkeersstromen (intensiteit, congestiepercentage) gewijzigd ten opzichte van die in 2010.

Voor wat betreft het lokale verkeer worden er voor 2020 drie varianten gevolgd. Deze varianten beschrijven de verkeerssituatie rondom de locaties van de school waarbij de keuze van de locatie onderscheidend is (zie ook figuur 1.1).

## 2.5 Resultaten

De resultaten van de berekeningen worden in twee stappen gepresenteerd. In de eerste stap worden de concentraties gegeven ten gevolge van alle bronnen behalve die van het lokale wegverkeer. Hieruit wordt duidelijk wat de invloed van de ontwikkelingen van het hoofdwegennet op de concentraties in Diemen-Noord is. In de tweede stap worden de concentraties ten gevolge van alle bronnen gegeven. Hieruit wordt duidelijk wat de invloed van het lokale verkeer is.

De figuren A1-A3 geven de concentraties NO<sub>2</sub>, PM10 en PM0,1 voor de drie varianten, te weten: 2010, 2020 en 2020 met extra hoge schermen (stap 1). Tabel 2.1 geeft de bijdragen van achtergrond, hoofdwegennet en lokaal wegennet aan de concentraties op de drie schoollocaties voor de vijf varianten ten gevolge van alle bronnen (2010, 2020Tureluur, 2020Duif, 2020Separaat, 2020Tureluur met extra hoge schermen). Tabel 2.2 is vervolgens de samenvattende tabel waarin de jaargemiddelde concentraties vergeleken worden.

Voor ieder van de schoollocaties is als referentiepunt het dichtst bij de A1 liggende coördinaat gekozen. In het bijzonder voor de locatie "Schouw" is dat van belang aangezien deze locatie een langwerpige vorm in de richting van de A1 heeft. De bijdragen van het lokale verkeer zijn gemodelleerd waarbij het receptorpunt op 3 meter van de rand van de bijbehorende lokale weg is geplaatst. In sommige gevallen is die afstand iets groter. Beide keuzen geven een (zeer) lichte overschatting van de gemodelleerde concentraties, en kunnen dus als een conservatieve aanpak beschouwd worden.

Tabel 2.1a Bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) op 3 meter van de wegrand bij de betreffende schoollocatie. a. NO<sub>2</sub>

NO <sub>2</sub>	Tureluur			Wulp			Schouw		
	a'grnd	snelvk	lok.vk	a'grnd	snelvk	lok.vk	a'grnd	snelvk	lok.vk
2010	25,4	6,6	2,3	25,4	5,1	1,6	25,0	6,3	1,2
2020 duif	18,7	4,7	1,5	18,7	3,8	1,0	18,8	4,6	0,6
2020 separaat	18,7	4,7	1,3	18,7	3,8	0,9	18,8	4,6	0,7
2020 tureluur	18,7	4,7	1,5	18,7	3,8	1,0	18,8	4,6	0,6
2020 tureluur +2m.	18,7	4,6	1,5	18,7	3,7	1,0	18,8	4,5	0,6

A'grond: achtergrond; snelvk: hoofdwegennet; lok.vl: lokaal verkeer

Tabel 2.1b Bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) op 3 meter van de wegrand bij de betreffende schoollocatie, b PM10

PM10	Tureluur			Wulp			Schouw		
	a'grnd	snelvk	lok.vk	a'grnd	snelvk	lok.vk	a'grnd	snelvk	lok.vk
2010	24,2	1,0	0,4	24,2	0,8	0,3	24,2	0,9	0,3
2020 duif	21,9	0,9	0,3	21,9	0,6	0,2	21,8	0,8	0,2
2020 separaat	21,9	0,9	0,3	21,9	0,6	0,2	21,8	0,8	0,2
2020 tureluur	21,9	0,9	0,3	21,9	0,6	0,2	21,8	0,8	0,2
2020 tureluur + 2m.	21,9	0,8	0,3	21,9	0,6	0,2	21,8	0,8	0,2

Tabel 2.1c Bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie ( $\#\text{.cm}^{-3}$ ) op 3 meter van de wegrand bij de betreffende schoollocatie; c: PM0.1

PM0.1	Tureluur			Wulp			Schouw		
	a'grnd	snelvk	lok.vk	a'grnd	snelvk	lok.vk	a'grnd	snelvk	lok.vk
2010	0	3200	-	0	2300	-	0	2900	-
2020 duif	0	4800	-	0	3500	-	0	4500	-
2020 separaat	0	4800	-	0	3500	-	0	4500	-
2020 tureluur	0	4800	-	0	3500	-	0	4500	-
2020 tureluur + 2m.	0	4800	-	0	3500	-	0	4500	-

Tabel 2.2 Jaargemiddelde concentraties ( $\mu\text{g m}^{-3}$  en  $\#\text{.cm}^{-3}$ ) op de verschillende locaties voor de verschillende varianten

	Tureluur			Wulp			Schouw		
	NO <sub>2</sub>	PM10	PM0,1	NO <sub>2</sub>	PM10	PM0,1	NO <sub>2</sub>	PM10	PM0,1
2010	34,4	25,6	3200	32,1	25,2	2300	32,5	25,4	2900
2020 duif	24,8	23,0	4800	23,5	22,7	3500	24,0	22,8	4500
2020 separaat	24,7	23,0	4800	23,4	22,7	3500	24,1	22,8	4500
2020 tureluur	24,8	23,0	4800	23,5	22,7	3500	24,0	22,8	4500
2020 tureluur + 2m.	24,8	23,0	4800	23,5	22,7	3500	23,9	22,8	4500

Tabel 2.1 bevestigt dat de concentraties  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$  vooral door de achtergrond (bijdragen op afstanden groter dan 1 km) bepaald worden. De bijdragen van het hoofdwegennet zijn aanzienlijk geringer en de bijdragen van het lokale verkeer zijn daar weer een fractie van.

De bijdrage van het hoofdwegennet (in het bijzonder de A1) is voor locatie Tureluur het grootst.

De concentraties zullen in 2020 ondanks een aanzienlijke groei van het wegverkeer op de A1 lager zijn dan in 2010. Dit heeft te maken met de sterke verlaging van de emissiefactoren. Door de geprognosticeerde invoering en verdere indringing in het autopark van de Euronormen voor het wegverkeer wordt verwacht dat zowel personenauto's als vrachtverkeer in 2020 veel schoner dan in 2010 zullen zijn. Dit is opmerkelijk daar de afgelopen 10-15 jaar de waargenomen  $\text{NO}_2$  concentraties nauwelijks veranderd zijn.

Voor  $\text{PM}_{0,1}$  zijn geen achtergronden bekend. Evenmin is bekend wat de ontwikkeling van de emissiefactor van  $\text{PM}_{0,1}$  in de toekomst zal zijn. Er is besloten om met de emissiefactoren voor 2010 ook voor 2020 te rekenen. Het verschil tussen de  $\text{PM}_{0,1}$  concentraties op de Tureluur en de Wulp is op jaarbasis circa 40%. Dit is meer dan de 20-30% die bij de metingen (Hoofdstuk 4) bij wind afkomstig van de A1 geconstateerd wordt. Bedacht moet worden dat in de berekeningen geen achtergrond verdisconteerd is. Als de achtergrondconcentratie  $\text{PM}_{0,1}$  van dezelfde orde van grootte zou zijn als de bijdrage van het hoofdwegennet op locatie de Wulp ( $2300 \text{ \#} \cdot \text{cm}^{-3}$  in 2010) dan wordt daarmee het relatieve verschil tussen beide locaties tot circa 20% teruggebracht, waarmee de verhouding van de  $\text{PM}_{0,1}$  concentraties tussen beide locaties goed met die volgens de metingen overeenkomt.

Tabel 2.2 laat zien dat zowel voor  $\text{NO}_2$  als  $\text{PM}_{10}$  alle locaties in 2010 en in 2020 aan de wettelijke normen voldoen. De wettelijke norm voor  $\text{NO}_2$  is dat de jaargemiddelde concentratie niet de  $40 \text{ \mu g/m}^3$  mag overschrijden. Voor  $\text{PM}_{10}$  zijn er twee normen; de jaargemiddelde concentratie mag de grens van  $40 \text{ \mu g/m}^3$  niet overschrijden. De strengste norm is het aantal dagen van toegestane overschrijding van de daggemiddelde concentratie van  $50 \text{ \mu g/m}^3$ , en die norm is equivalent met een jaargemiddelde concentratie van  $32,5 \text{ \mu g/m}^3$  (inclusief aftrek van zeezout). Voor  $\text{PM}_{0,1}$  zijn er geen wettelijke normen.

De variant met 2 meter hogere schermen leidt tot iets lagere jaargemiddelde concentraties. Het verschil is op locatie Tureluur minder dan  $0,1 \text{ \mu g/m}^3$  (Tabel 2.1a/b). In 2020 is de bijdrage van het lokale verkeer het laagst in de variant "separaat". Voor  $\text{NO}_2$  is het verschil in bijdrage met de andere varianten hooguit  $0,2 \text{ \mu g/m}^3$  (1,5 versus  $1,3 \text{ \mu g/m}^3$ ) en voor  $\text{PM}_{10}$  is het verschil minder dan  $0,1 \text{ \mu g/m}^3$ .

De berekeningen geven aan dat de bijdrage van het lokale verkeer in 2010 aan de Tureluurweg voor  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$  respectievelijk  $2,3$  en  $0,4 \text{ \mu g} \cdot \text{m}^{-3}$  is (Tabel 2.1). De verkeersdruk aan deze weg bedraagt 4252 voertuigen per etmaal. De verkeersaantrekkende werking is 840 voertuigen per etmaal. Hieruit wordt geconcludeerd dat het effect van de verkeersaantrekkende werking zich beperkt tot een bijdrage van maximaal  $0,46$  en  $0,08 \text{ \mu g} \cdot \text{m}^{-3}$  voor respectievelijk  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$ . De wijziging van het bestemmingsplan voldoet hiermee (samen met het voldoen van de concentraties  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$  aan de wettelijke normen) aan de eisen die de wet Milieubeheer hiervoor stelt.

## 3 Metingen in Diemen

Onderdeel van het onderzoek naar de luchtkwaliteit in Diemen-Noord was het vaststellen, door middel van metingen, van de concentraties PM<sub>0,1</sub> rondom de nieuwe en oude locaties van de school. Omvang en termijn van de studie bepaalden dat slechts een beperkt aantal metingen uitgevoerd kon worden zodat hooguit een indruk van de heersende concentraties onder invloed van de weg kon worden opgedaan. Figuur 1.1 geeft een overzicht van de nieuwe en oude schoollocaties. De afstand tot het midden van de A1 bedraagt voor de nieuwe locatie aan de Tureluurweg 150-200 meter, voor de oude locatie aan de Wulp 310-340 meter en voor de oude locatie aan Klipperweg/Schouw 230-320 meter.

### 3.1 Opzet

De concentraties van PM<sub>0,1</sub> en andere belangrijke verkeersgerelateerde stoffen worden in Diemen-Noord bepaald door:

1. de intensiteit, samenstelling en doorstroming van het verkeer op de A1 en in mindere mate de A10,
2. lokaal verkeer,
3. scheepvaart op het Amsterdam-Rijnkanaal,
4. andere bronnen (electriciteitscentrale, rangeerterrein),
5. verspreidingscondities (windrichting, windsnelheid, stabiliteit van de atmosfeer).

Op grond van eerder onderzoek (Roemer et al., 2007) was duidelijk dat de A1 de dominante bron in Diemen-Noord is.

Om de invloed van de A1 op de concentraties PM<sub>0,1</sub> in kaart te brengen zijn weersituaties met zuidwesten wind nodig. Er zijn metingen verricht op de volgende dagen:

1. zaterdag 29 mei 2010<sup>1</sup>
2. woensdag 7 juli 2010
3. donderdag 8 juli 2010
4. vrijdag 30 juli 2010

Er is op verschillende locaties gemeten. Op het dak van de school op de nieuwe locatie (Tureluurweg) is een monitor opgesteld die als het zogenaamde vaste meetpunt of referentiepunt diende. Een tweede kleine handzame monitor diende als mobiel meetpunt. Met dit apparaat zijn de concentraties op andere plekken in en buiten de wijk gemeten.

Voor aanvang van de metingen, halverwege en na afloop van de metingen werd de mobiele monitor naast de vaste monitor op het dak geplaatst en werden de meetuitkomsten van beide apparaten met elkaar vergeleken. Het instrumentele verloop

---

<sup>1</sup> De eerste meetdag (op 29 mei) is een zaterdag. Dat was de eerste meetgelegenheid na een lange periode van bijna een maand waarin geen geschikte meetcondities zijn voorgekomen. Daar eind juni destijds nog als einddatum van het project gold is er voor gekozen om te meten op een minder drukke weekenddag.

("wegdriften") van de mobiele monitor over de meetperiode ten opzichte van de vaste monitor was zeer gering. De resultaten van de metingen met de mobiele monitor zijn hiervoor gecorrigeerd.

## 3.2 Apparatuur

De PM<sub>0.1</sub> concentraties zijn gemeten met een zogenaamde CPC-model 3007. CPC staat voor Condensation Particle Counter van de firma Driesen en Kern (DK)

## 3.3 Resultaten

### 3.3.1 Vast meetpunt

De resultaten van de metingen van PM<sub>0.1</sub>, windrichting en windsnelheid op het dak van de school zijn weergegeven in de figuren B1-B5. Op 8 juli heeft de monitor op het vaste meetpunt niet goed gefunctioneerd, deze dag heeft geen bruikbare meetresultaten opgeleverd.

#### Zaterdag 29 mei 2010

Op zaterdag 29 mei daalde in de loop van de ochtend de PM<sub>0.1</sub> concentratie op het vaste meetpunt van circa 20.000 deeltjes.cm<sup>-3</sup> tot ongeveer 10.000 deeltjes.cm<sup>-3</sup>. Tezelfdertijd draaide de wind van zuid naar zuidzuidwest. De windsnelheid bleef vrijwel constant over deze tijdspanne. Aannemende dat op een zaterdag de verkeersdrukke later op gang komt kan voor een verklaring van de afnemende concentratie alleen een betere verticale menging als uitgangspunt genomen worden. Ter plekke zijn geen metingen gedaan die dit kunnen staven, wel zou op basis van metingen door het KNMI op Schiphol hierover een kwalitatieve schatting gedaan kunnen worden. In het begin van de middag is de concentratie PM<sub>0.1</sub> tot 35000 deeltjes.cm<sup>-3</sup> opgelopen waarna de concentratie binnen een uur (van 14.00 tot 15.00u) weer zakte tot 15000 deeltjes.cm<sup>-3</sup>

#### Woensdag 7 juli 2010

De hoogste concentraties, tot 35000 deeltjes.cm<sup>-3</sup>, worden op woensdag 7 juli rond 7.00u 's ochtends gemeten. Daarna zakten de concentraties geleidelijk tot ongeveer 15000 deeltjes.cm<sup>-3</sup> rond 11.00u waarna ze weer stegen tot 25000 deeltjes.cm<sup>-3</sup> halverwege de middag. Het patroon van het concentratieverloop vertoont gelijkenis met het (algemene) patroon van het dagverloop van de verkeersintensiteit. De PM<sub>0.1</sub> vertoont een anti-correlatie met de windsnelheid: de hoogste concentraties PM<sub>0.1</sub> komen overeen met de momenten van laagste windsnelheid en vice-versa.

#### Vrijdag 30 juli 2010

Op vrijdag 30 juli stijgen de PM<sub>0.1</sub> concentraties van circa 10-15000 deeltjes.cm<sup>-3</sup> tot 30000 deeltjes.cm<sup>-3</sup>. Er zijn door logistieke zaken (ivm andere metingen elders) die dag geen meteorologische grootheden gemeten. Op grond van eigen waarnemingen (aan vlaggen in de buurt) kan gesteld worden dat de wind niet loodrecht op de as van de A1 heeft gestaan. De wind kwam voor het grootste deel van de tijd uit het westen tot noordwesten wat door KNMI metingen op Schiphol bevestigd wordt. Ook bleek de wind gedurende lange tijd niet strak uit een vaste hoek te komen, maar regelmatig te draaien.

### 3.3.2 *Mobiele metingen*

Een indruk van de variaties van PM<sub>0,1</sub> concentraties in Diemen-Noord wordt verkregen door de meetresultaten van het mobiele meetpunt te koppelen aan die van het vaste meetpunt. De figuren B6-B10 geven de verhouding (als percentage) van de concentratie ter plekke ten opzichte van de concentratie op het referentiemeetpunt.

Figuur B9 geeft deze verhouding voor een serie metingen in een weiland een paar honderd meter buiten de bebouwde kom, juist ten zuidoosten van Diemen-Noord. Uit deze figuren (B9a en B9b) valt op dat de concentratie sterk afneemt (meer dan een factor 2) met toenemende afstand van de weg over de eerste 200 meter en dat vanaf circa 300 meter afstand van de A1 de concentratie PM<sub>0,1</sub> vrijwel homogeen is. Dat laatste aspect wordt bevestigd door de metingen in de wijk waar op afstanden van circa 300 meter en verder van de A1 weinig variatie van de concentratie PM<sub>0,1</sub> wordt gevonden. De concentratieverschillen bleven beperkt tot 5-10% van het gemiddelde niveau.

