



Briefrapport 680704007/2008

J.P.J. Berkhout | D. Mooibroek | W.A.J. van .Pul | R. Hoogerbrugge

Herberekening historische concentraties fijnstof

RIVM Briefrapport 680704007/2008

Herberekening historische concentraties fijnstof

J.P.J. Berkhout
D. Mooibroek
W.A.J. van Pul
R. Hoogerbrugge

Contact:
J.P.J. Berkhout
LVM
Hans.Berkhout@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van VROM, in het kader van Landelijk Meetnet luchtkwaliteitsproject rapportage luchtkwaliteit

© RIVM 2008

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Herberekening historische meetgegevens fijn stof

Het RIVM heeft de historische meetgegevens van fijn stof van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) vergelijkbaar gemaakt met recente gegevens en de huidige normstelling. Doordat fijn stof sinds 2003 op een andere manier wordt gemeten, waren de oude gegevens hier niet optimaal mee te vergelijken.

Tot 2003 werd de hoeveelheid fijn stof in het LML weergegeven als de concentratie van deeltjes per kubieke meter onder standaardcondities (temperatuur en luchtdruk). Tegenwoordig schrijft de Europese richtlijn voor dat het op basis van de feitelijke omgevingscondities moet worden weergegeven.

Voor de omrekening zijn de oude gegevens gekoppeld aan de historische temperatuur- en drukgegevens van het KNMI. Het bleek afdoende om de temperatuur en druk van het dichtstbijzijnde KNMI-station te gebruiken.

Trefwoorden / Key words:

Validatie, luchtkwaliteit, herberekening, fijn stof

Inhoud

1	Inleiding	7
2	Uitgangssituatie en gehanteerde randvoorwaarden	9
2.1	Er is een aantal methodes beschikbaar voor hervalidatie	9
2.2	Hervalidatie vindt plaats met behulp van de gaswet	10
2.3	De methodes kennen een algemene problematiek	10
3	Klimatologische en lokale effecten nader bekeken	11
3.1	Klimatologische effecten beïnvloeden de temperatuur	11
3.2	Ook lokale effecten beïnvloeden de temperatuur	14
4	Discussie	17
5	Conclusie	19
	Literatuur	21
	Bijlage A: LML-stations met PM10-meetdata	23
	Bijlage B: KNMI-stations in de database	25
	Bijlage C: Vergelijking KNMI stations.	27
	Principal Component Analysis	28
	Conclusies	30
	Bijlage D: Lokale effecten	33

1 Inleiding

Volgens de Europese richtlijnen voor luchtkwaliteit (EU 1996 en EU 1999) is Nederland verplicht om op 40 plaatsen fijn stof te meten met een diameter kleiner dan 10 micrometer (PM_{10}). Dat gebeurt in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM. Als gevolg van die Europese richtlijnen, moeten de meetgegevens voor fijn stof sinds 2003 op een andere manier gerapporteerd worden dan daarvoor. Tot 2003 werden de meetgegevens aangeleverd onder de zogenaamde *standaardcondities*. Dat betekent dat de metingen werden omgerekend alsof ze verricht zouden zijn bij een temperatuur van 20°C en luchtdruk van 1013 millibar. Vanaf 2003 moeten de meetgegevens van fijn stof onder *omgevingscondities* worden gerapporteerd (EN 12341). Dit betekent dat de meetgegevens worden bepaald onder de werkelijke temperatuur en luchtdruk tijdens de meting.

Temperatuur en luchtdruk hebben invloed op het meten van fijn stof. Daarom is het niet wenselijk dat de meetgegevens van voor en na 2003 op een verschillende manier worden opgeslagen. Dat maakt het namelijk onmogelijk om ze met elkaar te vergelijken. Daarom zijn alle gegevens voor fijn stof (PM_{10}) omgerekend naar omgevingscondities. Dit zijn de meetgegevens van 1992 tot en met 2003 en een deel van de recentere metingen (Beijk et al. 2007). Een probleem is echter dat meestal geen temperatuur- en luchtdrukgegevens beschikbaar zijn op de plekken waar fijn stof gemeten werd.

Er zijn verschillende oplossingen mogelijk om met bestaande temperatuur- en drukgegevens de PM_{10} -meetgegevens toch te kunnen omrekenen. Dit rapport beschrijft diverse methoden en onderbouwt de uiteindelijk gekozen oplossing. Tevens wordt het effect op de onzekerheid van de PM_{10} -meetwaarden geschat.

2 Uitgangssituatie en gehanteerde randvoorwaarden

Het doel is om de PM₁₀ data uit de periode 1992 tot en met 2003 om te rekenen van standaard condities naar omgevingscondities. De gekozen methode moet transparant en zo eenvoudig mogelijk zijn, waarbij de nauwkeurigheid van de jaargemiddelde concentratie en het aantal dagen overschrijding van de daggrenswaarde van 50 µg/m³ (microgram per kubieke meter) verwaarloosbaar zijn vergeleken met de meetonzekerheid. Een inventarisatie van de aanwezige gegevens leidde tot het volgende beeld. Er zijn 22 LML-stations met fijn stof data over de periode 1992 tot en met 2003. De namen en de coördinaten van het station en de precieze periode waarover de hervalidatie moet plaatsvinden, staan in bijlage A genoemd. Verder zijn er 13 KNMI-stations met een volledige reeks aan temperaturen en druk van 1992 tot en met 2003. De namen en coördinaten van deze stations staan in bijlage B. Tot slot bestaan er ook geanalyseerde temperatuur- en drukvelden van het ECMWF met een resolutie van 0,2 bij 0,2 graden. Dit zijn ongeveer 100 gebieden in Nederland van 20 bij 20 km.

Dit hoofdstuk behandelt verder de beschikbare methodes voor de hervalidatie, de gaswet en de algemene problematiek bij de beschikbare methodes.

2.1 Er is een aantal methodes beschikbaar voor hervalidatie

Voor de hervalidatie zijn per meetwaarde per station de druk en temperatuur op het meetmoment nodig. Op de LML-stations zelf zijn van 1992 tot en met 2003 geen of zeer weinig meteorologische gegevens beschikbaar. Er is besloten om deze gegevens niet te gebruiken voor de omrekening. Ze beslaan namelijk maar een klein gedeelte van de periode en het zou betekenen dat er verschillende manieren van correctie zullen gaan plaatsvinden. Dit zou niet voldoen aan de eerste gestelde randvoorwaarde. De temperatuur en druk die nodig zijn voor de hervalidatie moeten dus volgens een andere methode worden bepaald. De volgende methoden zijn beschikbaar:

1. De beschikbare temperatuurreeks en drukreeks van het KNMI-station in De Bilt worden op alle LML-stations toegepast.
2. Per LML-station wordt het dichtstbijzijnde KNMI-station bepaald en deze meteorologische meetwaarden worden toegepast voor het betreffende LML-station.
3. Per LML-station wordt met de omliggende KNMI-stations de temperatuur en de druk geïnterpoleerd naar de coördinaten van het LML-station.
4. Per LML-station wordt het dichtstbijzijnde gridpunt van de geanalyseerde temperatuur en drukvelden van het ECMWF bepaald en toegepast.
5. Per LML-station kan het KNMI een interpolatie van de meteorologische gegevens uitvoeren. Dit is echter zeer kostbaar en daarom is deze optie voor deze actie niet haalbaar. Deze optie zal dan ook verder buiten beschouwing worden gelaten.