De concentraties PM<sub>0,1</sub> op 300 meter afstand en meer van de A1 zijn circa 80% van de concentraties op het dak van de school aan de Tureluurweg. Met andere woorden: de concentratie op de school is zo'n 120-130% hoger dan op 300 meter afstand van de weg, en dus zo'n 120-130% hoger dan op de locatie aan de Wulp. Hetzelfde geldt voor de locatie aan de Klipperweg/Schouw voor wat betreft het gedeelte aan de Klipperweg. Het gedeelte aan de Schouw ligt dicht bij de A1. Ten opzichte van dit gedeelte van het gebouw zijn de concentraties aan de Tureluurweg met zo'n 110-120% verhoogd.

Op 30 juli stond de wind niet loodrecht op de A1 maar onder een kleine hoek daarvan zodat de aangevoerde wind een veel langere weg vanaf de A1 af te leggen had alvorens de locaties te bereiken. De concentratieverhoudingen ten opzichte van het referentiepunt op het dak van de school aan de Tureluurweg zijn duidelijk anders (Fig. B10). Ten eerste valt op dat de concentraties bij de oude locaties hoger zijn (tot 20-25%) dan op het referentiepunt. Ten tweede valt op dat er binnen korte afstand variaties in de concentratieverhoudingen optreden. Het grillige patroon van de concentratieverdeling wordt waarschijnlijk door de wisselende wind veroorzaakt in combinatie met het feit dat door de heersende wind uit het westen de afstand tot de A1 meer dan 300 meter bedroeg. Op 30 juli is ook onderzocht of obstakels zoals muurtjes en zelfs gehele gebouwen van wezenlijke invloed op de concentraties zijn. Dit is gedaan door in de buurt van de locatie aan de Tureluurweg de concentraties te meten voor en achter muren, bij nauwe doorgangen en andere objecten. Het blijkt dat de obstakels niet tot merkbare concentratieveranderingen leiden. Het hiervoor onderzochte gebied ligt op minstens 170 meter afstand van de A1 en op die afstand is de invloed van de weg beperkt. Mogelijk dat bij wind loodrecht op de A1 (zuidwestenwind) de invloed van obstakels ter hoogte van de school aan de Tureluurweg groter is, maar die onder die omstandigheden is de invloed van obstakels niet onderzocht.

De meetdagen zijn geselecteerd op het voorkomen van (zuid)-westen wind waarbij de invloed van de A1 merkbaar is. Er is niet gemeten bij bijvoorbeeld oosten of noorden wind. Verwacht mag worden dat bij andere windrichtingen het verschil in PM<sub>0,1</sub> concentratie tussen de nieuwe en oude locaties geringer of afwezig zal zijn. Bij noordoosten- en oostenwind is er aanvoer van lucht waarin emissies van schepen op het Amsterdam-Rijnkanaal zijn opgenomen. Deze bron is echter minder sterk dan de A1 als bron. De afstand van de dichtstbijzijnde locatie (de Wulp) tot het Amsterdam-



Rijnkanaal bedraagt 300 meter. Als de halfwaarde afstand bij oostenwind hetzelfde is als bij zuidwesten wind (Fig. B9b) dan kan het Amsterdam-Rijnkanaal als bron niet tot een verschil op de drie locaties leiden.

Uit de metingen in de wijk bleek dat er kortstondige pieken kunnen optreden ten gevolge van het passeren van een enkele auto of brommer. Deze pieken kunnen gedurende enkele seconden tot 200000 deeltjes.cm<sup>-3</sup> oplopen.

### 3.4 Bespreking/Conclusies

De nieuwe locatie aan de Tureluurweg ligt op zo'n 170 meter afstand van de A1 en dat is aanzienlijk dichterbij de snelweg dan de twee oude locaties (Wulp en Klipperweg/Schouw). Een zuiver beeld van de verschillen in de concentraties PM<sub>0,1</sub> is te verkrijgen door een jaar lang de concentraties op driegenomde locaties te meten. De in deze studie uitgevoerde meetcampagnes geven een indruk van de invloed van de A1 op een drietal (zomerse) dagen.

De hoofdopmerkingen zijn:

- De resultaten geven aan dat, wanneer de wind loodrecht op de A1 staat, de PM<sub>0,1</sub> concentratie op de nieuwe locatie circa 20-30% hoger is dan de concentratie op 300 meter afstand van de A1 (en op de oude locatie). Op jaargemiddelde basis (wanneer windrichtingen zonder invloed van de A1 verdisconteerd worden) zal dit verschil tussen de locaties waarschijnlijk kleiner zijn.
- De invloed van obstakels en van plaatselijk verkeer beperkt zich tot variaties binnen de 5-10% van het gemiddelde niveau bij .

## 4 Filters

Voor de bouw van een nieuw scholencomplex dicht bij een bestaande snelweg gelden aanvullende eisen ten aanzien van het ventilatie- en klimatiseringssysteem in het gebouw. Fijn stof en ultrafijn stof, vooral afkomstig van wegverkeer, moeten uit de toegevoerde buitenlucht worden verwijderd. Het verwijderen van vluchtige componenten (stikstofoxiden, organische verbindingen e.d.) is een optie. Het toepassen van een stoffiltersysteem is noodzakelijk om schadelijk stof ( $PM_{0.1}$ ) te verwijderen uit de toegevoerde lucht. Daarnaast dienen aan het gebouw ook eisen te worden gesteld aan de luchtdichtheid en de temperatuurbeheersing.

Een optimaal luchtbehandelingsysteem voor het schoolgebouw is door TNO nader bekeken. Het (TNO) ontwerp heeft drie ontwerpcriteria als uitgangspunt:

- voldoende toevoer van buitenlucht;
- optimaal binnenklimaat en;
- een goede luchtkwaliteit in het schoolgebouw.

Dit rapport gaat in op de vraag met welke technieken het mogelijk is om de luchtkwaliteit van de buitenlucht vergelijkbaar te maken aan die bij een school op 300 m van een snelweg. Interne bronnen worden in deze beschouwing niet meegenomen. Dit neemt niet weg dat maatregelen zoals het toepassen van stofzuigers met HEPA filters of nog beter toepassing van een centraal stofafzuigstelsysteem de concentratie fijn stof in het gebouw zullen verminderen.

Als eerste stap zullen een aantal prestatie eisen worden toegelicht voor het binnenklimaat.

Vervolgens wordt ingegaan wat het effect is van filtersystemen op de luchtkwaliteit van de door het ventilatiesysteem ingeblazen lucht. Bij de advisering zullen de meest recente inzichten van TNO en de diverse beschikbare marktsystemen worden gecombineerd tot een passend luchtbehandelingsstelsysteem.

Daarna wordt ingegaan aan welke bouwkundige eisen dient te worden voldaan om een bepaalde luchtkwaliteit te behalen.

Als laatste worden de resultaten van een eerder uitgevoerde proeven besproken.

#### 4.1 Algemene prestatie eisen voor het binnenklimaat

In het algemeen gelden voor scholen drie eisen ten aanzien van het binnenklimaat. De belangrijkste eis te stellen aan het ventilatiesysteem is de toevoer van een voldoende buitenlucht in relatie tot het aantal leerlingen en docenten en hun aanwezigheid in de verschillende klaslokalen. Als tweede voorwaarde geldt een comfortabele thermisch binnenklimaat. De derde ontwerp-eis is ten aanzien van geluid van buiten en ten gevolge van installaties.

##### *Ventilatie*

Ventilatie is vereist voor het verversen van door personen en andere verontreinigingsbronnen vervuilde lucht. Andere verontreinigingsbronnen kunnen bestaan uit emissies uit bouwmaterialen, interieurmaterialen en meubilair. Deze bronnen dienen te worden vermeden. Vermijd de toepassing van interieurmaterialen die sterke geuren verspreiden. Hiervoor bestaan speciale emissie labels (Finland: [www.rts.fi](http://www.rts.fi) of Duitsland: [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)).

Verontreinigingen ten gevolge van personen bestaan uit geurstoffen, bacteriën en virussen. De wettelijke minimum eisen in het Bouwbesluit zijn met name gericht op het vermijden van geuroverlast ten gevolge van menselijke afscheidingsproducten. Meestal wordt koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) als een indicator voor de door de mens geproduceerde geurstoffen gebruikt. Koolstofdioxide wordt door de mens uitgescheiden ten gevolge van het metabolisme. Koolstofdioxide is zelf reukloos en niet bijzonder schadelijk maar is eenvoudig te meten en correleert goed met de concentratie geurstoffen, bacteriën en virussen. Het CO<sub>2</sub> niveau in de buitenlucht is circa 400 ppm. Het Bouwbesluit gaat uit van een luchthoeveelheid van minimaal 7 dm<sup>3</sup>/s (25 m<sup>3</sup>/uur) per persoon. Dit correspondeert met een verhoging van 800 ppm ten opzichte van de buitenlucht en resulteert dus in een CO<sub>2</sub> concentratie van 1200 ppm.

Het Bouwbesluit geeft minimum eisen. Verhoging van de hoeveelheid verse lucht per persoon zal de overdracht van infectieziekten en ziekteverzuim beperken. Er zijn ook onderzoeken die aangeven dat deze verontreinigingen effect hebben op leerprestaties van de leerlingen (Jacobs et al., 2007). In de ISSO publicatie 89 zijn drie klassen uitgewerkt voor de luchtkwaliteit gebaseerd op de CO<sub>2</sub> concentratie, zie Tabel 4.1. Aan de vermelde eisen dient tijdens gebruikstijd een bepaalde fractie van de tijd te worden voldaan. In ISSO 89 wordt een percentage van 90% genoemd.

Tabel 4.1 overzicht van prestatie eisen ten aanzien van luchtkwaliteit uit ISSO 89 (2009)

Klasse	A	B	C
CO <sub>2</sub> concentratie [ppm]	<800	<900	<1200
Luchttoevoer [dm <sup>3</sup> /s p.p.]	11,1	8,3	5,6
[m <sup>3</sup> /uur p.p.]	40	30	20

Voor nieuwbouwscholen wordt aangeraden kwaliteitklasse A of B te kiezen.

##### *Thermisch comfort*

In scholen is thermisch comfort een belangrijk aandachtspunt. Er is veel daglicht gewenst, anderzijds kunnen de grote glasoppervlakken tot oververhitting leiden. Daarnaast zorgen de kinderen voor een aanzienlijke opwarming. Het thermisch comfort probleem is voor SenterNovem mede aanleiding geweest om de campagne 'frisse scholen' te starten. Het woord fris staat hierbij voor schone lucht en voor koele lucht.

In ISSO publicatie 89 zijn drie klassen uitgewerkt voor thermisch comfort, zie Tabel 4.2.

Tabel 4.2 overzicht van prestatie eisen ten aanzien van temperatuur uit ISSO 89 (2009)

Klasse	A	B	C
Temperatuur ondergrens [°C]	20	20	19
Temperatuur bovengrens $T_b < 20$ [°C]	22	23	24
Temperatuur bovengrens $T_b > 20$ [°C]	$T_b + 2$ (max. 27)	$T_b + 3$	$T_b + 4$
Tocht – luchtsnelheid winter [m/s]	0,13	0,16	0,19
Verticaal temperatuurverschil [K]	<2	<3	<4
Vloertemperatuur [°C]	19 - 26	19 - 26	17 - 29
Individuele beïnvloeding temperatuur	$\pm 2$ °C zomer + winter	$\pm 2$ °C winter	$\pm 2$ °C winter

Voor temperatuur wordt in de ISSO 89 publicatie de zogenaamde adaptieve temperatuur gebruikt. Op basis van de momentane buitentemperatuur wordt de eis aangepast. Hierbij wordt rekening gehouden met adaptatie, het vermogen van de mens om zich aan te passen aan zijn omgeving. Dit geldt vooral in gebouwen waar gebruikers zelf enige invloed hebben op de binnentemperatuur door bijvoorbeeld de ramen open te zetten.

Omdat bij de school in Diemen de ramen zoveel mogelijk dicht dienen te blijven is het mogelijk beter om de richtlijnen van de Rijksgebouwendienst (Rgd richtlijnen) toe te passen. Deze gaan uit van een behaaglijk binnenklimaat indien volgens de norm NEN-EN-ISO-7730 de zogenaamde Predicted Mean Vote (PMV) waarde tussen -0,5 en +0,5 ligt. Uitgangspunt hierbij is meestal dat deze twee comfortgrenzen elk met maximaal 5% van de gebruikstijd op jaarbasis mag worden over- of onderschreden. De mate van overschrijding wordt gewogen, hoe hoger de temperatuur, hoe zwaarder de overschrijding meetelt. Bij een school is de gebruikstijd bijvoorbeeld 1000 uur per jaar. Dit houdt dan in dat in de warme periode niet meer dan 50 uur gewogen temperatuuroverschrijdingsuren (GTO) mogen voorkomen. Hetzelfde geldt voor de koude periode.

#### *Geluid*

Geluid is een belangrijke factor. In veel scholen staat het ventilatiesysteem uit omdat het teveel lawaai produceert. Tabel 4.3 geeft een overzicht van de geluidseisen uit ISSO 89.

Tabel 4.3 overzicht van prestatie eisen ten aanzien van geluid uit ISSO 89 (2009)

Klasse	A	B	C
Installatiegeluid in klaslokaal [dB(A)]	30	33	35
Geluid t.g.v. buiten [dB(A)]	30	33	35

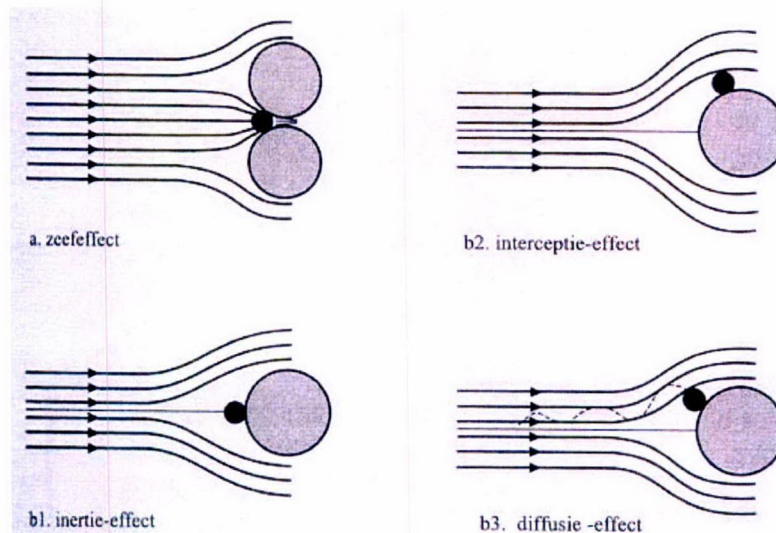
## 4.2 Filtersystemen voor de reductie van fijn stof

Mensen hebben recht op een gezonde werk- en leefomgeving. Vele gebouwen (woningen, kantoren, scholen e.d.) zijn uitgevoerd met luchtbehandelingsinstallaties met het primaire doel om voldoende ventilatielucht te realiseren. Naast dit belangrijke aspect krijgt de toevoer van schone, stofvrije lucht een steeds belangrijkere plaats. Met name in sterk vervuilde gebieden, veroorzaakt door industrie of verkeer, is de toevoer van gefiltreerde lucht een “must”. Bij gefiltreerde lucht denken we in eerste instantie aan het verwijderen van stofdeeltjes uit een luchtstroom, maar ook gassen en dampen zoals stikstofoxiden, ozon, geurstoffen e.d. kunnen worden verwijderd. Het gebruik van stoffilters in installaties is “standaard”, het gebruik van andersoortige filters (koolfilters) is minder gebruikelijk. In dit hoofdstuk beperken we ons tot het beschrijven van filtersystemen die stof uit een luchtstroom verwijderen. Eerst worden de mechanische filters beschreven. Vervolgens wordt kort ingegaan op elektrostatische filters, deze filters worden veelvuldig in de industrie toegepaste, echter in kantoren en scholen zijn in Europa nauwelijks toepassingen bekend.