2.2 Hervalidatie vindt plaats met behulp van de gaswet

Gegeven de temperatuur en druk zal de uiteindelijke omrekening van de PM₁₀ data plaatsvinden volgens de gaswet. De formule hiervoor is:

$$PM10_{\text{nieuw}}(t) = PM10_{\text{oud}}(t) \times \frac{p(t)}{1013} \times \frac{293}{273 + T(t)} \quad 1$$

met

- t de tijd in uren;
- PM10_{nieuw}(t) de uurwaarde in uur t van fijn stof na omrekening;
- PM10_{oud}(t) de uurwaarde in uur t van fijn stof voor de omrekening;
- p(t) de gemiddelde druk over uur t in hPa en
- T(t) de gemiddelde temperatuur over t in °C.

2.3 De methodes kennen een algemene problematiek

Een nadeel van de afwezigheid van exacte meteorologische data op de meetstations is dat er omstandigheden zijn, die invloed hebben op de temperatuur. Hierdoor zullen de werkelijke temperaturen afwijken van de gebruikte meteorologische gegevens. Hieronder is een aantal effecten genoemd.

1. Klimatologische omstandigheden
2. Lokale effecten
 - i. Voor stedelijke en straatstations: warmte-eiland effect;
 - ii. Voor kuststations en stations bij grote waterpartijen: invloed van de watertemperatuur;
 - iii. Voor alle stations: eventuele begroeiing rondom de stations.

Welke temperatuurreeks ook zal worden toegepast, er zal enig inzicht moeten worden verschaft in de invloed van deze effecten. Zo kan inzicht worden verkregen in de onnauwkeurigheid van de gebruikte methode of kan er eventueel voor de effecten worden gecorrigeerd. In het volgende hoofdstuk wordt hier op terug gekomen.

3 Klimatologische en lokale effecten nader bekeken

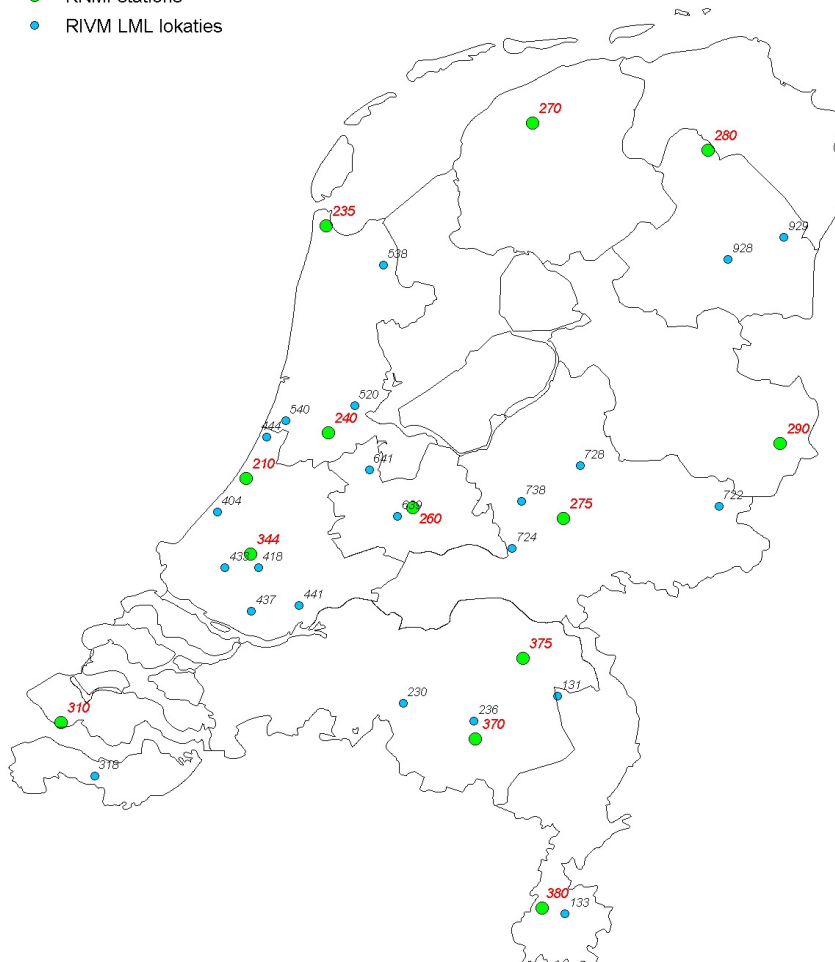
Dit hoofdstuk behandelt welke meteorologische gegevens gebruikt kunnen worden om tot een aanvaardbare hervalidatie te komen. Hierbij is de analyse beperkt tot temperatuurgegevens. De variatie in luchtdruk is over het algemeen kleiner dan in temperatuur. De onzekerheden in het temperatuurveld zijn groter en zullen de grootste bijdrage hebben in de onzekerheid. De analyse wordt gescheiden in de bovengenoemde klimatologische effecten en de lokale effecten.

3.1 Klimatologische effecten beïnvloeden de temperatuur

Figuur 1 geeft een overzicht van de ligging van KNMI- en LML-stations. Zie ook bijlage A en B voor de gegevens.

Legenda

- KNMI stations
- RIVM LML lokaties



Figuur 1: Locaties van de LML-stations met fijn stof gegevens in de periode 1992 – 2003 (blauwe stippen) en de locaties van de KNMI-stations beschikbaar in de database met een volledige reeks aan temperaturen in de periode 1992 – 2003 (groene stippen).

In tabel 1 zijn de afstanden van de dichtstbijzijnde KNMI-stations voor ieder PM10-meetstation weergegeven.

Tabel 1: Afstand van LML-stations tot het dichtstbijzijnde KNMI-station.

LML-stations		Afstand tot dichtstbijzijnde KNMI-station in kilometers	Nummer KNMI-station
Stationsnummer	Stationsnaam		
131	Vredepeel-Vredeweg	16.4	375
133	Wijnandsrade-Opfergelstraat	7.4	380
230	Biest Houtakker-Biestsestraat	25.8	370
236	Eindhoven-Genovevalaan	5.5	370
318	Philippine-Stelleweg	20.9	310
404	Den Haag-Rebecquestraat	14.4	210
418	Rotterdam-Schiedamseweg	4.9	344
433	Vlaardingen-Floreslaan	9.6	344
437	Westmaas-Groeneweg	19.0	344
441	Dordrecht-Frisostraat	23.0	344
444	De Zilk-Vogelaarsdreef	15.1	210
520	Amsterdam-Florapark	12.5	240
538	Wieringerwerf-Medemblikkerweg	22.4	235
540	Leiduin	14.7	240
639	Utrecht-Erzejstraat	5.3	260
641	Breukelen-Snelweg	17.9	240
722	Eibergen-Lintveldseweg	28.0	290
724	Wageningen-Binnenhaven	14.6	275
728	Apeldoorn-Stationsstraat	18.1	275
738	Wekerom-Riemterdijk	14.6	275
928	Witteveen-Talmaweg	36.4	280
929	Valthermond-Noorderdiep	37.7	280

De afstand tussen een LML-station en het dichtstbijzijnde KNMI-station is dus niet meer dan 40 km. In veel gevallen is de afstand zelfs kleiner dan 20 kilometer. Vooral in het oosten liggen de LML-stations wat verder van een KNMI-station af. Maar wat betekent dit nu voor de bruikbaarheid van de temperatuurreksen? Om dit te bekijken is de onderlinge vergelijkbaarheid van enkel de KNMI-stations bekeken. De volgende statistieken zijn bepaald:

- De afstand tussen de KNMI-stations;
- De standaarddeviatie $\sigma_{j,k}$ van de temperatuurreksen op de KNMI-stations en
- Het gemiddelde verschil $\Delta_{j,k}$ tussen de temperatuur van twee KNMI-stations.

Voor punt b is de volgende formule gebruikt:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left((T_{(i,j)} - T_{(i,k)})^2 \right)}{n}} \quad 2$$

Hierin is $T_{(i,j)}$ de temperatuur van station j op tijdstip i en n het totale aantal gemeenschappelijke meetwaarden. Het aantal meegenomen uren n is 113976. Meer over deze berekening staat in bijlage C. Voor punt c is de volgende formule gebruikt:

$$\frac{\sum (T_{(i,j)} - T_{(i,k)})}{n} \quad 3$$

De standaarddeviatie wordt gebruikt als maat voor het verschil van uur tot uur tussen stations. Het gemiddelde verschil wordt gebruikt als maat voor het systematische verschil tussen twee stations. In tabel 2 zijn alleen de resultaten weergegeven van de KNMI-stations, die het dichtst bij elkaar liggen (zie bijlage C voor het volledige overzicht).

Tabel 2: Vergelijkbaarheid en gemiddeld verschil tussen KNMI-stations in de periode 1992-2004

KNMI station		Dichtstbijzijnde KNMI station			
Nummer	Naam	Stationsnummer	Afstand (km)	Standaarddeviatie (°C)	Vershil ¹ (°C)
210	Valkenburg	344	24.5	1.04	-0.12
235	De Kooy	240	67.5	1.56	-0.18
240	Schiphol	210	30.0	0.95	-0.01
260	De Bilt-Wilhelminalaan	240	36.4	1.15	-0.11
270	Leeuwarden	280	56.3	1.28	0.08
275	Deelen	375	47.1	1.16	-0.28
280	Eelde	270	56.3	1.28	-0.08
290	Twente	275	73.3	1.25	-0.16
310	Vlissingen	344	81.7	1.80	0.48
344	Rotterdam	210	24.5	1.04	0.12
370	Eindhoven	375	30.2	0.96	0.17
375	Volkel	370	30.2	0.96	-0.17
380	Maastricht	370	60.0	1.36	0.09

Uit de tabel is op te maken dat de gemiddelde temperaturen van de KNMI-stations, die binnen 40 kilometer van elkaar af liggen, niet meer dan 0,2°C verschillen. Ook zijn de stations goed vergelijkbaar. Als de afstanden groter worden, kan het verschil van de gemiddelde temperatuur toe

¹ Een negatief getal betekent dat het dichtstbijzijnde station gemiddeld een hogere temperatuur heeft

nemen. Ook neemt de standaarddeviatie toe. Vooral op Vlissingen is de gemiddelde temperatuur hoger dan de rest van Nederland. Het station ligt dan ook redelijk geïsoleerd in vergelijking met andere stations. Het gemiddelde verschil met het dichtstbijzijnde andere KNMI-station, Rotterdam, is 0,48°C. Stel dat er op station Vlissingen luchtkwaliteitsmetingen zijn geweest en dat er in plaats van de temperatuurgegevens van Vlissingen de data van station Rotterdam zouden worden gebruikt. De fout die daarmee wordt geïntroduceerd in de jaargemiddelde concentratie, is dan 0,15%. De totale meetfout, die voor een stofmeting is toegestaan, is 25%. De fout is dus twee ordes kleiner dan de toegestane fout en is daarmee verwaarloosbaar. De systematische afwijking is een goede maat voor het effect op de meetonzekerheid van het jaargemiddelde. Daarnaast moet ook aan de meetonzekerheid van de 24-uursgemiddelde van 25% worden voldaan. Hiervoor is de standaarddeviatie van uurwaarden een redelijke bovengrens. De grootste berekende standaarddeviatie wordt ook voor Vlissingen gevonden namelijk 1,8 °C. Door de omrekening van formule 1 levert dit een relatieve standaarddeviatie van 0,6% op. De meetonzekerheid wordt uitgedrukt in een 95% betrouwbaarheidsinterval die kan worden benaderd door de standaarddeviatie met een factor 2 te vermenigvuldigen. Stel dat door alle andere spreidingsbronnen de meetonzekerheid 15% is, dan betekent de extra bijdrage als gevolg van deze temperatuurschatting een verhoging naar een meetonzekerheid van 15,01%.

Concluderend: De LML-stations liggen allemaal binnen 40 km van een KNMI-station. De KNMI-stations, die binnen 40 kilometer van elkaar liggen, zijn goed onderling vergelijkbaar. Binnen deze afstanden is de invloed van de klimatologische effecten op de herberekening van fijnstofdata verwaarloosbaar.

Het grootste verschil in de gemiddelde temperatuur over de periode 1992 – 2004 werd gemeten tussen 310 Vlissingen en 280 Eelde en bedroeg 1,5°C. De standaarddeviatie is het grootst tussen de KNMI-stations 310 Vlissingen en 290 Twente. De berekende parameter was 2,93°C. Dit staat overigens niet in de tabel maar is te vinden in Bijlage C Bij dit grootst mogelijke Nederlandse verschil wordt de bijdrage aan de meetonzekerheid op uur basis ongeveer 2% en zal een meetonzekerheid van 15% worden verhoogd tot 15,1%.

3.2 Ook lokale effecten beïnvloeden de temperatuur

Vervolgens is er ook nog gezocht naar informatie over de in het vorige hoofdstuk genoemde lokale effecten op de temperatuur. Begroeiing en grote wateroppervlakken hebben over het algemeen een dempende werking op de dagelijkse gang van de temperatuur. Overdag zullen ze voor verkoeling zorgen, terwijl ze 's avonds juist warmte vasthouden. Het warmte-eiland effect zorgt er verder voor dat de temperatuur in steden hoger ligt dan op het platteland. Er is veel onderzoek gedaan naar warmte-eilanden. Het verschil tussen een stadstation en een plattelandstation kan oplopen tot 5°C. Deze situatie kan optreden op koude en windstille winternachten, waarbij er in de steden flink gestookt wordt. Ook in de zomermaanden kan het verschil oplopen. Dan zorgt de zon ervoor dat steen en beton flink opwarmen om vervolgens in de avonduren zeer langzaam af te koelen.

Voor de Nederlandse situatie is echter moeilijk precies aan te geven in welke situatie je een bepaalde correctie moet toepassen om te compenseren voor het warmte-eiland effect. Hierbij speelt ook nog dat lokale effecten elkaar kunnen beïnvloeden. Als er in de omgeving van een station veel begroeiing aanwezig is, zal het warmte-eiland effect aanzienlijk minder zijn. Er zijn zeven PM10-stations, die in stedelijk gebied liggen. Foto's uit 1994 laten zien dat bij het grote deel van deze LML-stations veel

gras en bomen aanwezig zijn. Station 520 staat bijvoorbeeld in een park. Uitzonderingen zijn stations 404 en 728. Hier hebben beton en steen de overhand.

In de literatuur is geen methode gevonden om voor eventuele lokale effecten te compenseren. Daarom heeft het LVM geprobeerd om op een andere manier het effect te kwantificeren. Van 1987 tot en met 1993 zijn er ook op LML-stations temperatuurmetingen uitgevoerd. Met deze temperatuurreksen is in bijlage D het effect van lokale omstandigheden bepaald op het jaargemiddelde en het aantal dagen overschrijding van de daggrenswaarde van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Uit bijlage D blijkt dat het lokale omstandigheden een geringe invloed hebben op een jaargemiddelde en het aantal dagen overschrijding van de daggrenswaarde van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Daarnaast moet er een forse inspanning worden verricht om voor elk station afzonderlijk een zinvolle correctie op het temperatuurveld te maken, terwijl de te behalen winst uiteindelijk gering zal zijn. Daarom is besloten om de temperatuurreksen niet te compenseren voor lokale effecten.