### 4.2.1 Mechanische filters

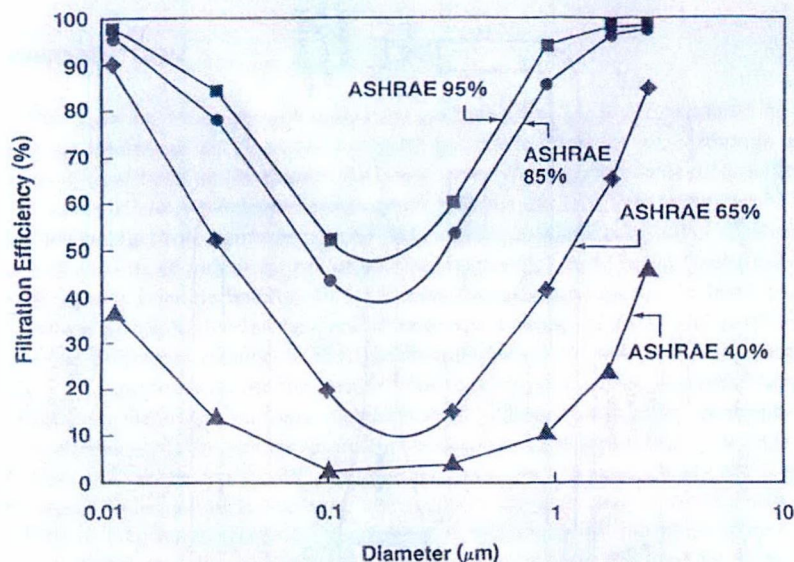
Mechanische filtering wordt op grote schaal toegepast in luchtbehandelingkasten. Bij deze filters berust de werking op (zie figuur 4.1):

- a. het zeven. Als de afmetingen van de deeltjes groter zijn dan de openingen van het filtermedium, worden deze tegen gehouden.
- b. het botsen. Stofdeeltjes worden met de luchtstroom meegenomen. In de figuur wordt deze luchtstroom aangegeven door stroomlijnen. Er treden de volgende situaties op:
  - b1. de deeltjes vliegen rechtdoor, het traagheids- of inertie-effect;
  - b2. de deeltjes worden gedeeltelijk door de afbuigende luchtstroom meegenomen en worden door de vezels aangetrokken (van der Waalskrachten ed.);
  - b3. zeer kleine deeltjes hebben door de botsing met luchtmoleculen een zogenaamde Brownse beweging, waardoor zij schijnbaar een grotere afmeting hebben. De onder b1 en b2 beschreven verschijnselen treden op.



Figuur 4.1 Weringsprincipes van mechanische filters.

Afhankelijk van de deeltjesgrootte heeft een filter een bepaald afvangrendement. Bijgaande figuur geeft een typisch verloop van filterdeficiënties weer. Bij deeltjes groter dan 1  $\mu\text{m}$  zijn zeven en botsen de dominante collectiemechanismen. Voor deeltjes kleiner dan 0,1  $\mu\text{m}$  is diffusie het dominante invangmechanisme. Hierdoor zijn filterdeficiënties in het algemeen het laagst voor de grootte 0,1 – 1  $\mu\text{m}$ .



Figuur 4.2 Afvangpercentage als functie van deeltjes diameter.

Voor de selectie van een filter is van belang welke stof en in welke mate moet worden gefiltreerd. Naarmate een stof schadelijker is voor de gezondheid van de mens zal zelfs het allerkleinste stof moeten worden verwijderd. Om dit te realiseren zullen steeds betere filters moeten worden toegepast. De keuze is aan de opdrachtgever.

Een "normale" luchtbehandelingsinstallatie met luchttoevoer is voorzien van groffilters en fijnfilters. Indien er heel hoge eisen aan de installatie worden gesteld kunnen zelfs HEPA filters worden toegepast. Deze absoluutfilters worden vooral toegepast in cleanrooms.

De filterkwaliteit is genormeerd volgens de Europese norm NEN-EN779:2002. De classificatie kent G1 – G4 groffilters met een gravimetrisch rendement tot 90 % en fijnfilters (F5-F9) met een gemiddeld rendement op stofdeeltjes van 0,4  $\mu\text{m}$  van 40 tot 95 %. HEPA filters hebben rendementen volgens MPPS (Most Penetrating Particle Size) van meer dan 85 % tot U17 filters met rendementen van meer dan 99,99995 %. Een reële keuze van filters in een luchtbehandelingsinstallatie zoals in scholen is een combinatie van groffilters en fijnfilters. Naast de filterefficiëntie is energiegebruik een belangrijke kostenpost. Een grote filterleverancier stelt dat de kosten van filters (arbeid, nieuwe filters, energie) voor het overgrote deel wordt bepaald door energiekosten (tot wel 70% van de totale kosten).

Een optimaal ontwerp kenmerkt zich door gebruik van een installatie en filters met een lage drukval. Filters met een lage initiële drukval hebben de voorkeur. Vervuiling van filters zorgt voor een hogere drukval. Met name bij de betere fijnfilters en HEPA filters kan de drukval bij vervuiling sterk toenemen. Ook een slecht ontworpen luchtbehandelingsinstallatie (kleine kanalen, veel bochten e.d.) zorgen voor veel drukval.

Als vuistregel geldt voor een doorsnee-installatie dat één extra Pascal drukverlies 1 euro per filter kost op jaarbasis. De energiekosten (in kW) van een luchtfilter met betrekking op het drukverschil zijn als volgt te berekenen:

$$E = (q \times \Delta p) / (\eta \times 1000) \quad (\text{kW})$$

$q$  = debiet ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$\Delta p$  = drukverschil (Pa)

$\eta$  = rendement van de ventilator (normaal 0,6 – 0,7)

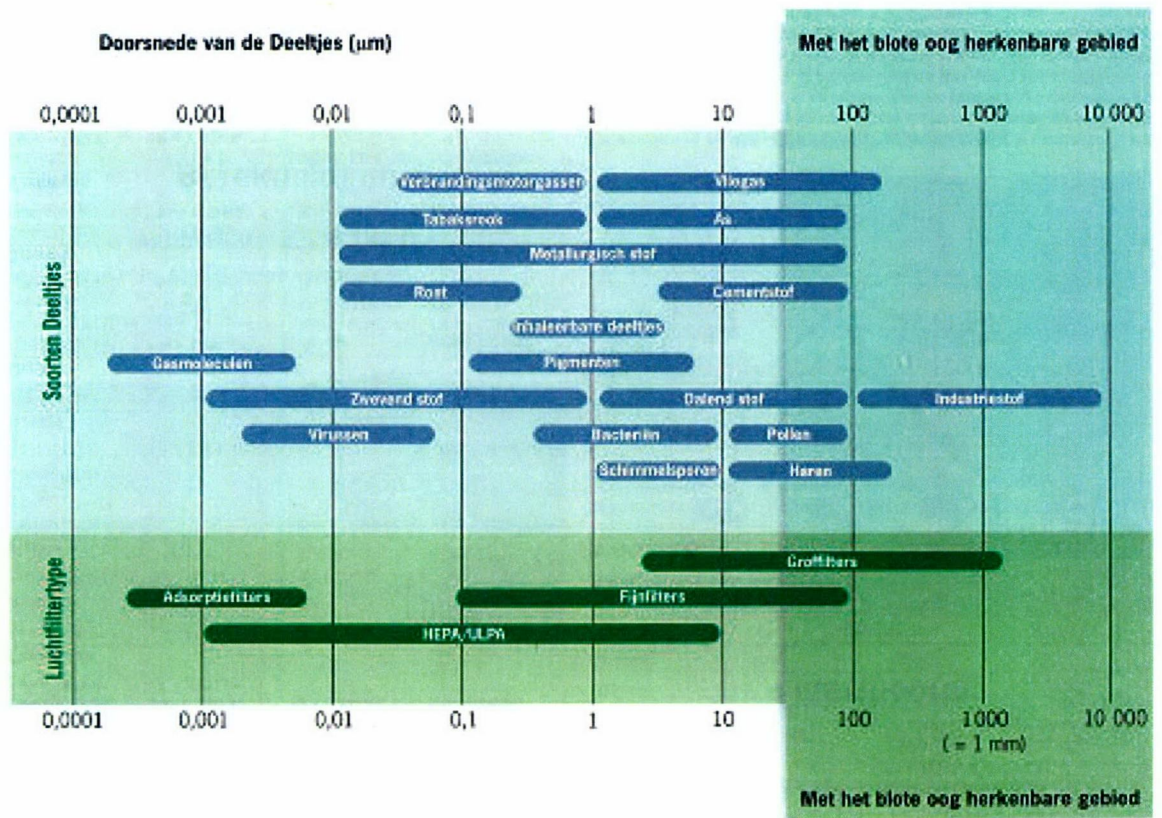
Het drukverschil bij een F9 filter neemt tijdens de standtijd toe en varieert typisch tussen 100 – 250 Pa. Bij een HEPA filter is deze variatie 100 – 500 Pa. Om het energiegebruik te illustreren: een F9 filter met 200 Pa drukval, 10.000  $\text{m}^3/\text{h}$  en een ventilatorrendement van 0.6 levert een energiegebruik op van 900 W. Dit is 10 – 30% van het totale ventilator energiegebruik.

TNO hanteert de volgende ontwerpcriteria:

- minimaal gebruik luchtkanalen;
- maximalisatie kanaaldiameter;
- filters met minimale drukval;
- maximalisatie filteroppervlak;
- voorkeur voor lage efficiëntie stoffilters.

Een aanbevolen filtersectie bestaat uit een drietrapsfiltersysteem bestaande uit een G4 groffilter, een F7 fijnfilter en een F9 fijnfilter afhankelijk van de ontwerpeisen. Deze combinatie moet het F9 eindfilter “beschermen” voor vervuiling en daarmee voor een hoge drukval. Het vervangen van de filters met een lagere filterefficiëntie is ook goedkoper.

Een groter filteroppervlak zorgt niet alleen voor een lagere drukval en daarmee voor een vermindering van de energiekosten maar ook voor een langere standtijd van de filters. Vermindering van het aantal filterwisselingen zal kosten, tijd en overlast verminderen. In de onderstaande figuur (4.3) zijn deeltjesgrootte verdelingen in relatie met verschillende typen verontreinigingen weergegeven. Ook is te zien welke filtertypen worden aanbevolen door een vooraanstaande leverancier.



Figuur 4.3 Deeltjesgrootte van verontreinigingen en bereik van mechanische filters.

Deeltjes in de buitenlucht worden als volgt gekarakteriseerd:

- PM<sub>10</sub>: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 micrometer. PM is hierbij de afkorting voor *particulate matter*;
- PM<sub>2,5</sub>: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 micrometer;
- PM<sub>0,1</sub>: deeltjes kleiner dan 0,1 micrometer (ultra-fijnstof).

Zoals de bovenstaande figuur laat zien zullen deeltjes van 0,1 micrometer en groter effectief door fijnfilters (F7-F9) worden verwijderd. Een combinatie van beide filters geeft een rendement van 85% voor deeltjes van 0,1 micrometer. In tabel 4.4 zijn rendementen per filtertype weergegeven voor drie deeltjesgrootten

Tabel 4.4 Rendement per klasse

Filterklasse	Rendement (%) (deeltje 1 µm)	Rendement (%) (deeltje 0,5 µm)	Rendement (%) (deeltje 0,1 µm)
G4	10	5	
F7	85	70	50
F9	95	90	70
E10	>99	98	
H13	>99,95*	>99,95*	

\* rendement bepaald voor MPPS

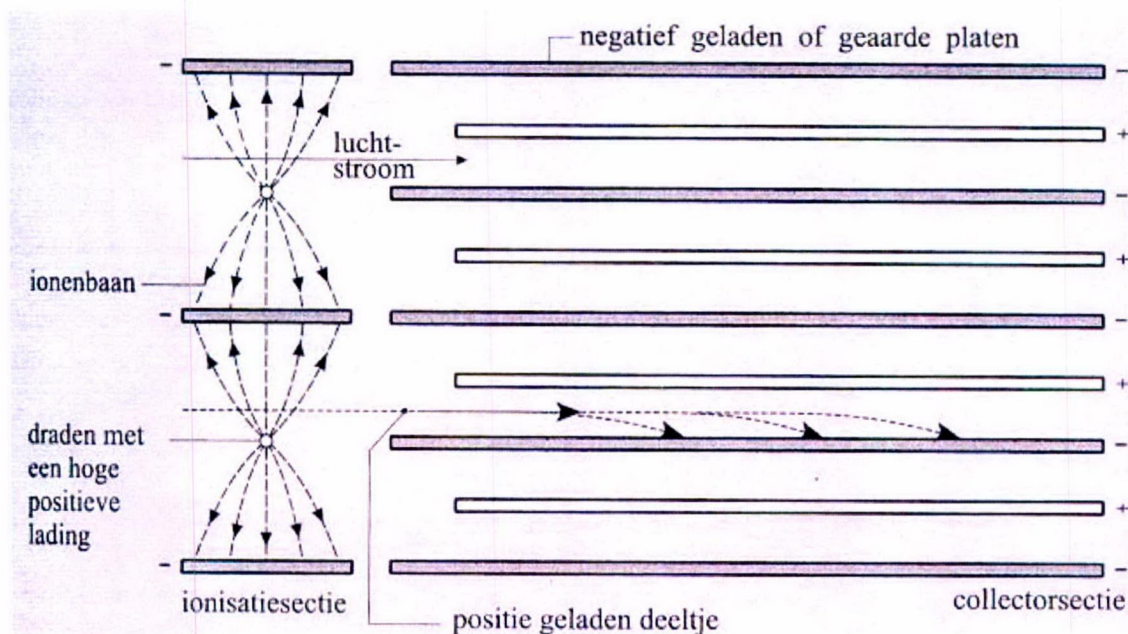


Rendementen voor kleinere deeltjes dan  $0,1 \mu\text{m}$  zijn niet beschikbaar. In het algemeen vertonen filters het verloop zoals in Figuur 4.2. De afvangrendementen voor deeltjes kleiner dan  $0,1 \mu\text{m}$  nemen toe. In de tabel zijn ook nog de rendementen van E10 en H13 filters weergegeven. Toepassing in een school is normaal gesproken "too much". Deze filtersystemen zijn gebruikelijk voor cleanrooms e.d.

Bij clean rooms gelden strenge eisen ten aanzien van de plaatsing van filters om te voorkomen dat het filter wordt gebypassed. Daarnaast gelden bij clean rooms strenge eisen voor re-emissie van verontreinigingen en zijn dan ook alleen speciale type filters geschikt. Voor de onderhavige toepassing in scholen waarbij circa 50% moet worden afgevangen met bijvoorbeeld de combinatie van een F7 en F9 filter gelden deze strenge eisen niet.

#### 4.2.2 Elektrostatische filters

In de vorige paragraaf zijn mechanische filters beschreven. In deze paragraaf wordt kort ingegaan op elektrostatische filters. De informatie is grotendeels ontleend uit een literatuuronderzoek naar reductie van tabaksrook (de Gids en Opperhuizen, 2004). In een elektrostatisch filter worden de stofdeeltjes elektrisch opgeladen en vervolgens door middel van een elektromagnetisch veld van baan veranderd en opgevangen op platen.



Figuur 4.4 Principe van elektrostatische filters.

In de eerste sectie, de ionisatiesectie, worden de deeltjes elektrisch geladen in het spanningsveld dat aanwezig is tussen de ionisatiedraden en de geaarde platen. Deze geladen deeltjes komen nu in de collectorsectie; deze bestaat uit een aantal parallel geplaatste metalen collectorplaten, afwisselend geaard of aangesloten op een hoge spanning. De positief geladen deeltjes worden op de positief geladen platen afgestoten en op de geaarde platen neergeslagen. De adhesiekrachten, al of niet geholpen door een stofbindmiddel, houden de deeltjes op hun plaats.

Deze filters worden veelvuldig in de industrie toegepast, echter in de centrale luchtbehandelingsinstallaties van woningen, kantoren en scholen zijn in Europa

nauwelijks toepassingen bekend. Wel worden deze apparaten veelvuldig decentraal toegepast in consumenten producten. Bij de decentrale toepassing worden vaak zeer hoge vangstrendementen gerapporteerd. Dit is mede een gevolg van de geringe mate van toevoer van buitenlucht per vertrek in een woning. In een klaslokaal is het buitenluchtdebiet veel hoger, zodat het effect van decentrale luchtreiniging op de binnenconcentratie gering is.

Onderhoud is een zeer belangrijk aspect voor een goede werking van een luchtreiniger. Bij toepassing van een mechanisch filter kan relatief eenvoudig de onderhoudstoestand van het filter via de drukval over het filter in de gaten gehouden worden. Hierbij neemt in het algemeen het rendement bij belading van het filter nog iets toe. Bij toepassing van een elektrostatisch filter is het omgekeerde geval. Bij hogere belading neemt het rendement af en kan re-emissie optreden (Viner, 1992). Routineonderhoud en inspectie zijn bij de toepassing van een elektrostatisch filter dus belangrijk.

Wat betreft elektrostatische filters is de conclusie dat er momenteel onvoldoende goed gedocumenteerde toepassingen in gebouwen zijn om een dergelijk filter aan te raden voor toepassing in een schoolgebouw.

#### 4.2.3 *Locatie luchtaanzuiging*

Niet alleen filtering maar ook de locatie van de luchtaanzuig is van belang voor de concentratie fijn stof in de school. Bij voorkeur dient de luchtaanzuig zo ver mogelijk van de snelweg te worden gelokaliseerd.

## 4.3 Bouwkundige eisen

### 4.3.1 Luchtdichtheid

Bij voorkeur komt er alleen gefilterde lucht via het ventilatiesysteem in het klaslokaal. Voorkomen dient te worden dat er ongecontroleerd lucht naar binnen komt. Door wind effecten en thermiek kunnen door de gebouwschil stromingen optreden. Ten gevolge van windeffecten zal aan de loefzijde door naden en kieren buitenlucht naar binnenstromen. Aan de lijzijde zal binnenlucht naar buiten stromen. Door thermische effecten zal in de winter lucht op de begane grond naar binnenstromen en via de bovenste verdiepingen naar buiten stromen.