4 Discussie

In dit verslag is gezocht naar een manier om de hervalidatie van de meetreeksen fijn stof in de database van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit uit te voeren. Uit de analyse in hoofdstuk 3 volgt dat de keuze voor een temperatuurreeks of -veld geen grote gevolgen heeft. De temperatuur moet wel overeenkomen met de schommelingen van dag tot dag, maar hoeft niet heel nauwkeurig. De verschillen in het jaargemiddelde fijn stof en het aantal dagen overschrijding van de daggemiddelde norm zijn dan klein. De schommelingen in het drukveld zijn over het algemeen kleiner dan in temperatuur. Ook hier zal het naar verwachting weinig uitmaken met welke reeks er gewerkt wordt. Dit pleit ervoor om de hervalidatie uit te voeren in een simpele vorm.

Verder volgt uit hoofdstuk 3 dat uitgebreide kennis van de locatie noodzakelijk is om vanuit de temperatuursreeksen van het KNMI de temperatuur op een luchtmeetstation te bepalen. Anders voegt het niets toe aan de uiteindelijke resultaten en bestaat de kans het resultaat juist minder nauwkeurig wordt. Daarbij komt nog dat de te behalen winst klein is.

Bij fijn stof gaat het uiteindelijk om de 24-uursgemiddelden. De fijnstofconcentraties hebben in Nederland geen uitgesproken dagverloop. Begroeiing en grote wateroppervlakken hebben een dempende werking op het dagverloop op de temperatuur. Over 24 uur zullen deze effecten waarschijnlijk kleiner worden.

Het warmte-eiland effect veroorzaakt een systematisch verschil tussen regio en de stad, waardoor de temperatuur in steden hoger ligt dan in de omgeving. Onder specifieke weersomstandigheden kan het temperatuurverschil oplopen tot enkele graden Celsius. Echter, uit de cijfers blijkt dat dit effect op de jaargemiddelde concentratie en het aantal dagen overschrijding van de daggrenswaarden van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ waarschijnlijk gering is. Daarnaast is het warmte-effect per locatie verschillend en is opnieuw kennis van de omgeving nodig om er een nuttige uitspraak over te doen. In het voorbeeld van Vlaardingen maakte het nog geen half procent uit in het jaargemiddelde. Dit maakt het mogelijk ook dit effect buiten beschouwing te laten. De meetonzekerheid van fijn stof is 25% en ook vanuit dat oogpunt bekeken is de gemaakte fout te verwaarlozen.

Om bovenstaande redenen zijn optie 1 (omrekenen met de temperatuur en de druk van De Bilt), 2 (omrekenen met de temperatuur en de druk van het dichtstbijzijnde KNMI-station) reële mogelijkheden. Optie 2 is dan het meest voor de hand liggend, omdat de extra inspanning ten opzichte van optie 1 niet groot is en omdat eventuele regionale klimatologische verschillen worden weggenomen.

5 Conclusie

Per luchtmeetstation wordt bepaald wat het dichtstbijzijnde KNMI-station is. Van dit KNMI station lezen we de temperatuur en druk af. Deze temperatuur en luchtdruk gebruiken we dan voor het betreffende luchtmeetstation; Tenslotte worden de fijn stof meetgegevens van die meetplek met de gaswet omgerekend van standaardcondities naar omgevingscondities.

Literatuur

R. Beijk, R. Hoogerbrugge, T.L. Hafkenscheid, F.Th. van Arkel, G.C. Stefess, A. van der Meulen, J.P. Wesseling, F.J. Sauter, R.A.W. Albers, PM10: Validatie en equivalentie 2006 RIVM rapport 680708001 / 2007

EN12341 (1998) Bepaling van de PM10 fractie van zwevend stof. Referentiemethode en veldonderzoek om de referentie-gelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft.

EU (1996) Richtlijn 96/62/GV van de raad van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit. Publicatieblad van Europese Gemeenschappen No L 296/55.

EU (1999) Richtlijn 1999/30/EG van de raad van 22 april 1999 betreffende de grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in lucht. Publicatieblad van Europese Gemeenschappen No L 163/41.

Bijlage A: LML-stations met PM10-meetdata

LML-station							
Nr.	Naam	Latitude	Longitude	X (in 0.1 km)	Y (in 0.1 km)	Begindatum	Einddatum
131	Vredepeel-Vredeweg	51.541	5.854	1873	3947	17-03-1992	03-04-2003 12:00
133	Wijnandsrade- Opfergeltstraat	50.903	5.882	1898	3237	01-01-1992	09-05-2003 12:00
230	Biest Houtakker- Biestsestraat	51.519	5.149	1384	3922	01-01-1992	01-05-2003 12:00
236	Eindhoven- Genovevalaan	51.47	5.473	1609	3866	16-03-1993	02-04-2003 14:00
318	Philippine-Stelleweg	51.295	3.749	408	3685	12-03-1992	15-04-2003 13:00
404	Den Haag- Rebecquestraat	52.076	4.287	796	4547	01-01-1992	01-01-2007 00:00
418	Rotterdam- Schiedamsevest	51.915	4.48	926	4366	06-09-1993	01-01-2007 00:00
433	Vlaardingen- Floreslaan	51.912	4.326	820	4364	20-03-1992	01-01-2007 00:00
437	Westmaas- Groeneweg	51.787	4.451	904	4224	01-01-1992	28-05-2003 12:00
441	Dordrecht-Frisostraat	51.805	4.669	1055	4242	01-09-1993	01-01-2007 00:00
444	De Zilk- Vogelaarsdreef	52.298	4.51	952	4791	01-01-1994	01-01-2007 00:00
520	Amsterdam- Florapark	52.392	4.918	1231	4894	21-01-1993	01-01-2007 00:00
538	Wieringerwerf- Medemblikkerweg	52.805	5.049	1322	5352	20-03-1992	25-03-2003 15:00
540	Leiduin	52.346	4.598	1012	4844	01-01-1992	31-12-1993 00:00
639	Utrecht-Erzejstraat	52.069	5.121	1367	4533	23-09-1992	01-01-2007 00:00
641	Breukelen-Snelweg	52.203	4.989	1277	4683	01-09-1993	01-01-2007 00:00
722	Eibergen- Lintveldseweg	52.092	6.606	2385	4566	10-03-1992	01-01-2007 00:00
724	Wageningen- Binnenhaven	51.974	5.649	1730	4428	01-01-1992	23-04-2002 00:00
728	Apeldoorn- Stationsstraat	52.215	5.967	1946	4697	05-03-1993	02-04-2004 00:00
738	Wekerom- Riemterdijk	52.112	5.693	1759	4581	23-04-2002	03-06-2005 00:00
928	Witteveen-Talmaweg	52.814	6.67	2414	5370	01-01-1992	07-02-2000 00:00
929	Valthermond- Noorderdiep	52.877	6.933	2591	5443	07-02-2000	26-03-2003 15:00

Latitude en longitude in graden

X en Y in Amersfoortse coördinaten

Een einddatum van 01-01-2007 betekent dat de metingen doorlopen

Bijlage B: KNMI-stations in de database

KNMI stations			
Nr.	Naam	X (in 0.1 km)	Y (in 0.1 km)
210	Valkenburg	888	4655
235	De Kooy	1140	5480
240	Schiphol	1148	4805
260	De Bilt-Wilhelminalaan	1415	4560
270	Leeuwarden	1795	5815
275	Deelen	1892	4525
280	Eelde	2350	5725
290	Twente	2580	4771
310	Vlissingen	300	3860
344	Rotterdam	901	4410
370	Eindhoven	1614	3808
375	Volkel	1765	4070
380	Maastricht	1825	3255

X en Y in Amersfoortse coördinaten

Bijlage C: Vergelijking KNMI stations.

Met behulp van het programma RIL+ zijn de temperatuurgegevens opgevraagd voor de KNMI grondstations over de periode 1 januari 1992 tot en met 31 december 2004. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven met de startdatum en de eventuele einddatum van de meetsessies.

snr	station name	station x	station y	station z	Begindatum	Einddatum
210	Valkenburg	887.50	4655.30	0.00	1-3-1989	
235	De Kooy	1140.00	5480.00	0.00	1-1-1980	
240	Schiphol	1148.00	4805.00	0.00	1-1-1980	
250	Terschelling	1433.50	5971.25	26.00	1-3-1989	1-3-1994
260	De Bilt-Wilhelminalaan	1415.00	4560.00	0.00	1-1-1980	
268	Houtrib	1583.00	5047.50	0.00	1-1-1980	18-1-1995
269	Lelystad	1644.00	4965.50	0.00	1-7-1995	
270	Leeuwarden	1795.00	5815.10	0.00	1-1-1980	
275	Deelen	1892.30	4525.25	0.00	1-1-1980	
277	Lauwersoog	2087.50	6027.25	0.00	1-3-1994	
279	Hoogeveen	2311.50	5277.50	0.00	1-3-1994	
280	Eelde	2350.00	5725.00	0.00	1-1-1980	
290	Twente	2579.78	4770.76	0.00	1-1-1980	
310	Vlissingen	300.00	3860.00	0.00	1-1-1980	
330	Hoek van Holland	681.00	4456.00	7.00	1-1-1980	1-3-1994
344	Rotterdam	901.25	4410.00	0.00	1-1-1980	
348	Cabauw (Interim)	1234.00	4423.00	0.00	1-3-1997	
350	Gilze-Rijen-Rijksweg	1235.00	3975.00	0.00	1-1-1980	
370	Eindhoven	1614.25	3807.75	0.00	1-1-1980	
375	Volkel	1765.00	4070.00	0.00	1-1-1980	
380	Maastricht	1825.00	3255.00	0.00	1-1-1980	

Uit deze tabel zijn 7 stations te vinden met een onderbroken reeks in de geselecteerde periode. Voor de complete stations bedraagt het aantal records 113976. Dit is $(24 \cdot 365 + 4) \cdot 13$, omdat er in de 13 periode 1992 – 2004 sprake is geweest van 4 schrikkeljaren (1992, 1996, 2000 en 2004).

In MATLAB is gekeken welke stations een onderbroken reeks bevat. Naast de 7 verwachte stations bleek ook station 350 (Gilze-Rijen-Rijksweg) vanaf 1997 tot en met 2000 waarnemingen te missen. In totaal missen voor dit station 29246 uurwaarden (dit komt overeen met ruim 26 procent van het totaal).

Via onderstaande formule is de standaarddeviatie tussen de 21 stations uitgedrukt in een getal,

$$\sqrt{\frac{\sum \left((X_{(i,j)} - X_{(i,k)})^2 \right)}{n}}$$

waarbij $i=1:113976$ en $j=k=1:21$.

Des te kleiner dit getal des te groter de overeenkomst in de temperatuurreeks van 1992-2004, de waarde nul geeft aan dat er geen verschil is.

In onderstaande tabel worden de resultaten weergegeven waarbij de resultaten van de 8 stations met een onderbroken reeks niet worden weergegeven.

Tabel: Standaarddeviatie tussen de uurwaarden van temperatuur van de KNMI stations

	210	235	240	250	260	268	269	270	275	277	279	280	290	310	330	344	348	350	370	375	380
210		1,48	0,95		1,46			1,85	1,95			2,16	2,24	1,71		1,04			2,01	2,01	2,26
235	1,48		1,56		2,11			1,66	2,40			2,21	2,59	1,87		1,88			2,62	2,59	2,73
240	0,95	1,56			1,15			1,72	1,63			1,92	1,97	1,82		1,03			1,78	1,75	2,08
250																					
260	1,46	2,11	1,15					1,95	1,15			1,88	1,63	2,23		1,23			1,35	1,25	1,84
268																					
269																					
270	1,85	1,66	1,72		1,95				2,02			1,28	2,03	2,57		2,04			2,47	2,31	2,68
275	1,95	2,40	1,63		1,15			2,02				1,78	1,25	2,59		1,71			1,36	1,16	1,79
277																					
279																					
280	2,16	2,21	1,92		1,88			1,28	1,78				1,63	2,92		2,20			2,31	2,09	2,57
290	2,24	2,59	1,97		1,63			2,03	1,25			1,63		2,93		2,10			1,81	1,54	2,09
310	1,71	1,87	1,82		2,23			2,57	2,59			2,92	2,93			1,80			2,40	2,55	2,35
330																					
344	1,04	1,88	1,03		1,23			2,04	1,71			2,20	2,10	1,80					1,68	1,75	2,02
348																					
350																					
370	2,01	2,62	1,78		1,35			2,47	1,36			2,31	1,81	2,40		1,68				0,96	1,36
375	2,01	2,59	1,75		1,25			2,31	1,16			2,09	1,54	2,55		1,75			0,96		1,52
380	2,26	2,73	2,08		1,84			2,68	1,79			2,57	2,09	2,35		2,02			1,36	1,52	

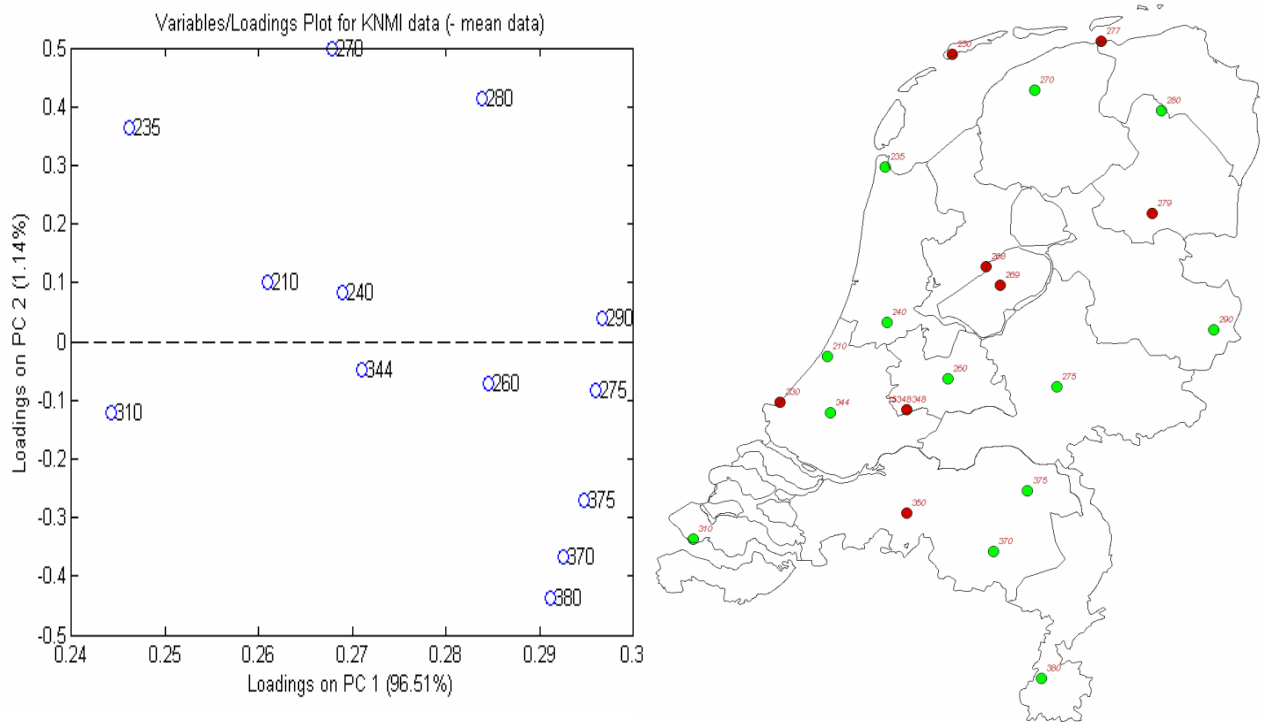
De minimale waarde is 0,95, in de tabel worden deze waarden in het groen weergegeven. De maximale waarde bedraagt 2,93 en is in de tabel in het blauw weergegeven.