Om deze infiltratie te verminderen zijn twee strategieën mogelijk:

1. goede kierdichting;
2. overdruk in het gebouw aanbrengen.

Bij beide strategieën is het noodzakelijk dat de ramen dicht blijven.

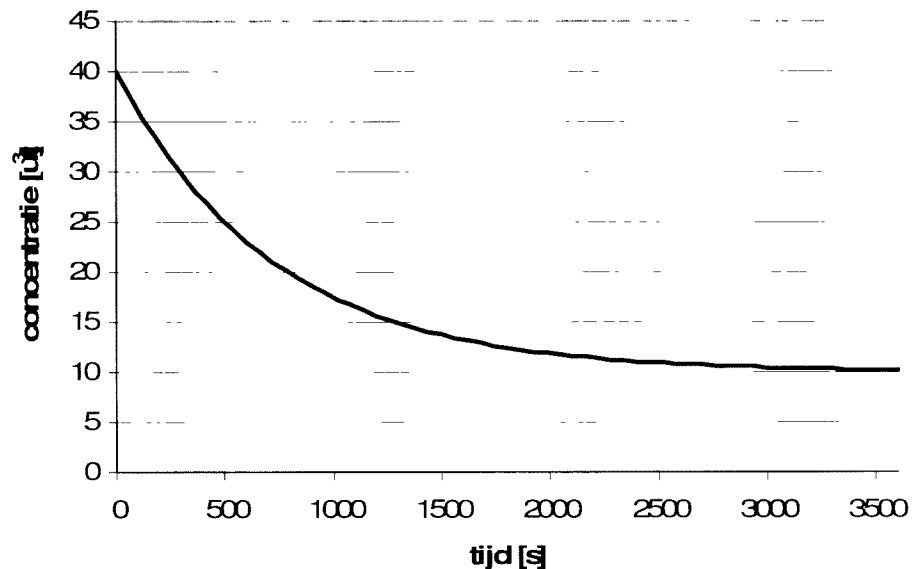
Het effect van de kierdichting op de infiltratie kan met behulp van gegevens uit NEN 2916 (2004) worden afgeschat als functie van de gebouwhoogte en de luchtdoorlatendheid. Bij gebouwen tot 10 m hoogte blijft de infiltratie constant op een waarde van  $0,15 \text{ dm}^3/\text{s}(\text{s m}^2)$  tot een luchtdoorlatendheid van de gevel van  $0,8 \text{ dm}^3/\text{s}(\text{s m}^2)$ . Bij een standaard luchtdoorlatendheid van  $1 \text{ dm}^3/\text{s}(\text{s m}^2)$  neemt de infiltratie toe tot  $0,26 \text{ dm}^3/\text{s}(\text{s m}^2)$ . Voor gebouwen waarvan de luchtdoorlatendheid niet bekend is wordt een infiltratie van  $0,50 \text{ dm}^3/\text{s}(\text{s m}^2)$  aangehouden. Voor het gedeelte van een dergelijk gebouw tussen 10 en 20 m hoog neemt de infiltratie toe tot  $0,75 \text{ dm}^3/\text{s}(\text{s m}^2)$ . De infiltratie is betrokken op het vloeroppervlak. Uitgaande van een vloeroppervlak van  $50 \text{ m}^2$  voor het lokaal bedraagt de infiltratie per lokaal voor een bestaand gebouw 25 tot  $38 \text{ dm}^3/\text{s}$  per lokaal afhankelijk van de hoogte. Door toepassing van betere kierdichting kan dit gereduceerd worden tot  $7,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Voor een klasse B luchtkwaliteit wordt in een klas van 24 leerlingen en een leraar  $25 * 8,3 = 208 \text{ dm}^3/\text{s}$  ventilatielucht toegevoerd. Bij het in bedrijf zijn van het ventilatiesysteem bedraagt de infiltratie dus circa 10 tot 15% van het ventilatiedebiet. Door betere kierdichting kan het worden teruggebracht tot circa 3%. Deze getallen hebben betrekking op een jaar gemiddelde situatie. Bij hogere windsnelheden zal de infiltratie toenemen. De concentratie fijn stof in de buitenlucht zal dan afnemen. De vorm en de hoogte van het gebouw hebben invloed op de infiltratie. Indien hier meer over bekend is kan met een dynamisch ventilatiemodel een meer nauwkeurige berekening worden gemaakt van de gedurende het jaar optredende infiltratie.

Indien infiltratie volledig voorkomen moet worden is het mogelijk om het gebouw met een zogenaamde 'guard' ring uit te voeren. Deze 'guard' ring nivelleert het drukverschil tussen loef- en lijzijde.

#### **Effect van opstarten van de ventilatie / vraagsturing**

Indien het ventilatiesysteem 's nachts is uitgeschakeld zal er gedurende de nacht infiltratie optreden en zal de binnenlucht verontreinigd raken met fijn stof. Indien 's ochtends de ventilatie wordt opgestart dan wordt de verontreinigde binnenlucht vervangen door gefilterde buitenlucht. Het effect op de fijn stof concentratie is in een eenvoudige berekening bepaald. Hierbij zijn de volgende aannamen gemaakt.

- buitenlucht concentratie  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- concentratie in luchttoevoer  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- ventilatiedebiet  $208 \text{ dm}^3/\text{s}$  ( $750 \text{ m}^3/\text{uur}$ );
- volume klaslokaal  $150 \text{ m}^3$ ;
- lucht is ideaal gemengd.



Figuur 4.5 Verloop van fijn stof concentratie na opstart van het ventilatiesysteem

Figuur 4.5 laat de concentratie fijn stof gedurende het eerste uur zien. Uit de figuur volgt dat na ongeveer 45 minuten het effect van het uitgeschakeld zijn van de ventilatie zal zijn verdwenen. Dit impliceert dat het ventilatiesysteem 's ochtends tijdig dient te worden ingeschakeld. Dit betekent ook dat toepassing van vraaggestuurde ventilatiesystemen minder voor de hand ligt. Bij deze systemen wordt de hoeveelheid ventilatie afgestemd op het aantal aanwezige personen. Meestal wordt hiervoor de  $\text{CO}_2$  concentratie gebruikt. Bij een klasse B systeem wordt dan geregeld op bijvoorbeeld 900 ppm. Gedurende pauzes of lage bezetting is de infiltratie voldoende om de  $\text{CO}_2$  concentratie onder deze grens te houden en zal het ventilatiesysteem uitschakelen. Door de infiltratie zal de fijn stof concentratie oplopen.

#### 4.3.2 *Temperatuurbeheersing*

Om binnen de fijnstof concentratie laag te houden is het van belang dat de ramen zo veel mogelijk gesloten blijven. Ramen worden veelal geopend indien de temperatuur binnen te hoog oploopt. Het is dus van belang om de temperatuur te beheersen. Hiervoor zijn een aantal maatregelen mogelijk. Vanuit energetisch oogpunt verdient het de voorkeur om zoveel mogelijk passieve maatregelen toe te passen en dan pas actieve temperatuurbeheersing.

Passieve koeling:

- Maak gebruik van overstekken op de zongeoriënteerde gevels. Deze hebben als voordeel dat in de zomer, als de zon hoog staat, de zon volledig

wordt geweerd. In de winter, als de zon laag staat, kan de zon wel naar binnen schijnen wat een energiebesparing kan opleveren.

- Regelbare zonwering, buiten gebruiksuren dient deze automatisch te worden aangestuurd om 's avonds en in het weekend opwarming van het gebouw te voorkomen.
- De aanwezigheid van voldoende thermische massa in de constructie voorkomt snel opwarmen (Anseeuw et al., 2010). Door het toepassen van nachtventilatie kan de constructie weer thermisch worden ontladen.

#### Actieve koeling:

- Indien in het ontwerp voldoende passieve maatregelen zijn toegepast is het waarschijnlijk mogelijk om met topkoeling de temperatuur zodanig in de hand te houden dat bijvoorbeeld maximaal 50 GTO uren per jaar optreden. Bij topkoeling wordt de buitenlucht ca. 3 K in temperatuur verlaagd. Of aan de GTO eis wordt voldaan dient met een temperatuuroverschrijdingsberekening te worden geverifieerd.
- Toepassing van betonactivering in combinatie met Warmte en Koude Opslag in de bodem. Hierbij worden de vloeren en plafonds in de zomer met water gekoeld. Hierbij wordt de koude middels een warmtepomp uit de bodem betrokken. In de winter wordt de werking van de warmtepomp omgedraaid en wordt uit er warmte uit de bodem onttrokken. Bij een juiste dimensionering van de installaties is het een energie efficiënte methode.

#### 4.4 Resultaten van eerder uitgevoerde experimenten

Door de GGD Amsterdam zijn in de winter van 2008/2009 drie ventilatiesystemen met luchtfiltering getest op hun effectiviteit (Dijkema et al., 2009). De tests zijn uitgevoerd in een bestaand schoolgebouw. De luchtdichtheid van het gebouw is niet gemeten. Ook het ventilatiedebiet van de mechanische systemen is niet gemeten. Hierdoor is het niet mogelijk om vast te stellen welk deel van de verontreiniging afkomstig is van infiltratie en welk deel is aangevoerd door het ventilatiesysteem.

Indien de ventilatiesystemen gedurende de lesdagen continue in bedrijf waren geweest dan bedraagt de infiltratie naar schatting 20% van de totale luchttoevoer (ventilatie + infiltratie). De ventilatiesystemen waren echter alle drie CO<sub>2</sub> gestuurd. Hierdoor kan het infiltratiedeel fors hoger uitvallen.

Een van de ventilatiesystemen bestond uit een mechanische toevoer en natuurlijke afvoer. Hierdoor ontstaat overdruk in het lokaal waardoor de invloed van infiltratie wordt beperkt. Mogelijk werkte om deze reden het systeem ondanks de minder goede filterkwaliteit toch relatief goed.

De meetperiode strekte zich uit van begin december tot begin mei. Mogelijk is er in de periode van begin mei meer sprake geweest van open ramen. Het rapport geeft hierover geen uitsluitsel.

## 5 Conclusies

In opdracht van de gemeente Diemen heeft TNO onderzoek verricht naar de concentraties NO<sub>2</sub>, PM10 en PM0,1 in Diemen-Noord waarbij de volgende aspecten centraal stonden:

- de concentraties van PM0,1 op de nieuwe schoollocatie in verhouding tot die op de oude schoollocaties en in verhouding tot de concentraties op 300 meter van de A1;
- de ontwikkeling van de concentraties NO<sub>2</sub>, PM10 en PM0,1 als gevolg van het Ontwerp-Tracébesluit wegbreiding Schiphol-Amsterdam-Almere (OTB-SAA) en van de veranderingen in het lokale verkeer;
- advisering over een luchtbehandelingsstelsel voor het nieuwe schoolgebouw.

De conclusies zijn:

- A. De berekeningen laten zien dat de concentraties NO<sub>2</sub> en PM10 de gestelde normen in 2010 niet overschrijden. Maximale benutting van de wegcapaciteit onder OTB-SAA zal in 2020 niet tot overschrijding van de normen leiden.
- B. De berekeningen laten zien dat het effect van verkeersaantrekkende werking zich beperkt tot een bijdrage van maximaal 0,46 en 0,08 µg.m<sup>-3</sup> voor respectievelijk NO<sub>2</sub> en PM10. Het bestemmingsplan voldoet aan de eisen die de wet Milieubeheer aan de wijziging van het bestemmingsplan stelt.
- C. Volgens de berekeningen zijn de concentraties PM0,1 in 2010 op de schoollocatie Tureluur 10-40% hoger dan op de oude schoollocaties en 40% hoger dan op 300 meter afstand van de A1. Op basis van alleen de ontwikkelingen in het verkeer zullen de concentraties in de toekomst bij de volle benutting van het wegennet onder OTB-SAA met 60% toenemen. Bedacht dient te worden dat bij gebrek aan kennis hierover geen ontwikkelingen in de emissiefactoren van PM0,1 en in de achtergrondconcentraties zijn verondersteld. Ook wordt nadrukkelijk gesteld dat de gebruikte emissiefactoren PM0,1 zeer onzeker zijn en dat de absolute niveaus louter indicatief zijn.
- D. De meetresultaten geven aan dat, wanneer de wind loodrecht op de A1 staat, de PM0,1 concentratie op de nieuwe locatie circa 20-30% hoger is dan de concentratie op 300 meter afstand van de A1 (en op de oude locatie). Op jaargemiddelde basis (wanneer windrichtingen zonder invloed van de A1 verdisconteerd worden) zal dit verschil tussen de locaties waarschijnlijk kleiner zijn.
- E. De invloed van obstakels en van plaatselijk verkeer beperkt zich, bij wind niet direct van de A1, tot variaties binnen de 5-10% van het gemiddelde niveau.
- F. Als de PM0,1 concentratie op de nieuwe schoollocatie circa 30% hoger is dan op de oude locatie dient, daar een deel van de lucht onbehandeld de school instroomt, de lucht die via het ventilatiesysteem wordt in geblazen circa 50% van de 0,1 micron deeltjes te worden afgevangen.
- G. Een combinatie van een F7 en een F9 filter geeft een rendement van 85% voor deeltjes van 0,1 micrometer. Deze filtercombinatie is uit het oogpunt van filterefficiëntie, kosten en energiegebruik een goed compromis.

- H. Om infiltratie van buitenlucht zoveel mogelijk tegen te gaan dient aandacht te worden besteed aan een luchtdichte bouwkundige afwerking. Het ventilatiesysteem dient bij voorkeur niet vraaggestuurd te worden uitgevoerd omdat dit het effect van infiltratie verhoogd. Daarnaast verdient het de aanbeveling dat de temperatuurbeheersing zodanig is dat de ramen gesloten blijven.



## 6 Referenties

Anseeuw et al., (2010). Analyse van het zomercomfort in extreem lage energie scholen, vergelijking van verschillende typen bouwsystemen, *Bouwfysica*, 1, 2010, blz. 2 – 8.

Dijkema M. et al, (2009). Effectiviteit van mechanische ventilatie met filtertoepassing in een klaslokaal, GGD Amsterdam, juni 2009.

DK. Driesen en Kern. Zie: <http://www.tsi.com/en-1033/models/13864/3007.aspx>

Gids W.F de. en A. Opperhuizen (2004). Reductie van omgevingstabaksrook in de horeca door ventilatie en luchtreiniging, RIVM rapport 340450001/2004, TNO, Delft.

ISSO 89 (2008), Binnenklimaat scholen, ISBN 978-90-5044-151-3, stichting ISSO – Rotterdam, juli 2008.

Jacobs P., F. van Dijken en A. Boerstra (2007). Prestatie-eisen ventilatie in klaslokalen. *Verwarming & Ventilatie*, juli/augustus 2007, p. 490 - 493.

Keuken M., I. Wilmink, P. Tromp en Y. de Kluizenaar (2009). Emissies, verspreiding en gezondheidseffecten van ultrafijnstof door wegverkeer. TNO rapport TNO-034-UT-2009-00308\_RPT-ML, TNO, Utrecht.

NEN 2916 (2004). Energieprestatie van Utiliteitsgebouwen – Bepalingsmethode, december 2004

Roemer M., en J. Hollander (2006). Interim-rapportage luchtkwaliteit gemeente Diemen. TNO rapport 2006-A-R0123/B, TNO, Utrecht.

Roemer M., R. Koch, D. Reemst-Querreveld en G. Boersen (2007). Luchtkwaliteitsontwikkelingen Diemen in 2004, 2010 en 2015. TNO rapport 2007-A-R0230/B, TNO, Utrecht.

TNO-DHV (2006) Gevoeligheidsanalyse 'Niet in betekende mate' : verkenning van de effecten van mogelijke keuzes voor 'niet in betekende mate' bijdragen aan verslechtering van de luchtkwaliteit TNO/DHV rapport X3891-01-001, registratienummer : MD-MO20060455.

Velders G. et al. (2010), Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland; Rapportage 2010. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.

Viner A.S. (1992). Air cleaners for indoor air pollution control, *Indoor air pollution, Radon, Biosaerosols and VOCs*, p 115-134, 1992.