Als de hervalidatie met één KNMI-station (260 De Bilt) zou zijn uitgevoerd was de standaarddeviatie maximaal 2,23°C. Door in plaats van één centraal gelegen station te kiezen voor het dichtstbijzijnde KNMI-station neemt de standaarddeviatie af. De winst, die hiermee behaald wordt is echter betrekkelijk klein. Het lijkt er op dat een verdere verfijning geen relevante verbetering op gaat leveren.

Principale Componenten Analyse

Op de data met een volledige reeks is een principale componenten analyse (PCA) uitgevoerd. Dit is een statistische multivariate techniek, waarbij een aantal aan elkaar gerelateerde variabelen wordt teruggebracht naar een kleiner aantal onafhankelijke variabelen. De nieuwe variabelen, de principale componenten, beschrijven de maximale hoeveelheid van de in de dataset beschikbare variantie. Op die manier wordt een twee dimensionale plaatjes (projectie) van de dataset gegenereerd die de relaties tussen de meetstations zo goed mogelijk weergeeft.

De eerste twee principale componenten (PC) verklaarden ruim 99% van de totale variantie. In de onderstaande figuur worden de loadings weergegeven op de eerste en tweede principale component. Indien stations in de plot dicht bij elkaar in de buurt liggen is dit een indicatie dat de temperatuurprofielen veel op elkaar lijken.

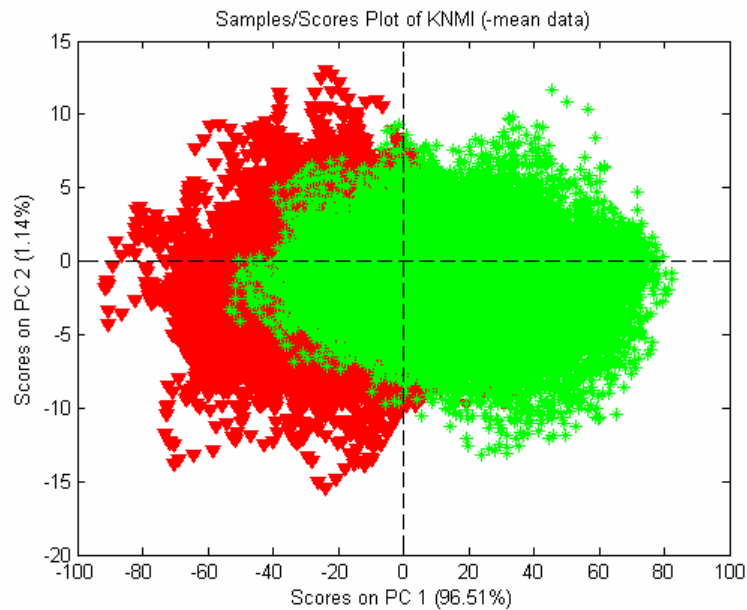


Figuur C1: Loadingsplot en de kaart van Nederland met KNMI-stations

Wanneer gekeken wordt naar de ligging van de stations in de loadingsplot valt op dat het verschil tussen oost en west (kust vs. binnenland) voornamelijk zichtbaar is op de eerste PC. Het verschil tussen noord en zuid openbaard zich op de tweede PC.

Een mogelijke hypothese voor de verdeling van de stations op PC1 is dat hierin het verschil tussen zomer en winter zit opgesloten. De gedachte hierachter is dat in het westen van het land de temperatuur meer gedempt wordt dan het oosten van het land. Voor PC2 is de hypothese dat de verdeling van de stations door het (gemiddeld) verschil in temperatuur tussen noord en zuid wordt veroorzaakt.

Het een en ander wordt duidelijke wanneer er gekeken wordt naar de scoreplot van de gehele dataset. Deze is verdeeld in twee groepen, zomer (april t/m september) en winter (januari – maart en oktober – december).



Figuur C2: Scoreplot van de eerste tegen de tweede PC. De driehoekjes zijn zomer en de plusjes de winterdata ???

Conclusies

- Stations die dichterbij elkaar in de buurt liggen, tonen een grotere overeenkomst in de gemeten temperatuur.
- Er is een duidelijke invloed waarneembaar van de kust naar het oosten van het land.
- Er is een invloed waarneembaar van noord naar zuid.
- De invloed van west naar oost (PC1) is groter dan de invloed van noord naar zuid (PC2)

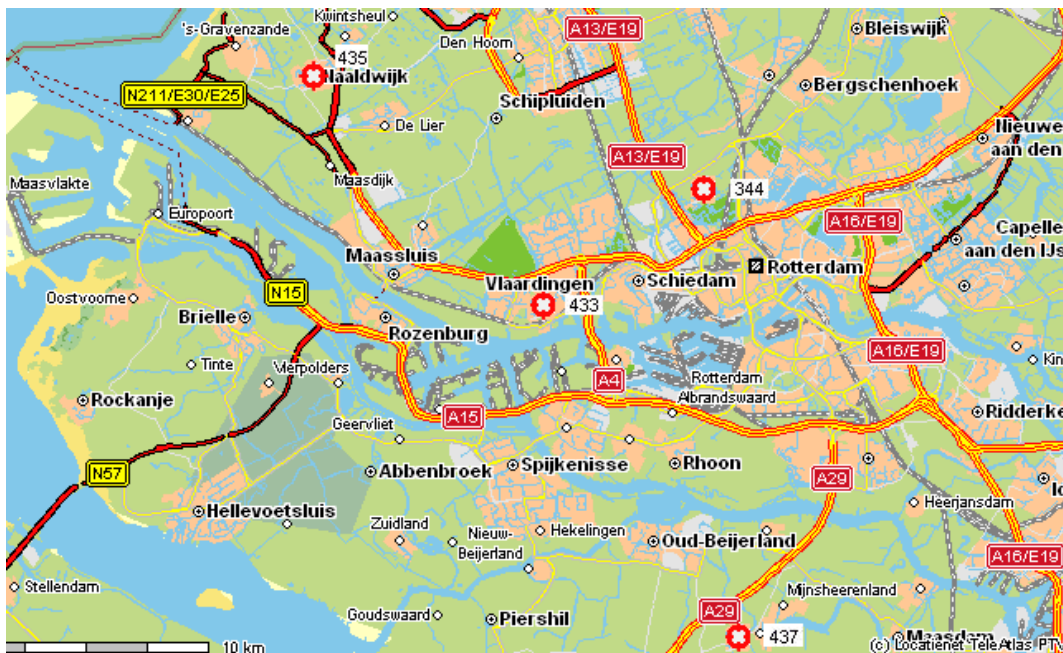
Beschikbaarheid data voor de druk

snr	station name	station_x	station_y	station_z	Begindatum	Einddatum
210	Valkenburg	887.50	4655.30	0.00	1-3-1989	
235	De Kooy	1140.00	5480.00	0.00	1-1-1980	
240	Schiphol	1148.00	4805.00	0.00	1-1-1980	
250	Terschelling	1433.50	5971.25	26.00	1-3-1989	1-3-1994
260	De Bilt-Wilhelminalaan	1415.00	4560.00	0.00	1-1-1980	
268	Houtrib	1583.00	5047.50	0.00	1-1-1980	18-1-1995
269	Lelystad	1644.00	4965.50	0.00	1-7-1995	
270	Leeuwarden	1795.00	5815.10	0.00	1-1-1980	
275	Deelen	1892.30	4525.25	0.00	1-1-1980	
277	Lauwersoog	2087.50	6027.25	0.00	1-3-1994	
279	Hoogeveen	2311.50	5277.50	0.00	1-3-1994	
280	Eelde	2350.00	5725.00	0.00	1-1-1980	
290	Twente	2579.78	4770.76	0.00	1-1-1980	
310	Vlissingen	300.00	3860.00	0.00	1-1-1980	
330	Hoek van Holland	681.00	4456.00	7.00	1-1-1980	1-3-1994
344	Rotterdam	901.25	4410.00	0.00	1-1-1980	
348	Cabauw (Interim)	1234.00	4423.00	0.00	1-3-1997	
350	Gilze-Rijen-Rijksweg	1235.00	3975.00	0.00	1-1-1980	
370	Eindhoven	1614.25	3807.75	0.00	1-1-1980	
375	Volkel	1765.00	4070.00	0.00	1-1-1980	
380	Maastricht	1825.00	3255.00	0.00	1-1-1980	

Bijlage D: Lokale effecten

Kwantificering van de lokale effecten op de temperatuur

In de literatuur is geen methode gevonden om voor eventuele lokale effecten te compenseren. Daarom is geprobeerd om op een andere manier het effect te kwantificeren. In de database met luchtkwaliteitsgegevens van het RIVM is gezocht naar temperatuurreeksen. In het verleden is ook op LML-stations de temperatuur gemeten. Omdat er alleen in de agglomeratie Rotterdam een stedelijk station met een temperatuurreeks is, is er gekozen voor de temperatuurreeksen van de jaren 1987 tot en met 1993 van de stations 433, 435 en 437. Station 433 ligt in Vlaardingen in stedelijk gebied langs een straat met veel begroeiing. Aan de overkant van de straat liggen sportvelden. Station 435 ligt in Naaldwijk in een regionaal gebied tussen de kassen en station 437 in Westmaas in een regionaal gebied in een open veld met veel gewas- en grasland. Daarnaast is over dezelfde periode de KNMI data voor station 344 in Rotterdam op het vliegveld op open terrein opgehaald en naast de LML-reeksen gelegd. In figuur D1 is aangegeven waar de stations ten opzichte van elkaar liggen en in tabel D1 is aangegeven op welke afstand ze van elkaar liggen.



Figuur D1: Locaties van de meetstations met temperatuurmetingen

Tabel D1: Afstand van de stations tot elkaar in kilometers

	344	433	435	437
344	-	9.3	16.7	18.6
433	9.3	-	11.8	16.3
435	16.7	11.8	-	27.9
437	18.6	16.3	27.9	-

Voor deze reeksen zijn net als voor de KNMI-stations onderling de standaarddeviatie en het gemiddelde verschil in temperatuur bepaald. In tabel D2 staan deze getallen weergegeven ten opzichte van station 433 (Vlaardingen). Over periode 1987 tot en met 1993 zijn ongeveer 50.000 gemeenschappelijke meetwaarden

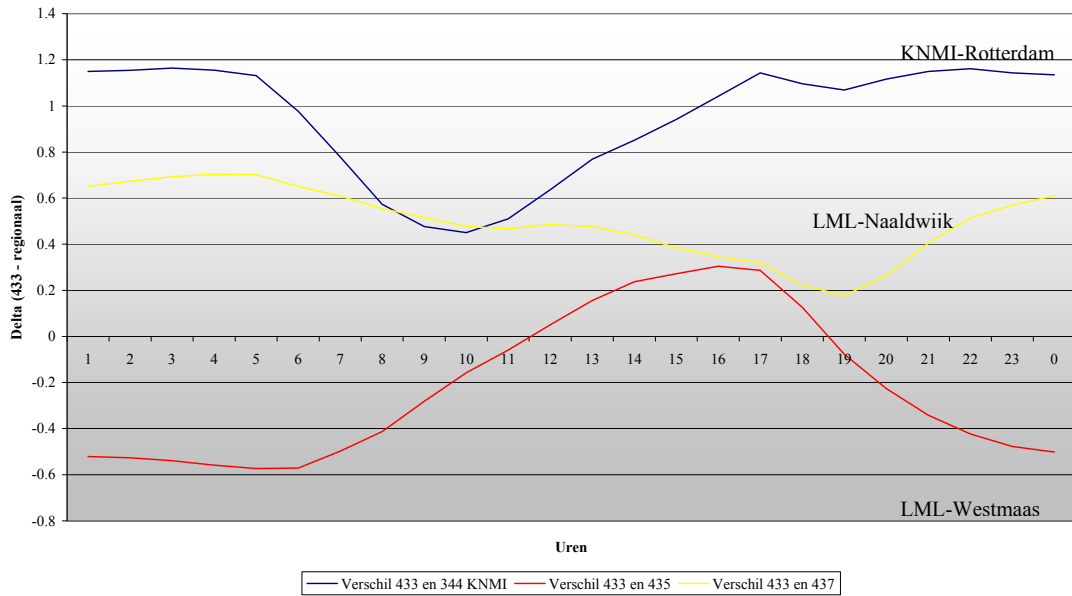
Tabel D2: Vergelijkbaarheid en gemiddeld verschil tussen station 433 en omliggende stations in de periode 1987-1993

KNMI station		Omliggende stations		
Nummer	Naam	Stationsnummer	Standaarddeviatie (°C)	Vershil (°C)
433	Vlaardingen	344	1.43	0.95
433	Vlaardingen	435	0.95	-0.22
433	Vlaardingen	437	1.00	0.50

De standaarddeviatie en het gemiddelde verschil uit tabel D2 is vergeleken met de resultaten van tabel 2 uit hoofdstuk 3. Hierin is de standaarddeviatie en het gemiddelde verschil tussen KNMI-stations bepaald. Het valt op dat de standaarddeviaties in beide tabellen van dezelfde orde grootte zijn. Het gemiddelde verschil in temperatuur tussen de stations is in tabel D2 groter. Om wat meer inzicht te krijgen in het gemiddelde verschil, is bij deze parameter ook het verloop over de dag en over het jaar berekend. In de figuren D2 en D3 staat dit weergegeven.

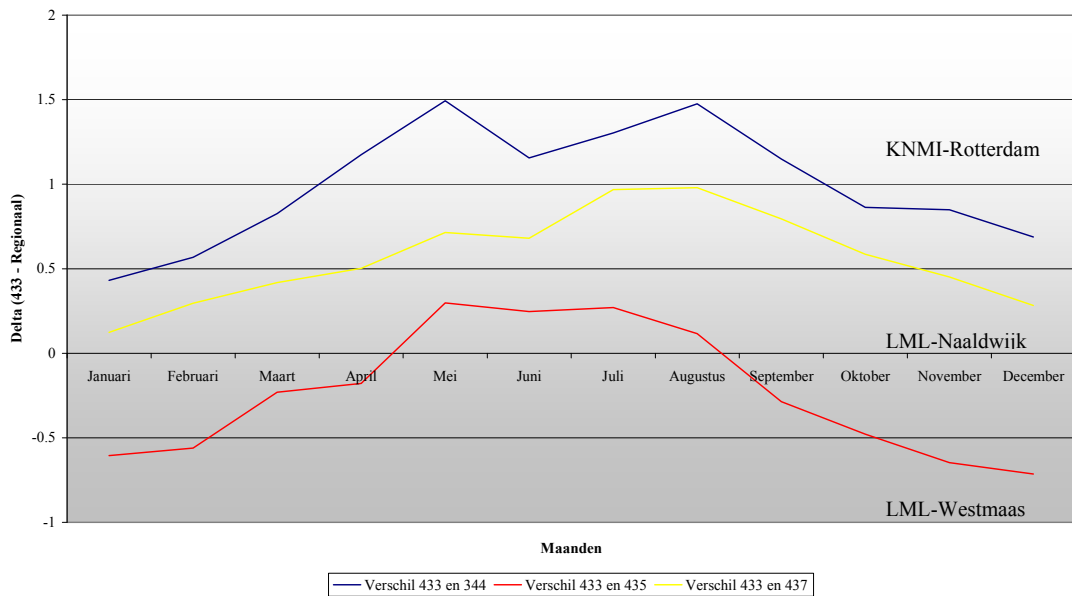
Het jaarverloop van het gemiddelde verschil in de temperatuur volgt voor de regionale stations allemaal eenzelfde patroon. Vooral in de zomermaanden is Vlaardingen warmer dan de omliggende stations. Echter, het hangt van het station af hoe groot dit verschil is. In de wintermaanden is het verschil tussen de stations kleiner. De gemiddelde temperatuur in Naaldwijk is in de wintermaanden zelfs hoger. Het dagverloop in het gemiddelde verschil geeft een minder eenduidig beeld. Tussen Westmaas en Vlaardingen is het gemiddelde verschil in temperatuur min of meer constant over de dag. Bij de andere twee stations is er duidelijk ook over de dag een verloop te zien. De vorm is echter heel anders.