## 7 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Gemeente Diemen  
t.a.v. de heer A. Hartskeerl  
Postbus 191  
1110 AD Diemen

Namen en functies van de projectmedewerkers

Michiel Roemer  
Piet Jacobs  
Marcel Moerman  
Karin van der Valk  
Rene Koch  
Henk Verhagen

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

-

Datum waarop of tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgehad

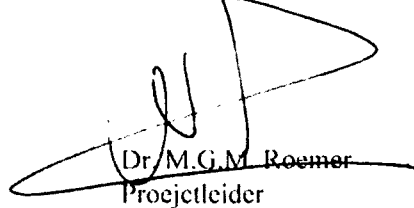
mei - november 2010

Naam en paraaf tweede lezer



Drs. S. Jonkers

Ondertekening



Dr. M.G.M. Roemer  
Projectleider

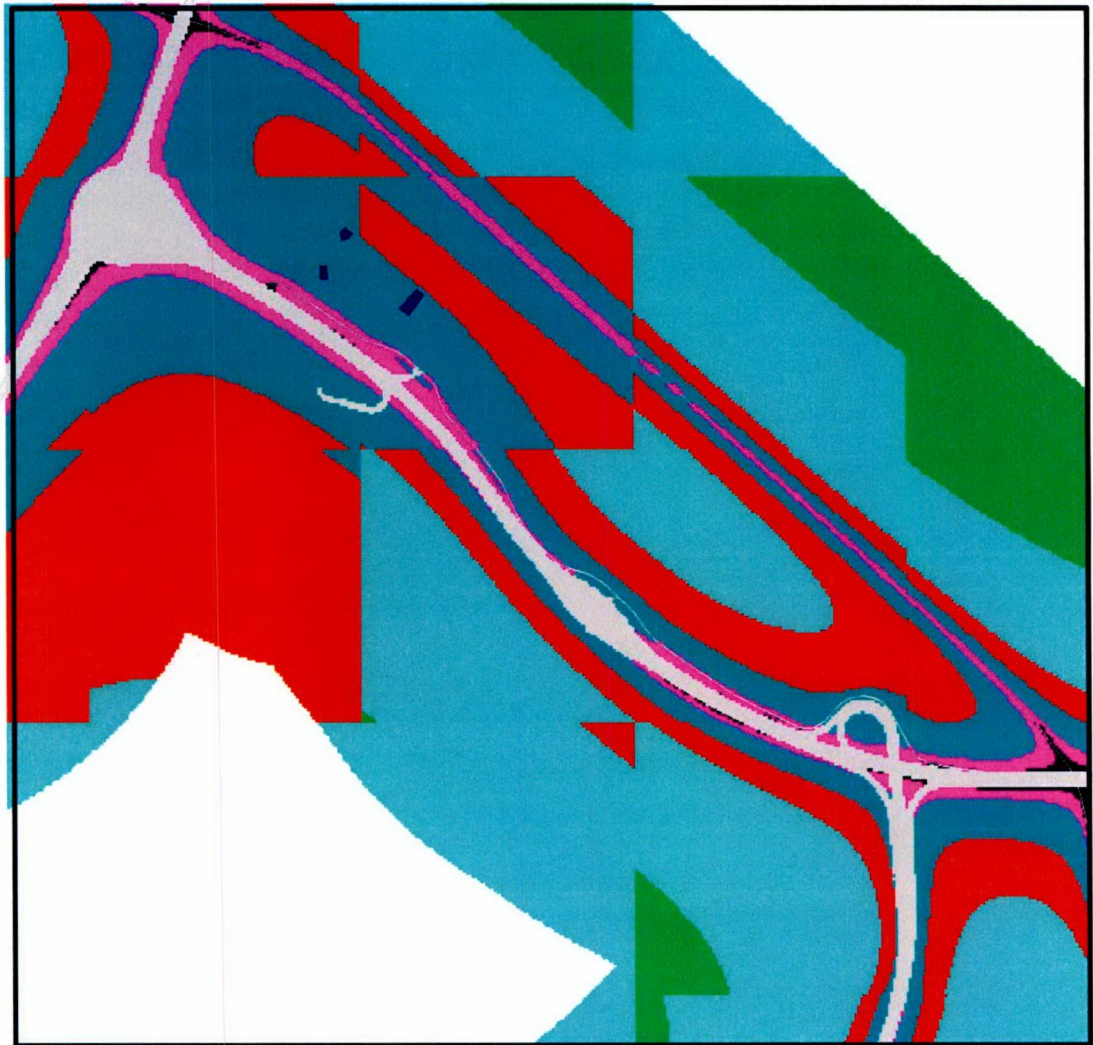
Autorisatie vrijgave



Drs. H.C. Borst  
Afdelingshoofd

## A Figuren Modelberekeningen

Bronnen: achtergrond en hoofdwegenet; geen lokaal verkeer



Berekende jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties (µg/m<sup>3</sup>) in 2010

■ Locatie van de scholen te Diemen

∧ Wegenmodel

< 18

18 - 20

20 - 22

22 - 25

25 - 28

28 - 30

30 - 35

35 - 40

>40

□ Geen berekening

■ Asphalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A1a. Jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> onder de huidige emissies (2010). Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet.

Berekende jaargemiddelde PM10-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in 2010

■ Locatie van de breschool te Diemen

◇ Wegenmodel

□ &lt; 28

□ 28 - 29

□ 29 - 30

□ 30 - 31

□ 31 - 32

□ 32 - 32.4

□ 32.4 - 33.3

□ 33.3 - 34.3

□ &gt;34.3

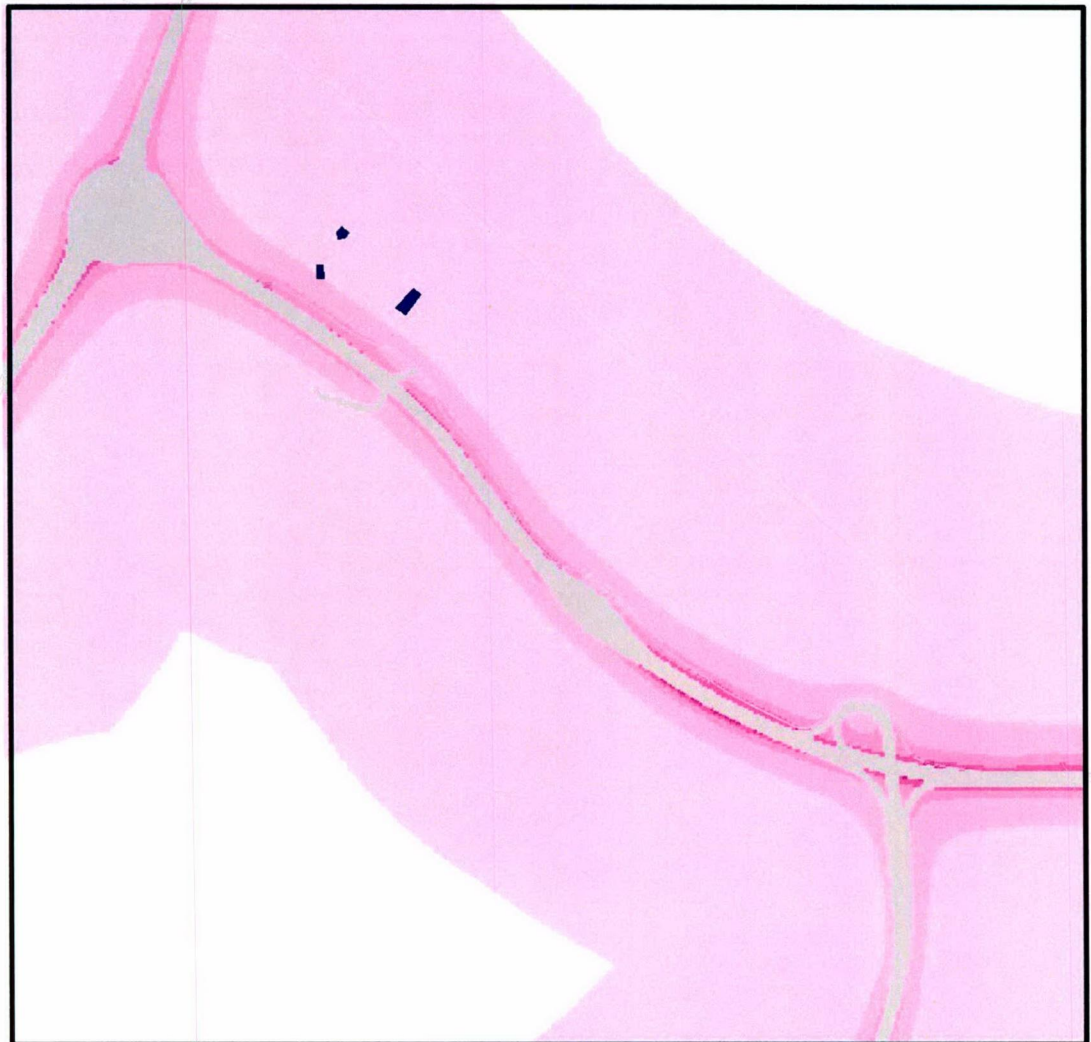
□ Geen berekening

□ Asphalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A1b. Jaargemiddelde concentratie PM10 onder de huidige emissies (2010). Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet.



Berekende concentratie van UltraFijn stof (#/cm3) in 2010

■ Locatie van de bredeschool te Diemen

∧ Wegenmodel

- 800 - 3038
- 3038 - 5276
- 5276 - 7515
- 7515 - 9753
- 9753 - 11991
- 11991 - 14229
- 14229 - 16468
- 16468 - 18706
- 18706 - 20944
- Geen berekening
- Asfalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A1c. Jaargemiddelde concentratie PM0,1 (ultrafijn) onder de huidige emissies (2010). Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet.



Berekende jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties (µg/m<sup>3</sup>) in 2020 variant tureluur

■ Locatie van de scholen te Diemen

△ Wegenmodel

< 18

18 - 20

20 - 22

22 - 25

25 - 28

28 - 30

30 - 35

35 - 40

>40

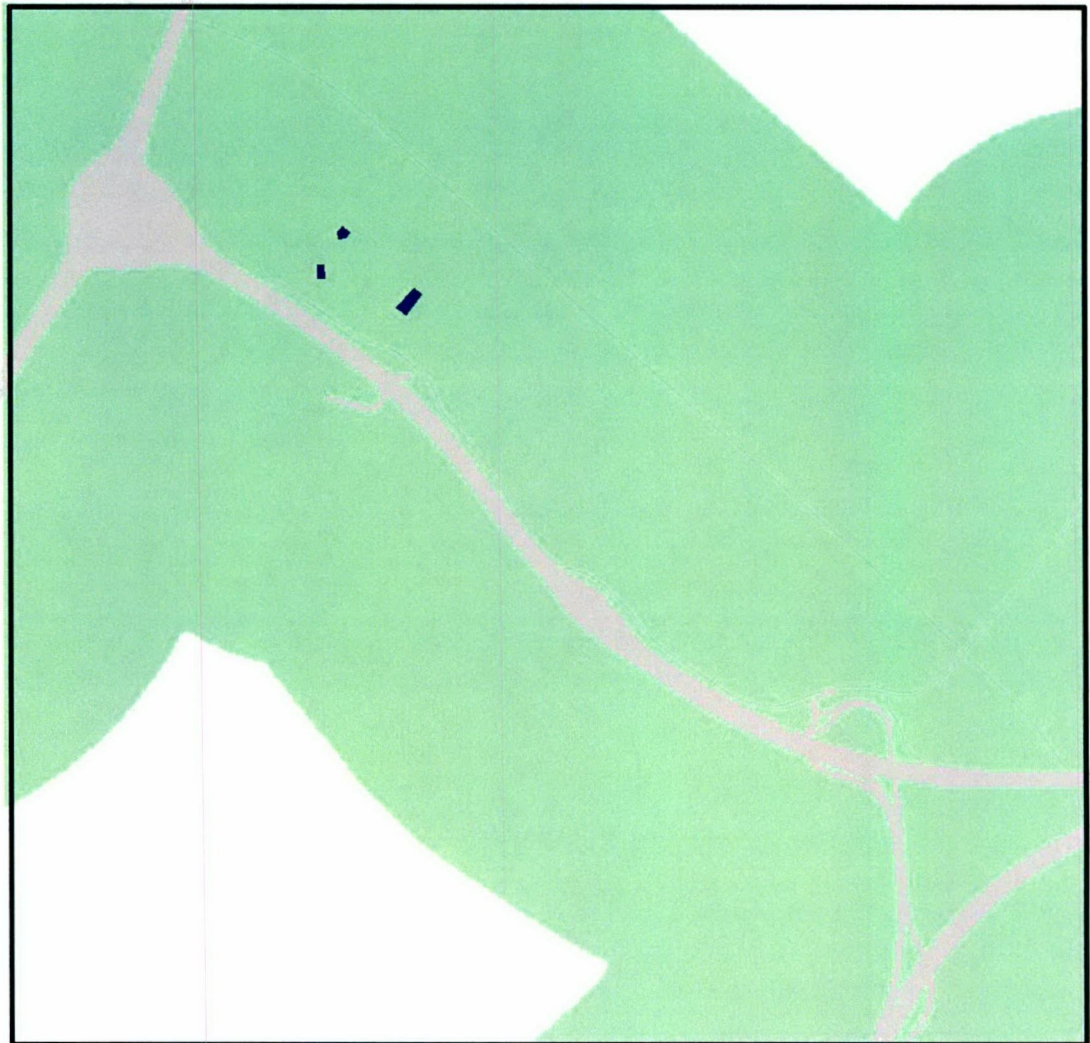
□ Geen berekening

□ Asphalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A2a. Jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> onder de 2020 emissies. Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet.



Berekende jaargemiddelde PM10-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in 2020 variant tureluur

■ Locatie van de bredeschool te Diemen

∧ Wegenmodel

< 28

28 - 29

29 - 30

30 - 31

31 - 32

32 - 32.4

32.4 - 33.3

33.3 - 34.3

>34.3

□ Geen berekening

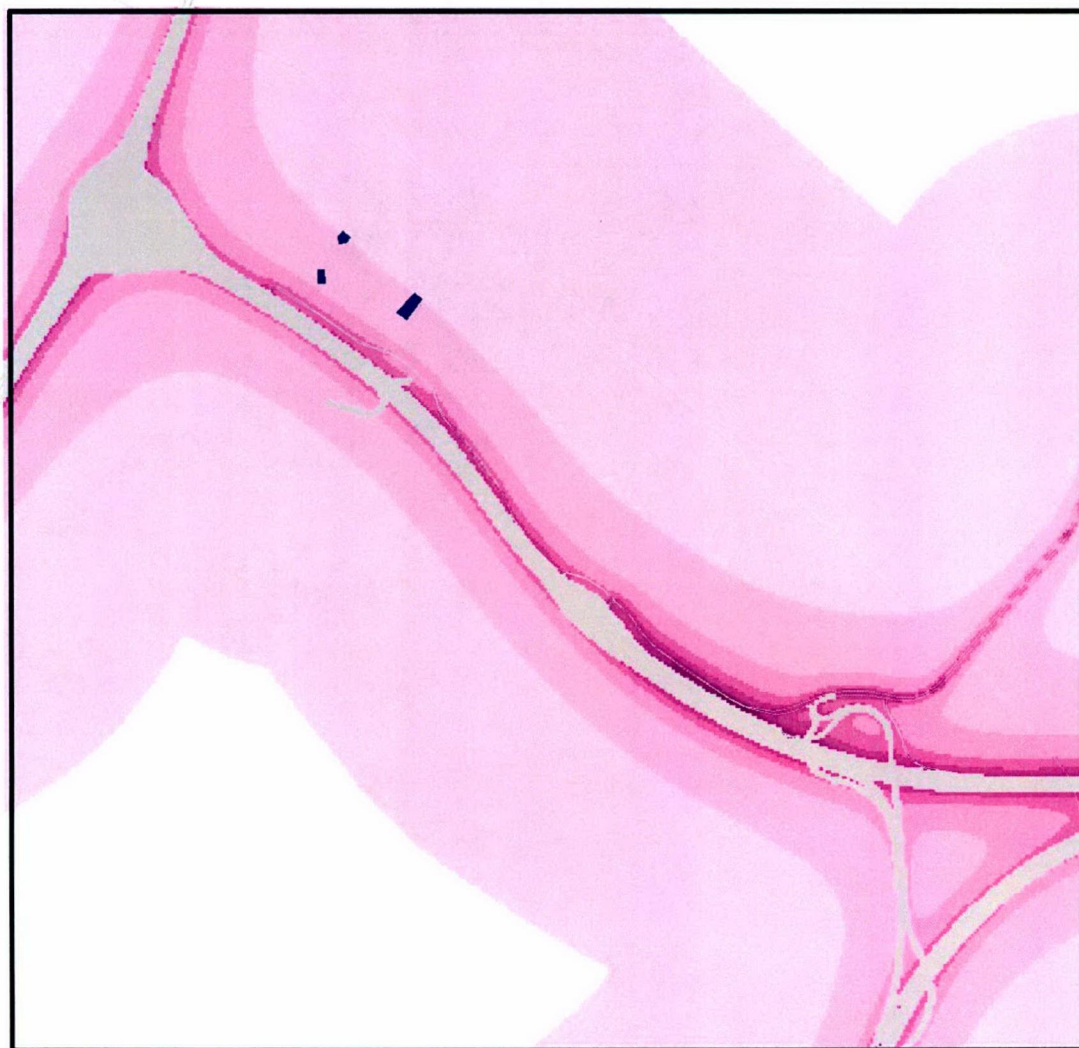
□ Asphalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A2b. Jaargemiddelde concentratie PM10 onder de 2020 emissies. Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet.





Berekende concentratie van UltraFijn stof (#/cm<sup>3</sup>) in 2020 variant tureluur

■ Locatie van de bredeschool te Diemen

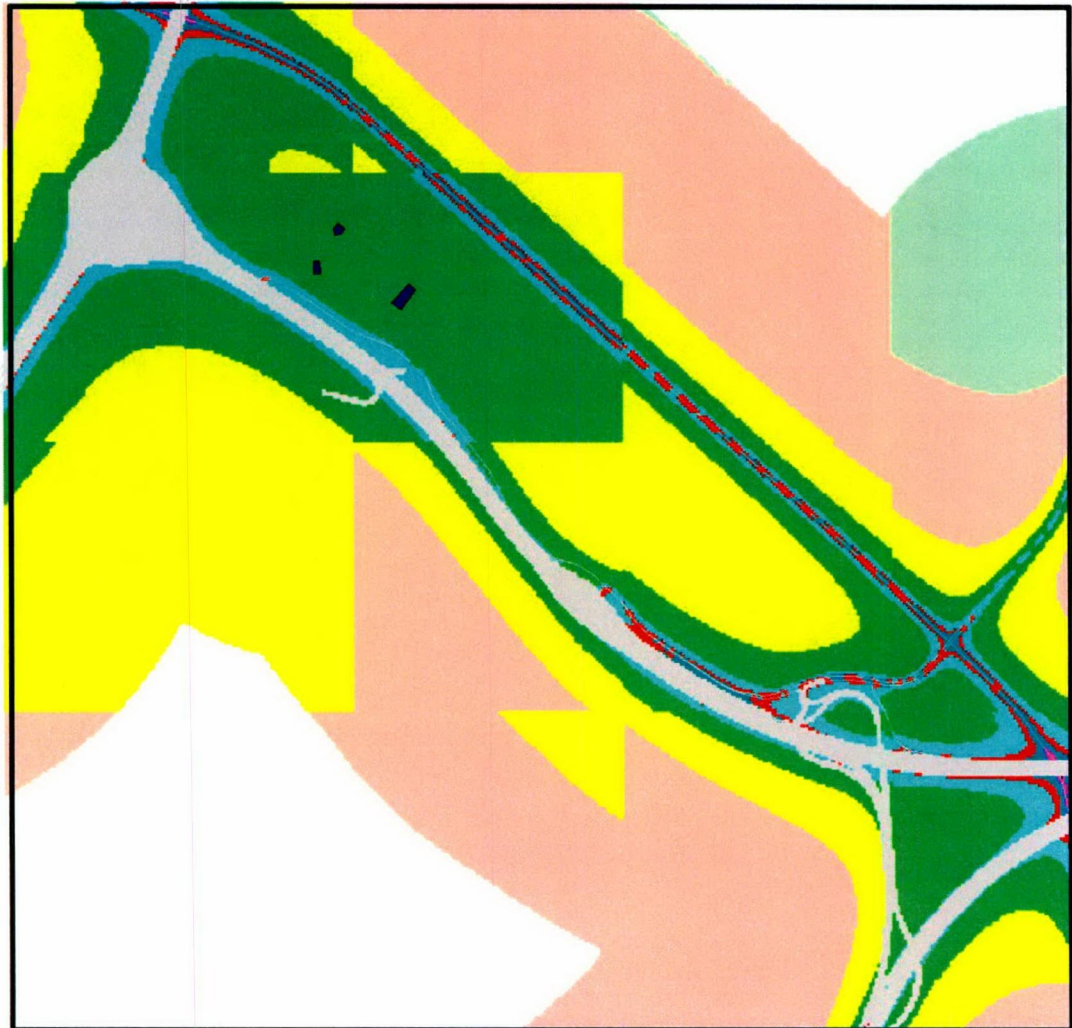
∧ Wegenmodel

- 800 - 3038
- 3038 - 5276
- 5276 - 7515
- 7515 - 9753
- 9753 - 11991
- 11991 - 14229
- 14229 - 16468
- 16468 - 18706
- 18706 - 20944
- Geen berekening
- Asfalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A2c. Jaargemiddelde concentratie PM<sub>0,1</sub> (ultrafijn) onder de 2020 emissies. Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet.



Berekende jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in 2020 variant tureluur + 2 meter scherm

■ Locatie van de scholen te Diemen

◇ Wegenmodel

■ < 18

■ 18 - 20

■ 20 - 22

■ 22 - 25

■ 25 - 28

■ 28 - 30

■ 30 - 35

■ 35 - 40

■ >40

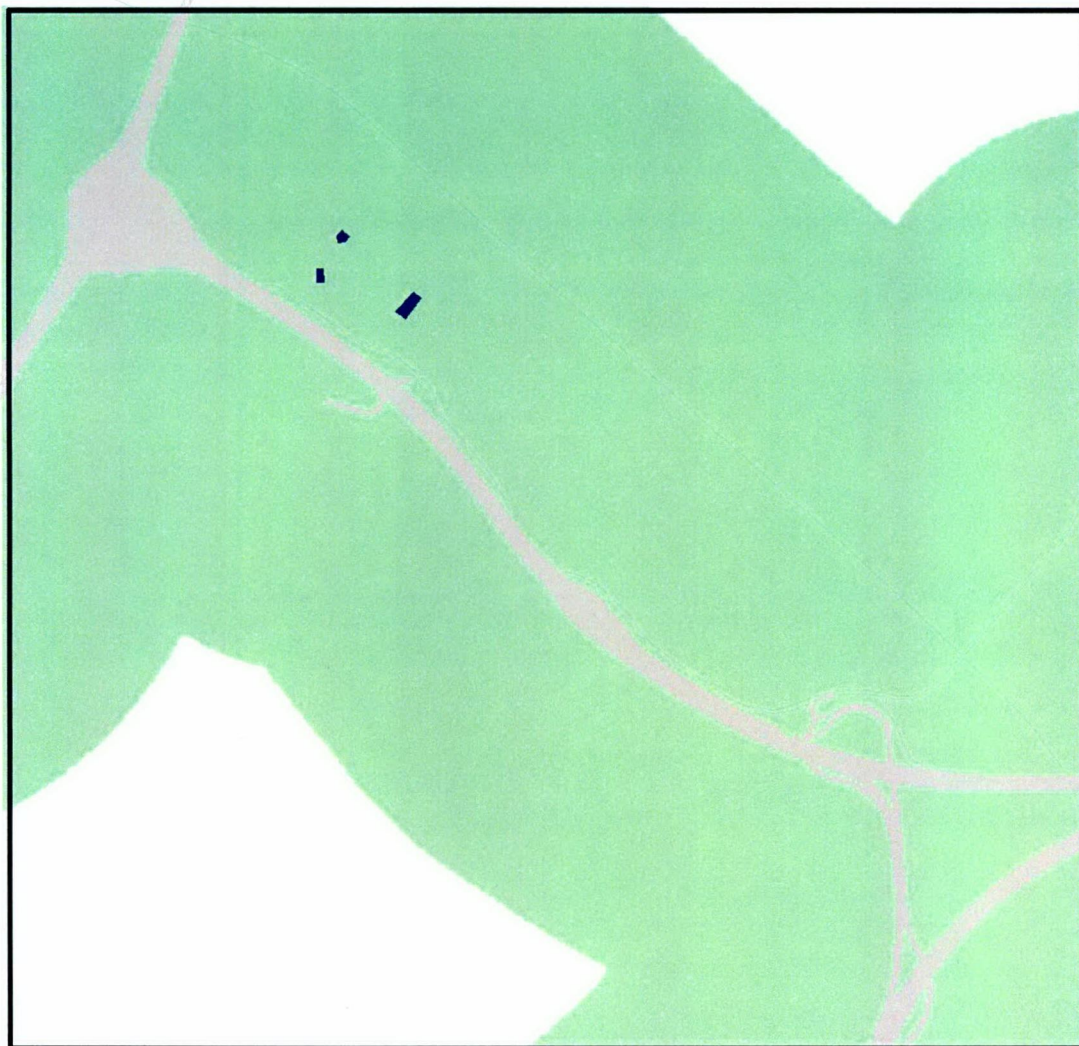
□ Geen berekening

■ Asfalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A3a. Jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> onder de 2020 emissies. Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet; extra hoge geluidschermen bij de A1 ter hoogte van de Tureluur.



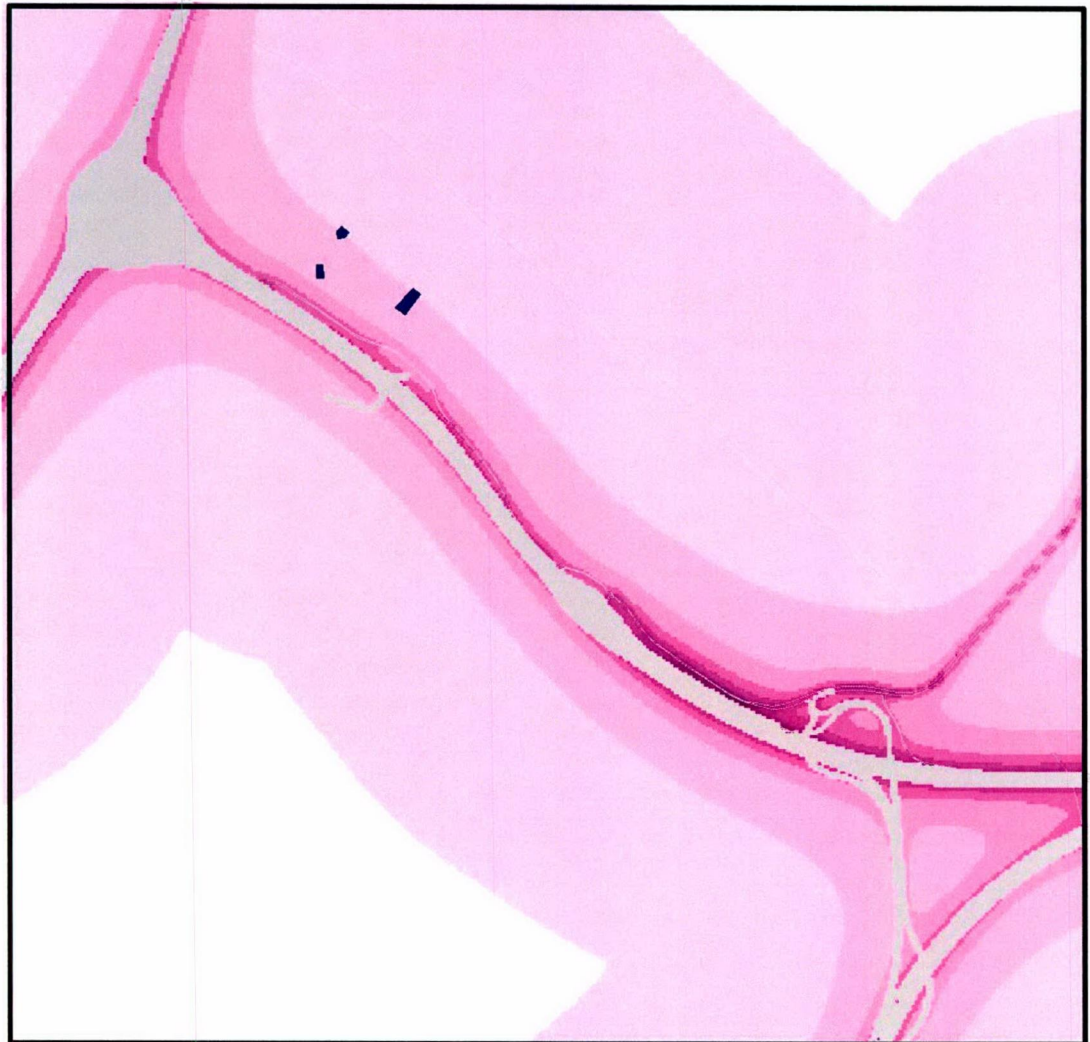
Berekende jaargemiddelde PM10-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in 2020 variant tureluur + 2 meter scherm

- Locatie van de bredeschool te Diemen
- Wegenmodel
- < 28
- 28 - 29
- 29 - 30
- 30 - 31
- 31 - 32
- 32 - 32.4
- 32.4 - 33.3
- 33.3 - 34.3
- >34.3
- Geen berekening
- Asphalt + 10 meter

0 200 400 Meters



Figuur A3b. Jaargemiddelde concentratie PM10 onder de 2020 emissies. Bronnen: achtergrond en hoofdwegenet, extra hoge geluidschermen bij de A1 ter hoogte van de Tureluur.



Berekende concentratie van UltraFijn stof (#/cm<sup>3</sup>) in 2020 variant tureluur + 2 meter scherm

■ Locatie van de bredeschool te Diemen

∧ Wegenmodel

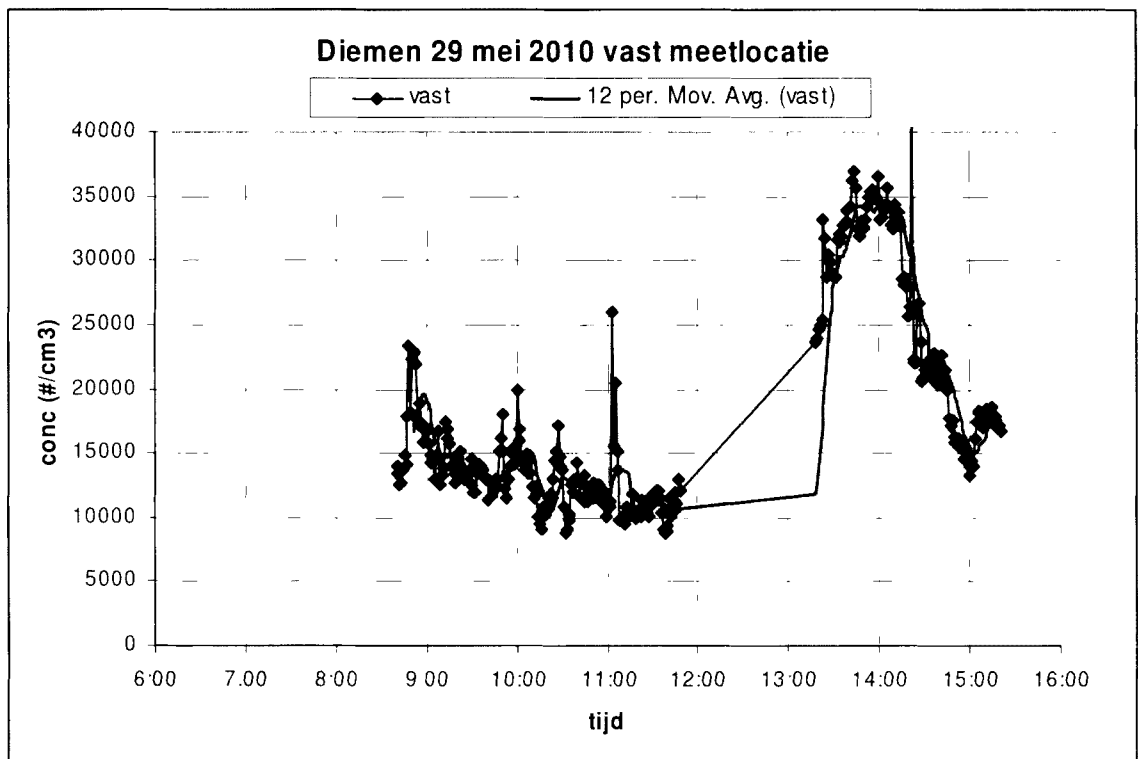
- 800 - 3038
- 3038 - 5276
- 5276 - 7515
- 7515 - 9753
- 9753 - 11991
- 11991 - 14229
- 14229 - 16468
- 16468 - 18706
- 18706 - 20944
- Geen berekening
- Asfalt + 10 meter

0 200 400 Meters

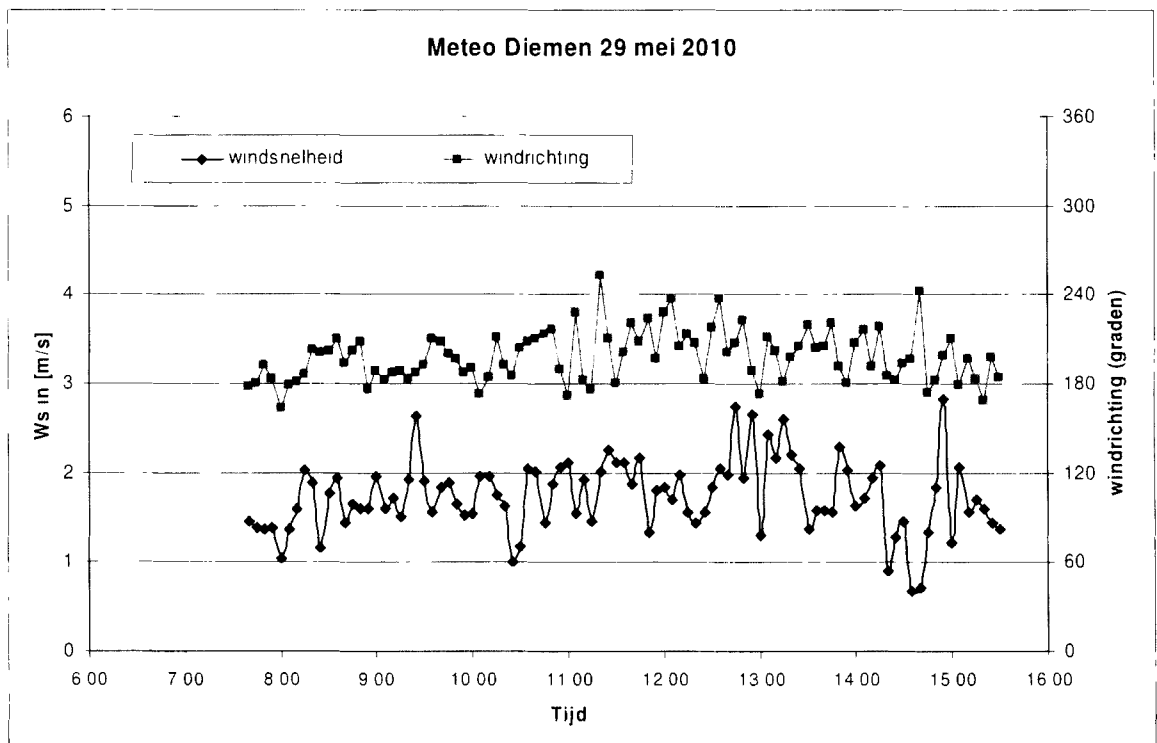


Figuur A3c. Jaargemiddelde concentratie PM<sub>0,1</sub> (ultrafijn) onder de 2020 emissies. Bronnen: achtergrond en hoofdwegennet. extra hoge geluidschermen bij de A1 ter hoogte van de Tureluur.

## B Figuren Metingen

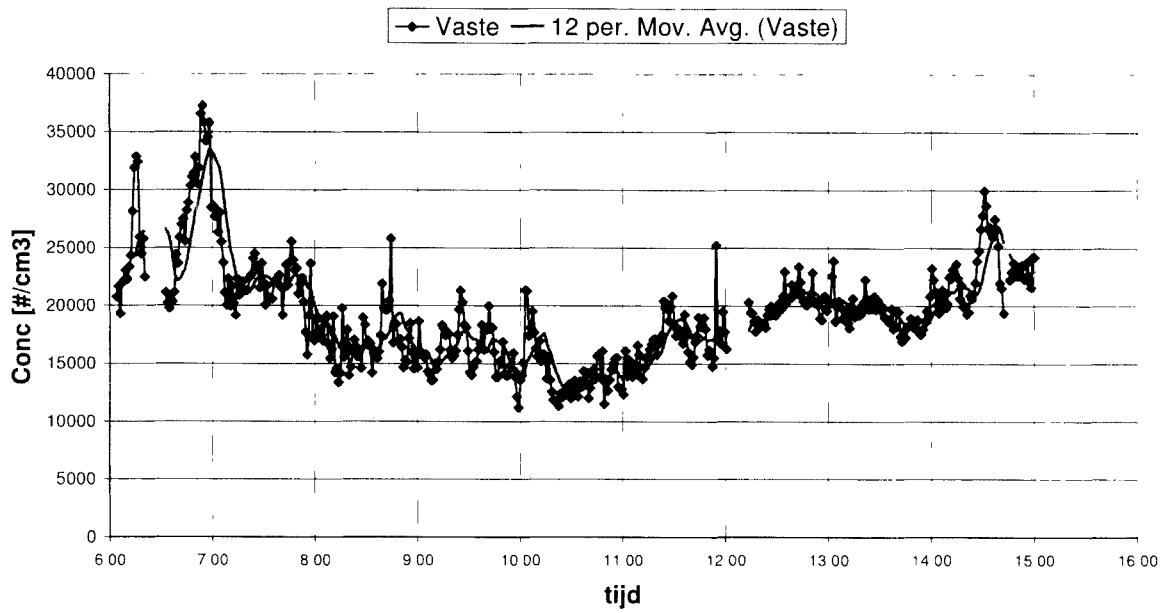


Figuur B1 De concentratie van PM0.1 op het vaste meetpunt op 29 mei 2010. De concentraties zijn gemiddelden van een minuut. De rode lijn geeft het lopende gemiddelde over 12 minuten weer.



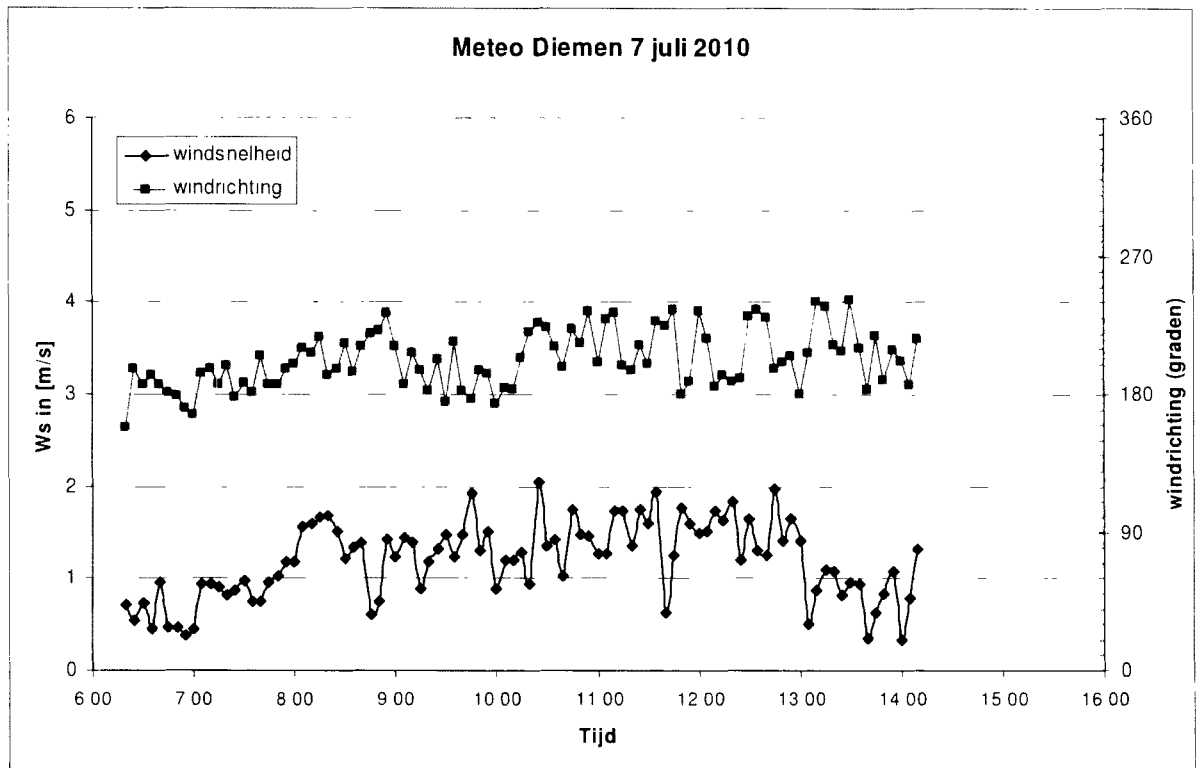
Figuur B2 De windsnelheid en windrichting op het vaste meetpunt op 29 mei 2010

Diemen 7 juli 2010

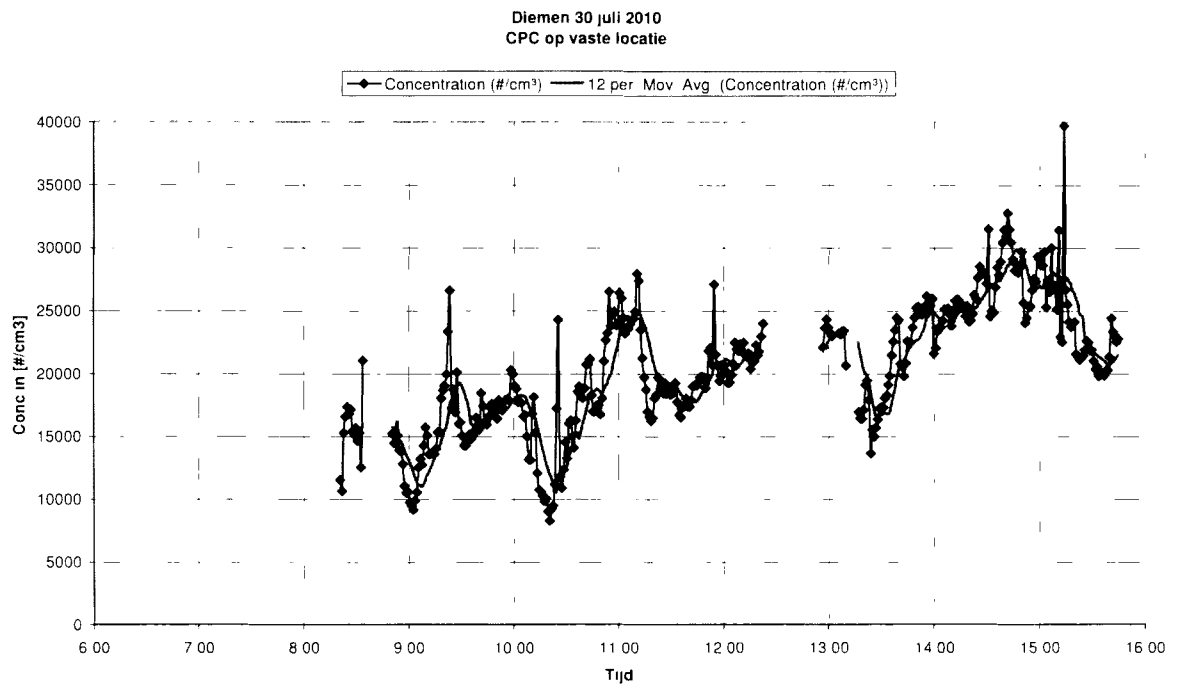


Figuur B3 De concentratie van PM0.1 op het vaste meetpunt op 7 juli 2010. De concentraties zijn gemiddelden van een minuut. De rode lijn geeft het lopende gemiddelde over 12 minuten weer

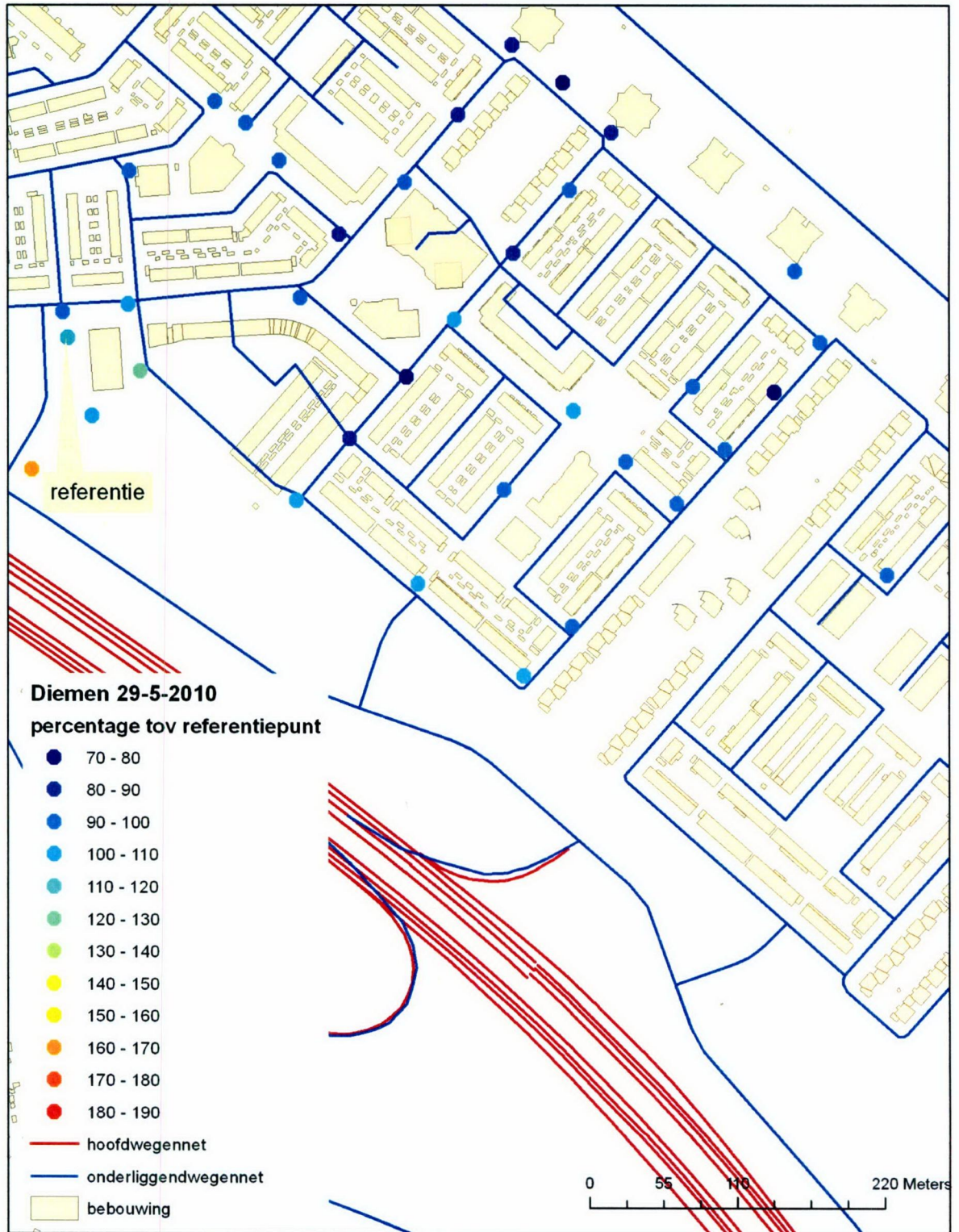
Meteo Diemen 7 juli 2010



Figuur B4 De windsnelheid en windrichting op het vaste meetpunt op 7 juli 2010

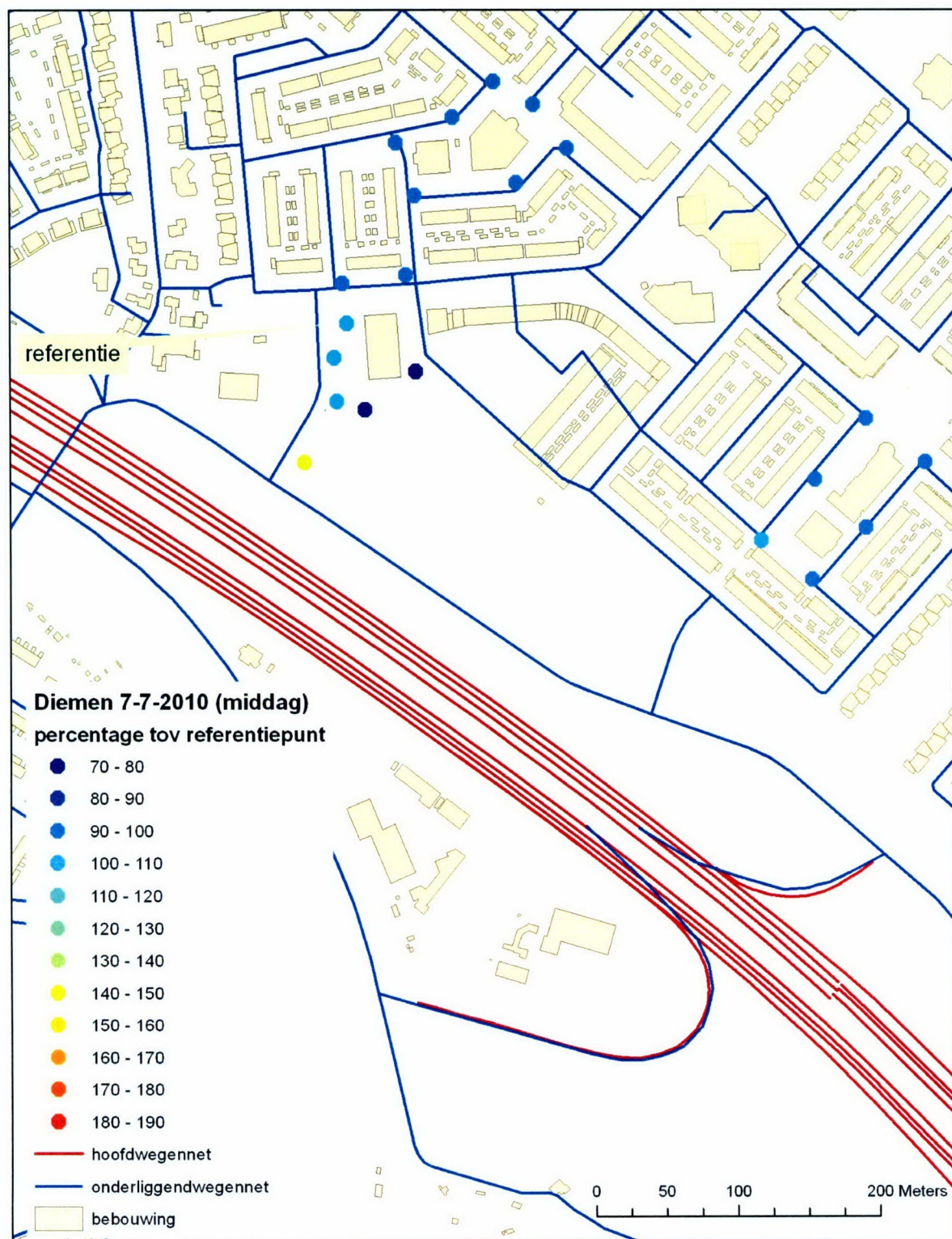


Figuur B5 De concentratie van PM<sub>0,1</sub> op het vaste meetpunt op 30 juli 2010. De concentraties zijn gemiddelden van een minuut. De rode lijn geeft het lopende gemiddelde over 12 minuten weer.

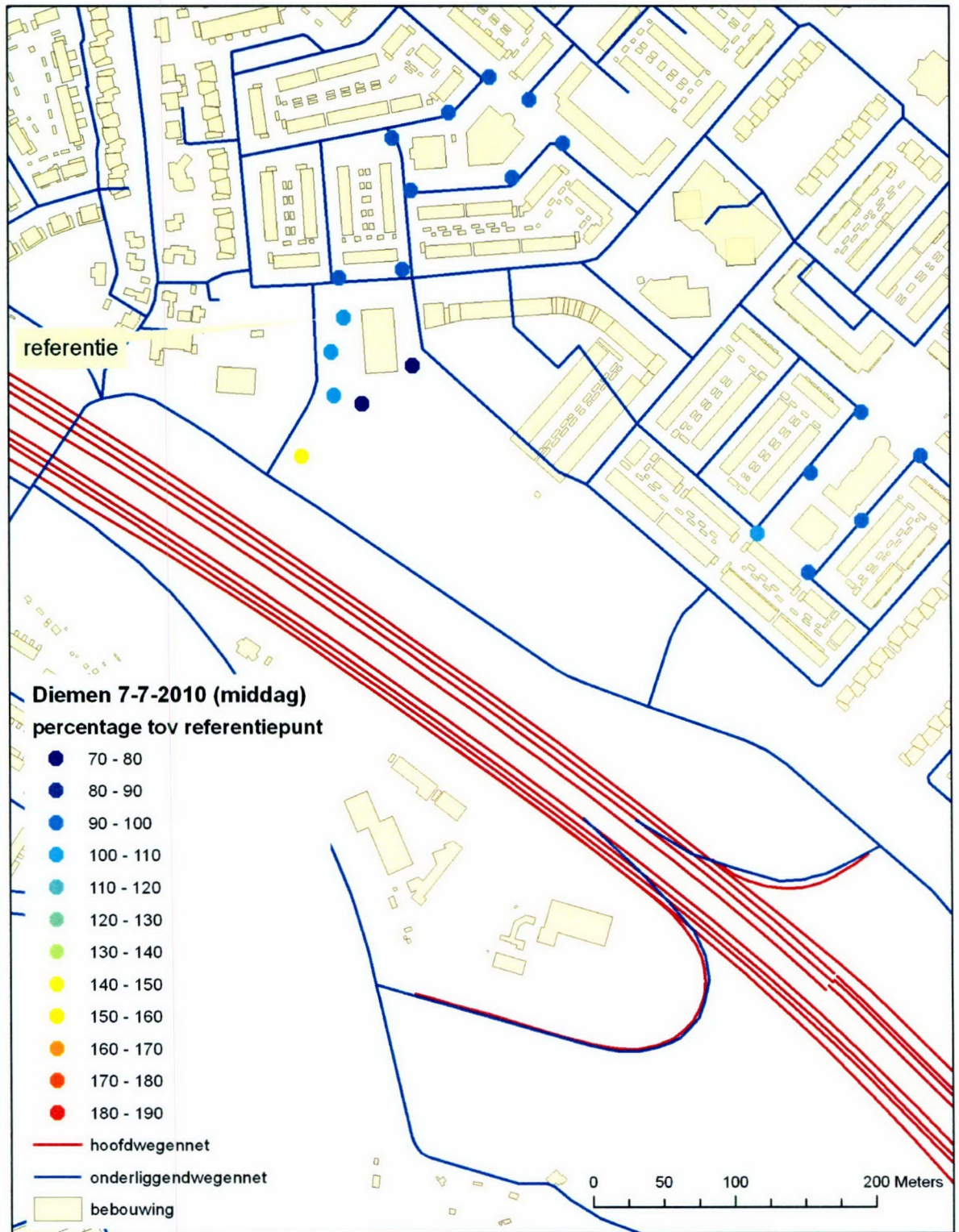


Figuur B6 De verhouding van de PM<sub>10.1</sub> concentratie op 29 mei 2010 met de PM<sub>10.1</sub> concentratie op het dak van de school aan de Tureluurweg (het referentiemeetpunt).

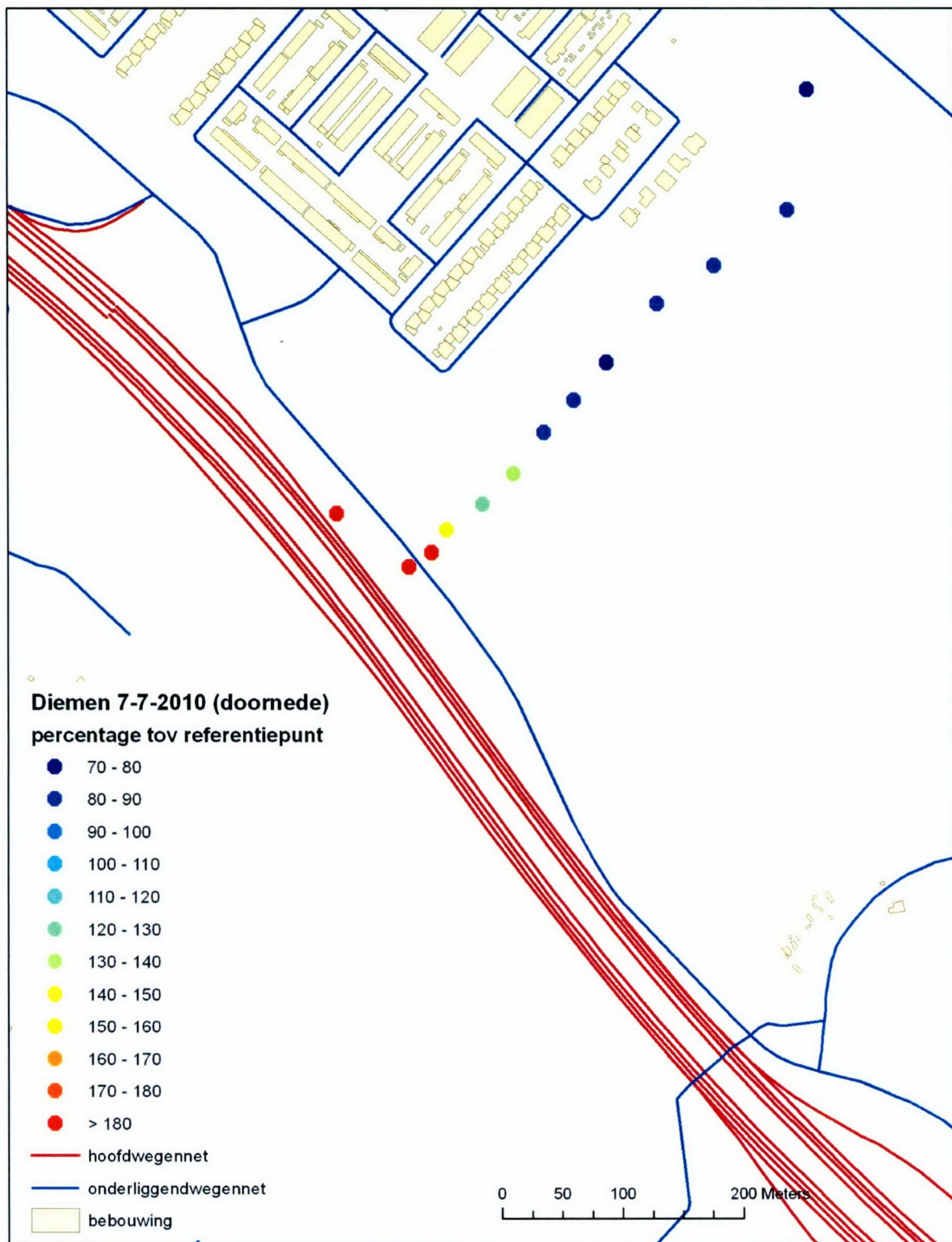




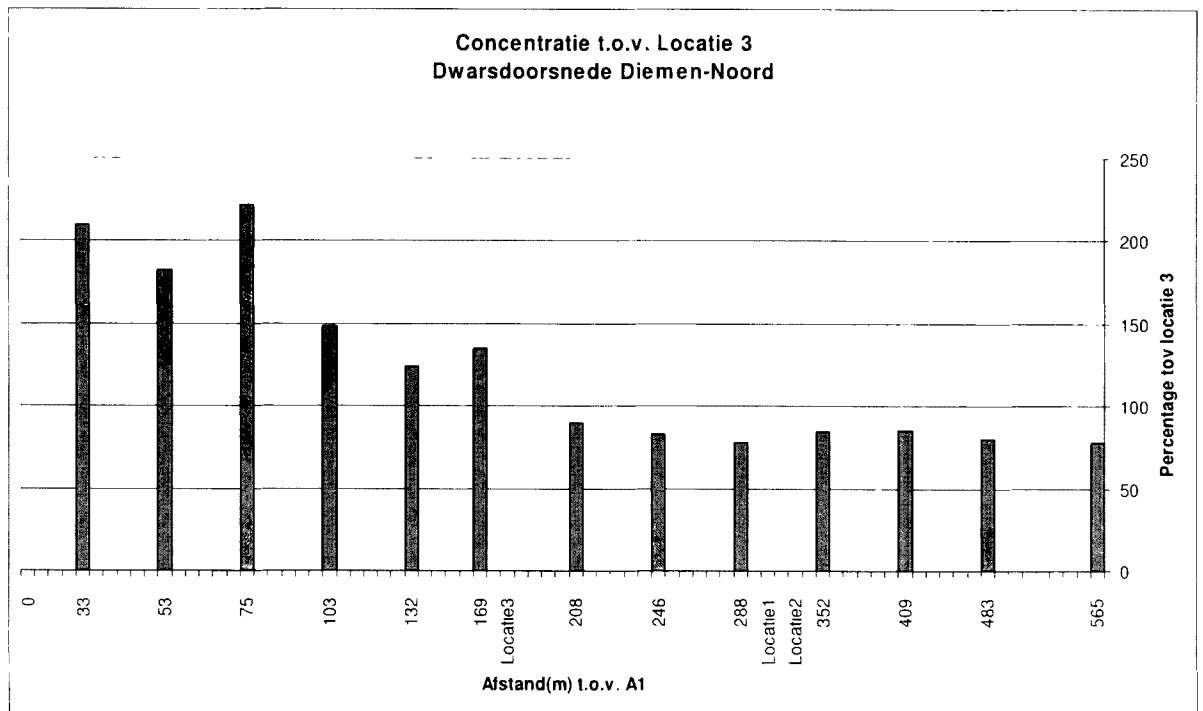
Figuur B7. De verhouding van de PM<sub>0,1</sub> concentratie op 7 juli 2010 in de ochtend met de PM<sub>0,1</sub> concentratie op het dak van de school aan de Tureluurweg (het referentiemeetpunt).



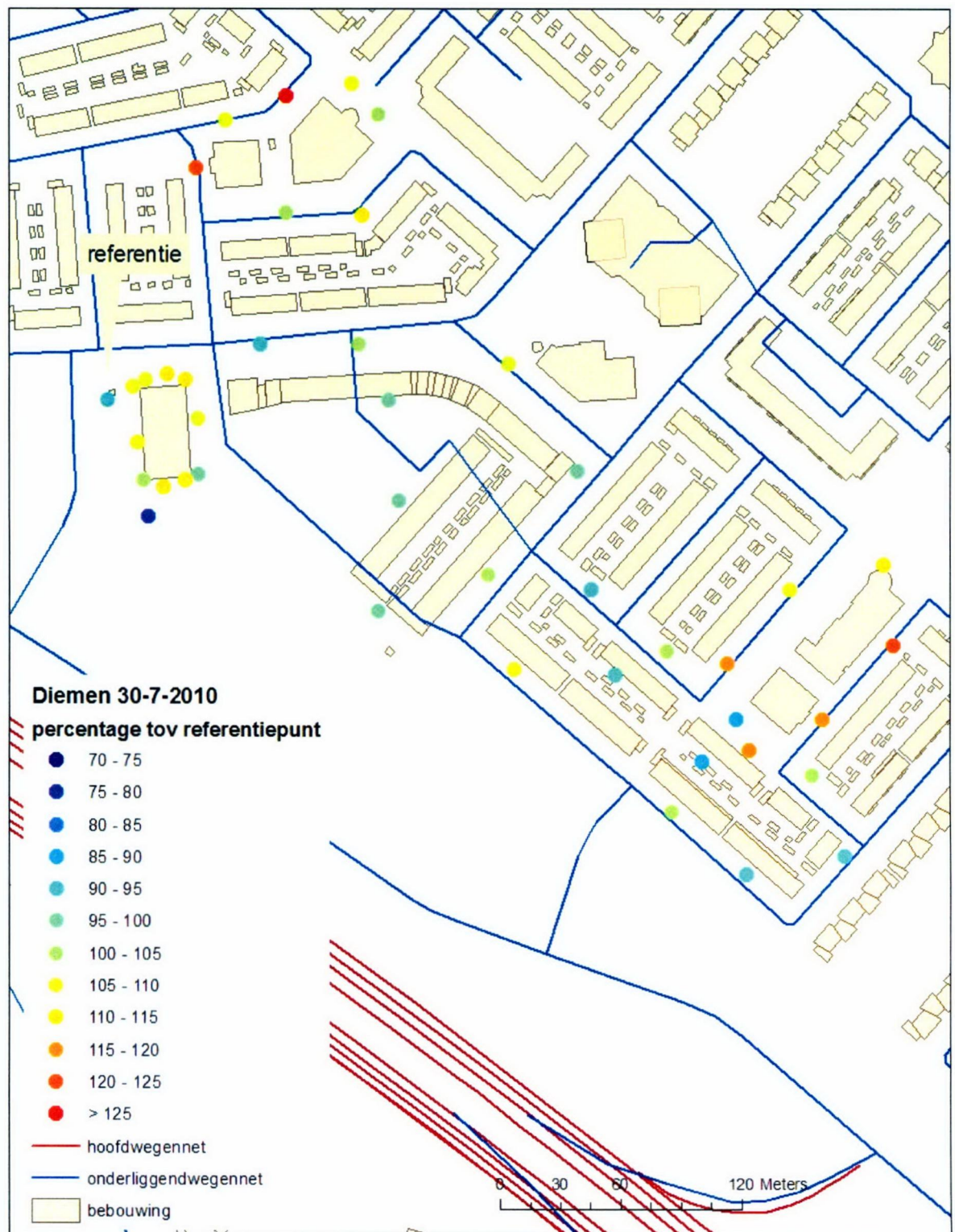
Figuur B8. De verhouding van de PM0,1 concentratie op 7 juli 2010 in de middag met de PM0,1 concentratie op het dak van de school aan de Tureluurweg (het referentiemeetpunt).



Figuur B9a. De verhouding van de PM<sub>0,1</sub> concentratie op 7 juli 2010 buiten Diemen-Noord met de PM<sub>0,1</sub> concentratie op het dak van de school aan de Tureluurweg (het referentiemeetpunt).



Figuur B9b. De verhouding van de PM0.1 concentratie op 7 juli 2010 buiten Diemen-Noord met de PM0.1 concentratie op het dak van de school aan de Tureluurweg (het referentiemeetpunt)  
 Locatie 1 (de Wulp) strekt zich uit over een afstand van 280-330 m tot de rand van de A1  
 Locatie 2 (de Schouw) strekt zich uit over een afstand van 210-300 m tot de rand van de A1  
 Locatie 3 (de Tureluur) strekt zich uit over een afstand van 100-190 m tot de rand van de A1 De in de figuur genoemde locatie3 is de positie van het vaste meetpunt op de dak van de school.



Figuur B10. De verhouding van de PM0,1 concentratie op 30 juli 2010 met de PM0,1 concentratie op het dak van de school aan de Tureluurweg (het referentiemeetpunt).

## TNO Bouw en Ondergrond

Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuur-wetenschappelijk  
onderzoek. Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research



Retouradres Postbus 80015 3508 TA UTRECHT

Gemeente Diemen  
T.a.v. de heer A. Hartskeerl  
Postbus 191  
1110 AD DIEMEN

**Milieu en Leefomgeving**  
Princetonlaan 6  
Postbus 80015  
3508 TA UtrechtUtrecht

www.tno.nl

info-BenO@tno.nl

**Datum**

13 december 2010

**Onze referentie**

TNO-034-UT-2010-02290-  
MenL/mb

**Projectnummer**

034 23462

**E-mail**

michiël.roemer@tno.nl

**Doorkiesnummer**

088 86 662071

**Onderwerp**

Aanbieding projectresultaat

Geachte heer Hartskeerl, beste Arie,

Bij deze bied ik je 10 gedrukte exemplaren aan van rapport "Luchtkwaliteit rondom de Brede School in Diemen-Noord".

Binnenkort wordt er telefonisch contact met je opgenomen om het project te evalueren. De vragen die dan worden gesteld zijn bijgesloten.

Met vriendelijke groet,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Roemer', with a horizontal line drawn through it.

Michiel Roemer  
Projectleider

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO zoals gedeponeerd bij de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Haaglanden, de Algemene Voorwaarden zullen op verzoek worden toegezonden