Dagverloop van het gemiddelde verschil in temperatuur tussen station 433 en regionale stations



Figuur D2: Dagverloop in het gemiddelde verschil in temperatuur tussen LML-station 433 en omliggende stations

Jaarverloop van het gemiddelde verschil in temperatuur tussen 433 en regionale stations



Figuur D3: Jaarverloop in het gemiddelde verschil in temperatuur tussen LML-station 433 en omliggende stations

Het verschil in het jaar- en dagverloop tussen Vlaardingen en Naaldwijk lijkt voornamelijk veroorzaakt te worden door de dempende werking van de zeewatertemperatuur. Wellicht dat de teelt in kassen hier ook aan bijdraagt.

Een ander opvallend punt is dat het gemiddelde verschil in temperatuur tussen Vlaardingen en Rotterdam groter is dan tussen Vlaardingen en Westmaas. Dit is niet wat wordt verwacht. Beide stations liggen in redelijk open terrein en de overheersende windrichting in Nederland is uit het zuidwesten. Het warmte-eiland effect zou door zijn ligging eerder merkbaar moeten zijn op het KNMI-station bij Rotterdam dan in Westmaas. Mogelijk zou er nog een systematisch verschil tussen de temperatuursmetingen van het RIVM en het KNMI kunnen zijn. Dat is hier niet meer onderzocht.

Het jaar- en dagverloop van het verschil in de gemiddelde temperatuur laat wel zien dat als er voor lokale effecten moet worden gecorrigeerd, het sterk afhankelijk is vanaf welke plaats er gecorrigeerd wordt.

Effect van lokale temperatuursverschillen op de PM10 concentratie

Maar wat betekent het bovenstaande nu voor het jaargemiddelde en het aantal overschrijdingen per jaar? Om dit uit te zoeken zijn de fijn stof data van station Vlaardingen (433) voor de jaren 1992 en 1993 omgerekend met de vier bovengenoemde temperatuurreksen. De omrekening heeft alleen plaatsgevonden als er in een uur de fijn stof concentratie en voor de 4 stations een temperatuur beschikbaar was. Voor de jaren 1992 en 1993 waren dat in totaal 11500 meetwaarden. Omgerekend naar dagwaarden betekent dit dat er in 1992 228 geldige dagen zijn en in 1993 255 geldige dagen. In 1992 ontbreken de meeste dagen in de winterperiode. In de tabel hieronder staan de resultaten van deze berekeningen

Tabel D3: Berekende jaargemiddelde concentratie en aantal dagen overschrijding in 1992 en 1993 op station 433 Vlaardingen.

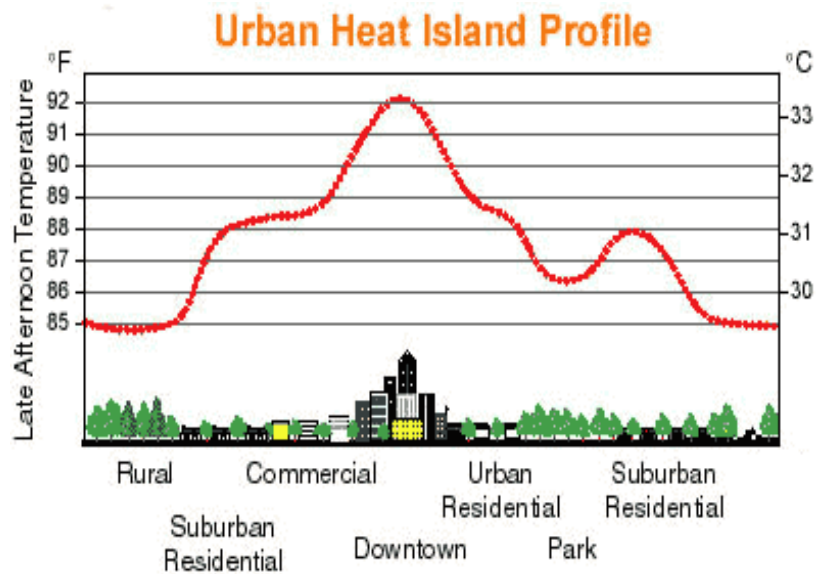
	Jaargemiddelde				Aantal dagen overschrijding			
	1992		1993		1992		1993	
Stations-nummer	ug/m3	Procentueel verschil	ug/m3	Procentueel verschil	Nr	Vershil	Nr	Vershil
433	41.31	0.00%	43.25	0.00%	63	0	71	0
435	41.31	0.00%	43.18	-0.16%	63	0	70	-1
437	41.39	0.19%	43.33	0.18%	64	1	71	0
344	41.46	0.36%	43.38	0.30%	63	0	71	0

De verschillen ten opzichte van station 433 zijn klein. Met een meetonzekerheid van 25% wordt er dus voldaan aan de voorwaarde, dat de fout door de berekeningen verwaarloosbaar is ten opzichte van deze meetonzekerheid. Een correctie voor de effecten is dus niet noodzakelijk. Toch zou er op basis van de grafieken een correctiefactor kunnen worden bepaald en toegepast. Daar zitten echter wel bezwaren aan.

- a. Het is niet duidelijk welke correctie toegepast moet worden. Stel dat een correctie wordt bepaald voor de winter en de zomerperiode. Hoe groot wordt de correctie dan? Er is een

spreiding van ongeveer één graad Celsius. Is een gemiddelde over de drie stations dan een goed idee? Er is al eerder opgemerkt dat er misschien ook nog een systematische afwijking is tussen het KNMI-station en de LML-stations. Het is dus de vraag of er wel een goede beoordeling mogelijk is.

- b. De gesignaleerde verschillen in de gemiddelde temperatuur op station 433 en de omliggende stations hoeven niet representatief te zijn voor de overige stedelijke stations. Uit de literatuur over warmte-eilanden blijkt dat de temperatuur boven een stad behoorlijk grillig kan zijn en er verschillende factoren op de locatie een rol spelen voor de sterkte van het effect (zie ook figuur D4). Als er echt gecompenseerd gaat worden voor een lokaal effect, moet dit eigenlijk per LML-station bekeken worden. Dit kan alleen met onderzoek. Uit de bovenstaande berekeningen voor het jaargemiddelde en het aantal dagen overschrijding van de dagnorm blijkt dat de winst, die te behalen is, minimaal is.



Figuur D4: Temperatuurprofiel boven een stad

De bezwaren betekenen dat er nog veel tijd in de hervalidatie gestoken zal moeten als een zinvolle correctie voor lokale effecten enig nut heeft. De winst op de nauwkeurigheid zal echter klein zijn.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl