



Rapport 680704004/2008

A.M.M. Manders | L. Nguyen | R. Hoogerbrugge

Evaluatie van RIVM-modellen voor de ozon- en fijnstofverwachting

PROZON en PROPART

RIVM Rapport 680704004/2008

Evaluatie van RIVM-modellen voor de ozon- en fijnstofverwachting PROZON en PROPART

A.M.M. Manders
L. Nguyen
R. Hoogerbrugge

Contact:
Astrid Manders
Laboratorium voor Milieumetingen
astrid.manders@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Directoraat-Generaal Milieubeheer, in het kader van project 680704 'Rapportages 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

Evaluatie van RIVM-modellen voor de ozon- en fijnstofverwachting PROZON en PROPART

Het model dat het RIVM gebruikt voor de ozonverwachting (PROZON) blijkt goed bruikbaar. Het model voor de verwachting van de concentratie fijn stof in de buitenlucht (PROPART) is minder nauwkeurig. Dat blijkt uit een vergelijking van de modelverwachtingen over 2005 en 2006 met metingen. Het RIVM stelt dagelijks een verwachting op voor de maximale concentratie ozon en de daggemiddelde concentratie fijn stof in de buitenlucht. Fijn stof en ozon zijn schadelijk voor de gezondheid.

PROZON en PROPART maken gebruik van statistieken van in het verleden gemeten concentraties en weersomstandigheden, gecombineerd met actuele metingen en weersverwachtingen. Ze geven dagwaarden op meetlocaties.

Het verband tussen temperatuur en ozonconcentratie is sterk. Daarom is voor de ozonverwachting de weersverwachting een belangrijke bron van onzekerheid. PROZON overschat de hoogste ozonconcentraties. Als er een trend is in het verband tussen temperatuur en ozonconcentratie kan het model verbeterd worden door opnieuw statistieken te bepalen op basis van alleen meetgegevens van de meest recente vijf jaar.

Voor de fijnstofverwachting is de modelonzekerheid zo groot dat de onzekerheid in de weersverwachting geen noemenswaardige rol speelt in de algemene modelprestaties. Fijn stof wordt soms van ver aangevoerd en de afhankelijkheid van de weersomstandigheden is minder duidelijk dan voor ozon. Wel presteert het model ongeveer even goed als alternatieve modellen gebaseerd op neurale netwerken. Het is daarom niet eenvoudig te verbeteren.

Op dit moment zijn de dagwaarden van PROZON en PROPART vaak beter dan van complexere modellen die bronnen en transport expliciet beschrijven in plaats en tijd. Als actuele grond- en satellietwaarnemingen kunnen worden geïntegreerd in deze complexere modellen worden zij mogelijk beter in de nabije toekomst.

Trefwoorden: ozon, fijn stof, smogverwachting

Abstract

Evaluation of the RIVM forecasting models for ozone and particulate matter PROZON and PROPART

The model that is used by RIVM for the ozone forecast (PROZON) produces useful results. The model that is used for the forecast of the concentration of particulate matter in ambient air (PROPART) is less accurate. These are the conclusions from a comparison of the forecasts over the years 2005 and 2006 with observations. The National Institute for Public Health and the Environment gives a daily forecast for the maximum concentration ozone and the daily average concentration of particulate matter in ambient air. Particulate matter and ozone have adverse health effects.

PROZON and PROPART are based on statistics of observed concentrations and meteorological conditions from the past, combined with actual observations and weather forecasts. They produce day values at monitoring locations.

There is a strong relationship between temperature and ozone concentrations. Therefore, uncertainties in the weather forecast contribute significantly to the uncertainties in the ozone forecast. PROZON overestimates the highest ozone concentrations. If there is a trend in the relationship between temperature and ozone concentration then the model might be improved by an update of the statistics using observations of the past five years only.

For the forecast of particulate matter the model uncertainty is so large that the uncertainties in the weather forecast does not play a substantial role in the general model performance. Particulate matter is sometimes transported from far away and the dependency on meteorological conditions is less clear than for ozone. Still, the model performance is comparable to alternative models based on neural networks. Therefore, it is not easy to improve the model.

At this moment the day values of PROZON and PROPART are often better than those from more complex models which explicitly describe sources and transport in space and time. When actual ground and satellite observations will be integrated in these more complex models they will possibly become better in the near future.

Key words: ozone, particulate matter, smog forecasting

Inhoud

Samenvatting	6
1. Inleiding	7
2. Modelbeschrijving	9
2.1 PROPART	9
2.2 PROZON	9
3. Evaluatie	11
3.1 Indeling van LML-meetstations	11
3.2 Evaluatiemethoden	11
4. Resultaten	13
4.1 PROPART	13
4.2 PROZON	17
4.2.1 Effect van temperatuur en wind	18
5. Discussie	22
5.1 PROPART	22
5.2 PROZON	23
6. Conclusies en aanbevelingen	25
Literatuur	26
Bijlage 1. Indeling LML-stations	27
Bijlage 2. Indeling van stations voor smogverwachting teletekst	29
Bijlage 3. Definities van kentallen	30
Bijlage 4. Kentallen van PROPART per station	31
Bijlage 5. Kentallen van PROZON per station	35

Samenvatting

Het RIVM brengt dagelijks verwachtingen uit voor de daggemiddelde concentratie fijn stof (PM_{10}) en de maximale ozonconcentratie. Deze verwachtingen worden gemaakt met de statistische modellen PROPART en PROZON die een gemeenschappelijke basis hebben. In dit rapport worden de verwachtingen van deze modellen over 2005 en 2006 vergeleken met de metingen van de stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Om het effect van onzekerheden in de weersverwachting te scheiden van onzekerheden in het model zelf zijn verwachtingen gemaakt met zowel de weersverwachting als met de werkelijk opgetreden weersomstandigheden. De verwachtingen zijn achteraf geconstrueerd en voor fijn stof niet identiek aan de operationeel uitgegeven verwachting.

PROPART gaat uit van de huidige daggemiddelde concentratie fijn stof, de weersverwachting voor vandaag en voor morgen. Verschillende meteorologische parameters worden meegenomen. Uit deze evaluatie is gebleken dat het huidige model PROPART niet veel beter is dan de persistentie (skill score lager dan 10). Het model heeft geen structurele bias en er is geen verband gevonden tussen de prestatie van het model en het stationstype. De standaarddeviatie van het verschil tussen prognose en de metingen is vrij groot (ongeveer $10 \mu g/m^3$). Het percentage correct alarm voor overschrijding van de norm van $50 \mu g/m^3$ is lager dan 50%. Onzekerheden in het model zijn belangrijker dan onzekerheden in de weersverwachting. Over het algemeen kan het model snelle veranderingen van de PM_{10} -concentratie niet goed aangeven. Vergeleken met andere modellen, zoals neurale netwerken, presteert PROPART ongeveer gelijkwaardig. De statistische relatie tussen de fijnstofconcentratie en meteorologische variabelen is niet sterk genoeg om een model als PROPART eenvoudig te verbeteren.

PROZON gaat uit van de maximale ozonconcentratie van gisteren, de maximumtemperatuur van gisteren en de verwachte maximumtemperatuur voor vandaag. Daarmee gebruikt het model minder parameters dan PROPART. PROZON doet het dan ook een stuk beter, met een skill score van rond de 40 en een lichte bias. De onzekerheid in de verwachting wordt voor een belangrijk deel bepaald door de onzekerheid in de temperatuurverwachting. De bias wordt vooral veroorzaakt door enkele flinke overschattingen bij hoge temperaturen. Er waren verschillen tussen de prestaties voor 2005 en 2006. In 2006 kwamen enkele periodes voor met zeer hoge temperaturen en hoge ozonconcentraties, hetgeen resulteerde in iets slechtere prestaties. Mogelijk valt het model op dit niveau te verbeteren door opnieuw statistiekparameters te bepalen voor de afgelopen jaren. Het gebruiken van alleen de maximumtemperaturen geeft een redelijk resultaat maar begin en einde van een smogperiode worden niet altijd goed genoeg gemodelleerd met PROZON.

In de toekomst kan een chemie-transportmodel zoals LOTOS-EUROS mogelijkheden bieden voor verbetering. Hierbij kunnen weersontwikkelingen gedetailleerder meegenomen worden. Het assimileren van waarnemingen in het model is noodzakelijk om het model zonodig bij te sturen. Voor ozon wordt hier op dit moment aan gewerkt in het kader van het SmogProg-project. Voor fijn stof zijn de bijdragen van verschillende bronnen nog niet goed genoeg bekend. Op dit moment zijn dagwaarden en dagmaxima die met LOTOS-EUROS bepaald worden nog minder goed dan die van PROPART en PROZON.

1. Inleiding

Fijn stof (PM_{10}) en ozon zijn schadelijk voor de gezondheid. Daarom zijn Europese normen voor concentraties in de buitenlucht opgesteld. In Nederland vallen deze stoffen onder de smogregeling. Naast het meten en publiceren van de actuele concentraties geeft het RIVM ook een smogverwachting uit. Hiervoor gebruikt het RIVM de modellen PROPART en PROZON. Er zijn geen wettelijke eisen wat betreft nauwkeurigheid waar verwachtingsmodellen aan moeten voldoen.

PROPART geeft een verwachting van de daggemiddelde PM_{10} -concentratie voor de volgende dag. PROZON geeft een verwachting van de maximale ozonconcentratie op een dag. Beide modellen zijn statistische modellen die uitgaan van de huidige concentraties, gemeten op meetpunten van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM, en weersomstandigheden en de weersverwachting voor de volgende dag zoals uitgegeven door het KNMI. De modellen zijn ontwikkeld op het RIVM en vanaf 1998 (PROPART) respectievelijk 1993 (PROZON) in de huidige vorm gebruikt (Noordijk, 2003). In dit onderzoek wordt de prestatie van deze modellen geëvalueerd en worden aanbevelingen gedaan voor het verbeteren van de smogverwachting.

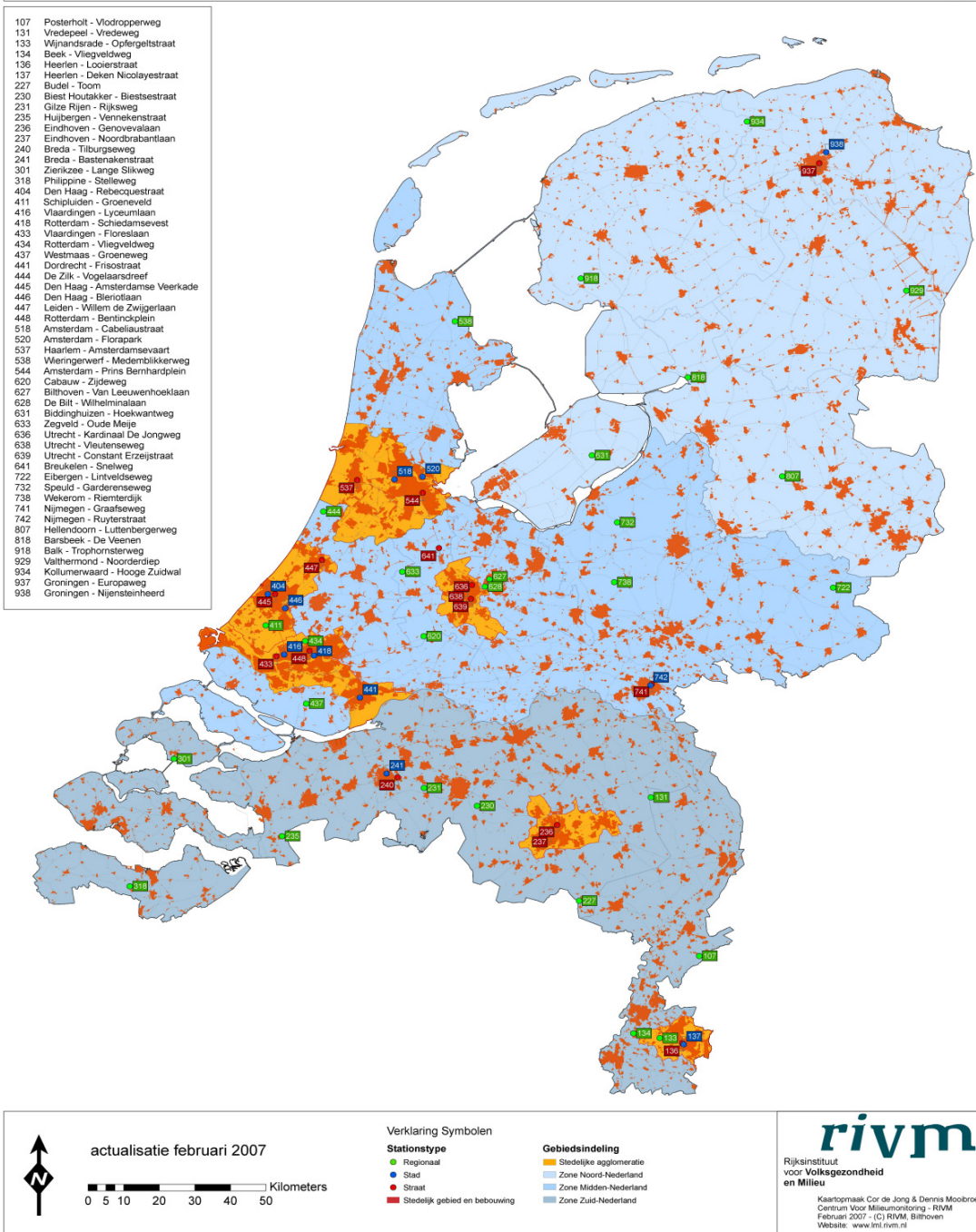
De modellen geven per meetstation een verwachting. Maar in de smogverwachting die het RIVM via teletekst publiceert wordt een gebiedsverwachting gegeven. Hiervoor is Nederland ingedeeld in drie deelgebieden (noord, midden en zuid, Figuur 1). Per deelgebied wordt de maximale verwachting gegeven van de stations die in dit gebied liggen. Deze verwachting komt ook aan de orde. Voordat een verwachting wordt gepubliceerd wordt deze altijd beoordeeld door een medewerker van het RIVM smogteam. Dit leidt incidenteel tot een handmatige aanpassing van de verwachting. Deze aanpassingen worden niet meegenomen in deze modelevaluatie.

In dit rapport worden de verwachtingen over 2005 en 2006 vergeleken met de meetdata van de LML-meetstations van het RIVM. Verwachtingen zijn gemaakt zowel met de werkelijke weersomstandigheden als met de weersverwachting om de onzekerheid ten gevolge van onzekerheden in de weersverwachting te scheiden van onzekerheden uit het statistische model. De resultaten voor fijn stof zijn niet identiek aan de werkelijk uitgebrachte smogverwachting, omdat in de herberekening bepaalde gegevens op andere momenten beschikbaar zijn, wat het resultaat beïnvloedt. Voor ozon zijn de verwachtingen gelijk aan de operationele verwachting die 's ochtends bepaald wordt voor de maximumconcentratie 's middags.

De jaren 2005 en 2006 waren twee verschillende jaren wat betreft meteorologische omstandigheden. De zomer van 2006 was zeer warm. Voor ozon is er een duidelijk verschil tussen de twee jaren, met enkele periodes met hoge concentraties in 2006. In de fijnstofconcentratie is echter weinig verschil te zien tussen de twee jaren. Hoge concentraties kwamen in het vroege voorjaar en in het najaar voor.

In dit rapport zal eerst een schets gegeven worden van de kenmerken van beide modellen. Vervolgens worden de indeling van de LML-meetstations en de evaluatiemethoden besproken. Twee evaluatiemethoden worden in dit onderzoek gebruikt: een visuele vergelijking en een methode gebaseerd op statistische kentallen. Na het bespreken van de resultaten volgen een korte discussie en de conclusies met aanbevelingen.

Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit OVERZICHT MEETSTATIONS 2006



Figuur 1 Overzicht van alle LML- meetstations (groen : regionale stations, blauw : stadsstations, rood : straatstations. Zones zijn aangegeven in blauwtinten, agglomeraties in oranje.

2. Modelbeschrijving

PROPART en PROZON zijn statistische modellen, gebaseerd op het idee dat de verwachting voor morgen kan worden gegeven uit de concentratie van vandaag, de huidige weersomstandigheden en de weersomstandigheden van morgen. Het model werkt als volgt: voor een groot aantal meetdagen zijn concentratie en de weersgegevens opgedeeld in klassen. Voor iedere combinatie van klassen is uit de metingen van de opeenvolgende meetdagen een vermenigvuldigingsfactor bepaald. Om een verwachting te maken wordt bepaald in welke klassen de huidige omstandigheden vallen, op basis hiervan wordt een vermenigvuldigingsfactor gekozen door het model. Het opbouwen van een dataset met klasse-indeling en de bijbehorende vermenigvuldigingsfactoren is een rekenintensieve stap die maar één keer gemaakt hoeft te worden. De toepassing van het model op nieuwe metingen is vervolgens snel. Meer details over het model zijn te vinden in Noordijk (2003).

2.1 PROPART

Fijn stof kan gedurende het hele jaar tot smog leiden. Normen zijn opgesteld voor de daggemiddelde waarden omdat metingen vaak een grillig verloop kennen. PROPART is een statistisch model dat tot doel heeft om een verwachting van de daggemiddelde concentratie PM_{10} op te stellen voor de dag volgend op de dag waarvan de meest recente metingen beschikbaar zijn. Naast de concentratie van PM_{10} voor vandaag zijn diverse meteorologische factoren (regenval, windrichting, windsnelheid, minimum- en maximumtemperatuur) van belang. Bij regen of veel wind zijn de fijnstofconcentraties meestal laag, bij koude en weinig wind juist hoog. Het precieze verband is complex en de aanvoer van lucht met veel fijn stof kan niet expliciet worden meegenomen. Het model maakt verder onderscheid tussen de stationstypen regio, stadsstation of drukke straat. De hoogste concentraties komen in de regel bij drukke straten voor. Daarnaast worden de gemeten daggemiddelde concentraties onderverdeeld in drie klassen: $0-30 \mu g/m^3$, $30-60 \mu g/m^3$ en groter dan $60 \mu g/m^3$.

De evaluatie is geen zuivere reconstructie van de operationele praktijk. Er wordt dagelijks in de ochtend een verwachting gemaakt voor de volgende dag, gebaseerd op het gemiddelde van de tot dan beschikbare metingen van vandaag en de weersverwachting voor vandaag en morgen. In de reconstructie van de dataset achteraf zijn wel de volledige 24-uursgemiddelde concentraties van vandaag beschikbaar. Omdat de 24-uursgemiddelde concentratie PM_{10} slechts langzaam verandert worden over het algemeen geen grote discrepanties verwacht, maar bij bijzondere concentratiepieken kan dit wel invloed hebben.

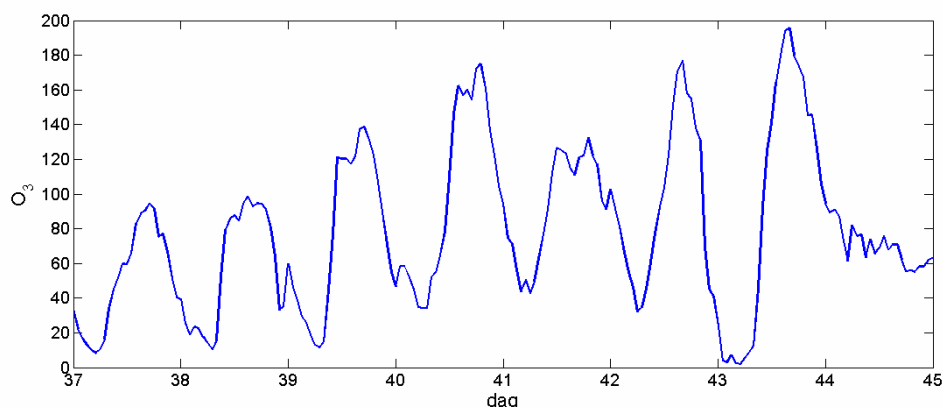
2.2 PROZON

Ozon wordt gevormd uit stikstofdioxide en vluchtige organische stoffen onder invloed van zonlicht. Alleen in de zomermaanden (april tot en met september) is de zon zo krachtig dat normen kunnen worden overschreden. De hoogste concentraties worden in de namiddag bereikt. Figuur 2 geeft een typisch dagverloop tijdens een periode met relatief hoge concentraties. Dergelijke hoge concentraties worden alleen bereikt met warm zomerweer. Voor mensen met luchtwegklachten is het belangrijk om tijdens deze piekuren in de namiddag en vroege avond inspanning in de buitenlucht te vermijden. Bij

hoge concentraties geldt dit gedragsadvies algemeen. PROZON geeft alleen dagmaxima, maar vanwege het karakteristieke verloop over de dag geeft dit een goede indicatie.

De enige meteorologische parameter die in PROZON wordt meegenomen is de temperatuur. Deze bevat indirect de meest relevante informatie, meenemen van extra weerparameters bleek geen verbetering op te leveren. In de statistiek worden verder het stationtype (regionaal station, stadsstation of straatstation), een parameter voor de maand en de actuele ozonconcentratie meegenomen. Voor ozon zijn de concentraties meestal het laagst op straatstations.

PROZON levert in de operationele praktijk tweemaal daags een verwachting. 's Ochtends wordt een verwachting voor dezelfde middag gegeven gebaseerd op de gemeten concentraties van gisteren, de werkelijk opgetreden temperatuur van gisteren en de verwachte temperatuur voor de vandaag. De evaluatie sluit aan bij deze praktijk. In de middag wordt ook nog een verwachting voor de volgende dag bepaald. Deze is echter onzekerder, omdat op het moment waarop de verwachting gemaakt wordt het werkelijke ozonmaximum vaak nog niet bereikt is en er gewerkt moet worden met een weersverwachting voor vandaag en een weersverwachting voor morgen. Deze verwachting komt hier niet verder aan bod.



Figuur 2 Per uur gemeten concentratie ozon op station Cabauw (620) voor de piekperiode in juni 2006 (dag 1=1mei).

3. Evaluatie

3.1 Indeling van LML-meetstations

Voor het meten van luchtkwaliteit zijn Europese voorschriften van kracht. Hiervoor is Nederland ingedeeld in representatieve gebieden. De indeling van Nederland in agglomeraties en regio's is tot stand gekomen aan de hand van inwoneraantallen en bestuurlijke grenzen (zie Meetregeling luchtkwaliteit 2005). In de agglomeraties en regio's kunnen zowel regionale stations, stadsstations als straatstations voorkomen. In Figuur 1 en Bijlage 1 staan alle LML-meetstations die betrokken zijn bij deze evaluatie en hun indeling. Op enkele stations wordt alleen ozon of alleen fijn stof gemeten.

Voor het uitbrengen van de smogverwachting door het RIVM worden eerst met PROZON en PROPART verwachtingen voor alle individuele stations gemaakt. Deze verwachtingen worden weergegeven op internet (www.lml.rivm.nl). Voor weergave op teletekst wordt vervolgens de output bewerkt. Hierbij worden de agglomeraties ingedeeld bij de regio's waar ze in liggen. Hieruit worden de drie hoogste waarden voor de drie regio's gehaald die naar de teletekst gaan, ongeacht of het een straatstation of een regiostation betreft (zie Bijlage 2). Omdat voor fijn stof de hoogste waarden vaak op straatstations gemeten worden kan de waarde voor het gebied daarom bepaald worden door de straatstations. Straatstations zijn echter slechts representatief voor een klein gebied. Anderzijds kan het voor blootstelling van de bevolking wel zinvol zijn om juist deze maxima te publiceren. Dit is een keuze waar in dit rapport verder geen rekening mee wordt gehouden. Voor ozon zal een straatstation niet het maximum voor het gebied bepalen.

Voor de evaluatie van PROPART en PROZON is het juist wel interessant om te onderzoeken of de prestatie van het model afhankelijk is van het stationstype. De hoogste concentraties fijn stof worden op straatstations gemeten, terwijl de hoogste ozonconcentraties juist in de regio en in voorsteden voorkomen. De stations worden daarom eerst afzonderlijk bekeken. Vervolgens worden ze in regio's, zoals ze gebruikt worden voor de teletekstverwachting, ingedeeld en geëvalueerd.

3.2 Evaluatiemethoden

De modellen worden zowel visueel als door middel van kentallen geëvalueerd. Bij de visuele vergelijkingen wordt de prognose tegen de meting in een grafiek uitgezet. Bij deze vergelijkingen worden alle stations van iedere categorie (regionaal, stad, straat) samengenomen. Voor een objectieve maat worden kentallen gebruikt. De gebruikte kentallen zijn:

- bias B
- skill score S
- standaarddeviatie van het verschil tussen gemeten en verwachte waarde
- percentage correct voorspeld (Juist Alarm)

De definities van deze kentallen staan in Bijlage 3. De bias geeft aan in hoeverre een model een systematische afwijking ten opzichte van de metingen vertoont. Een bias van -10 betekent dat het model gemiddeld 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lager voorspelt dan gemeten wordt.

De skill score vergelijkt de variantie tussen modeluitspraak en meting met de variantie tussen de metingen op t2 en t1. In feite wordt het model vergeleken met een heel eenvoudig prognosemodel, persistentie (morgen is de situatie gelijk aan die van vandaag). Een negatieve score geeft aan dat het model slechter scoort dan persistentie. Een skill score van 50 geeft aan dat de variantie tussen meting en prognose gehalveerd is ten opzichte van persistentie.

Voor het percentage correct voorspeld is voor PM_{10} gekeken naar het percentage correct voorspelde overschrijdingen van de norm ($>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en het percentage correct voorspeld binnen het interval $40\text{-}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit interval is gekozen omdat indien het model voor het nemen van beleidsmaatregelen gebruikt zou worden, een goede voorspelling van de concentratie net onder de norm cruciaal is. Voor ozon is voor het percentage correct voorspeld gekeken naar het interval $180\text{-}240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (het wettelijk vastgelegde niveau waarop het publiek geïnformeerd moet worden) en naar concentraties hoger dan $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alarmdrempel). Deze normen zijn vastgelegd in de Smogregeling (2001).

4. Resultaten

4.1 PROPART

Voor de evaluatie van het model PROPART worden de data van 2005 en 2006 gebruikt. Er zijn twee prognoses geëvalueerd: één gemaakt met werkelijke meteorologische gegevens en een met verwachte meteorologische gegevens. Het aantal datapunten per station varieert tussen 220 en 365 (met uitzondering van het stadsstation 446 in Den Haag. Dit is een nieuw station en had daarom in 2005 maar 17 datapunten. Dit station wordt buiten beschouwing gelaten).

Als voorbeelden worden in figuren 3-5 de prognoses voor de drie regio's (volgens de indeling gebruikt voor teletekst) tegen de metingen uitgezet. In Tabel 1 staan de kentallen per categorie voor 2006. Een overzicht van de kentallen van individuele stations, berekend over 2005 en 2006, staat in Bijlage 4.

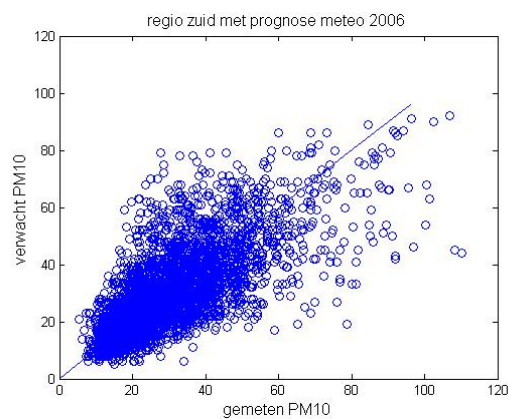
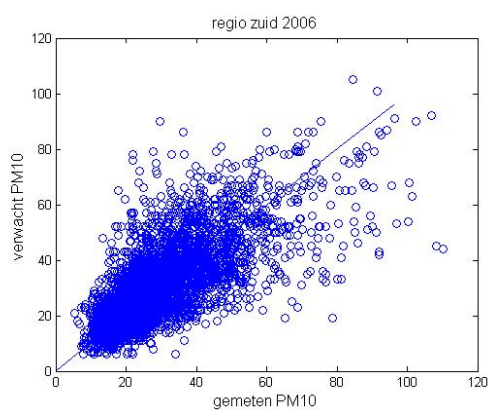
Figuren 3-5 laten grote discrepanties tussen de prognose en de metingen zien. Het model geeft geen systematische fout; zowel overschatting als onderschatting komen voor. Dit resulteert in een aanzienlijke standaarddeviatie hoewel de bias relatief klein is (kleiner dan 10% van de meetwaarden).

Zowel de figuren als de berekende kentallen laten bovendien zien dat de prestatie van het model niet afhankelijk is van het stationstype. Het percentage correct voorspelde overschrijdingen is voor de meeste stations lager dan 50%. Voor de metingen binnen de range 40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is het percentage correct voorspeld eveneens laag. Het gebruik van werkelijke weersomstandigheden in plaats van de weersverwachting heeft niet geresulteerd in verbetering van de prognose. Als alle stations per categorie samengenomen worden heeft het model een skill score lager dan 10. Het model is daarom nagenoeg even nauwkeurig als de persistentie (morgen is de situatie gelijk aan vandaag). Er is er geen verband gevonden tussen de skill score van een station en het stationstype. De skill scores van individuele stations variëren sterk (tussen -30 tot 30) zowel onderling als tussen de jaren, behalve voor station 133 en 137 die in alle gevallen de slechtste skill scores hebben.

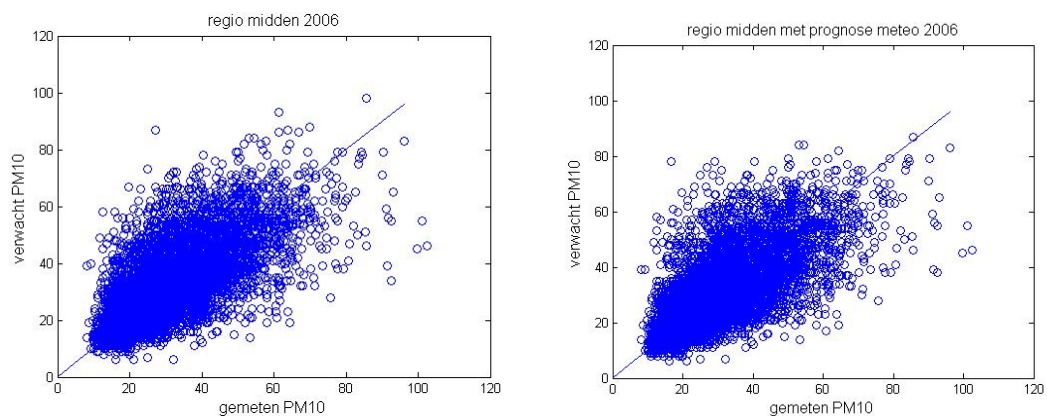
In figuren 6 en 7 worden de meetdata, prognoses met gemeten weersomstandigheden en prognoses met de weersverwachting geplot voor stations 433 en 133 (station met hoogste respectievelijk laagste skill score) over januari en februari 2006. Dit is een periode waarin hoge PM_{10} -concentraties zijn gemeten. In beide figuren is duidelijk te zien dat de daggemiddelde concentratie per dag sterk kan verschillen en dat het model deze snelle verandering van PM_{10} niet goed kan voorzien.

Tabel 1 Statistieken van PROPART over 2005 en 2006 per zone.

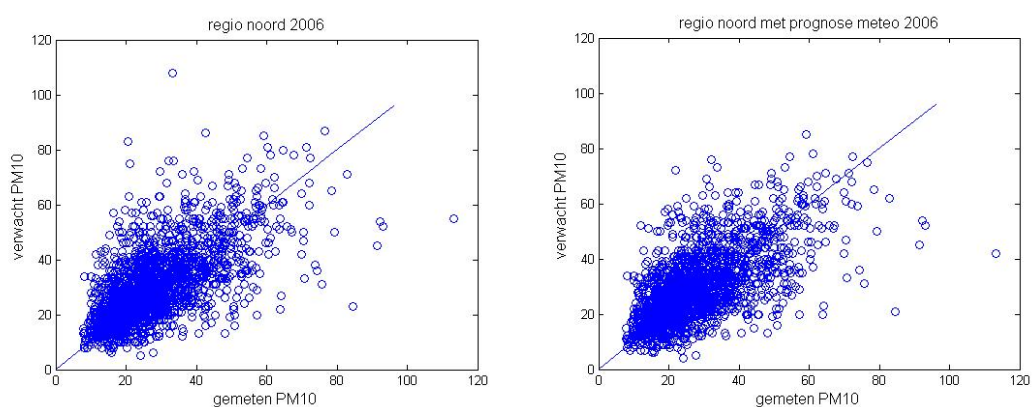
	Standaard- deviatie	Bias	Skill score	% correct voorspeld ($>50\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% correct range 40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2005, gemeten meteo					
zuid	11,63	-0,13	2,6	35,4	23,5
midden	10,51	-0,01	9,7	44,5	28,0
noord	10,79	0,31	11,9	48,5	27,7
met prognose meteo					
zuid	11,27	-1,10	8,0	43,7	25,7
midden	10,32	-0,97	13,2	51,4	29,1
noord	10,58	-0,42	15,2	51,1	25,6
2006					
met gemeten meteo					
zuid	11,10	0,95	1,4	44,7	28,0
midden	10,51	1,29	6,3	44,0	25,3
noord	11,07	2,10	-0,4	43,3	21,3
met prognose meteo					
zuid	11,02	0,02	2,6	45,1	29,6
midden	10,50	0,26	6,1	43,8	25,7
noord	10,67	1,17	6,8	41,7	22,1



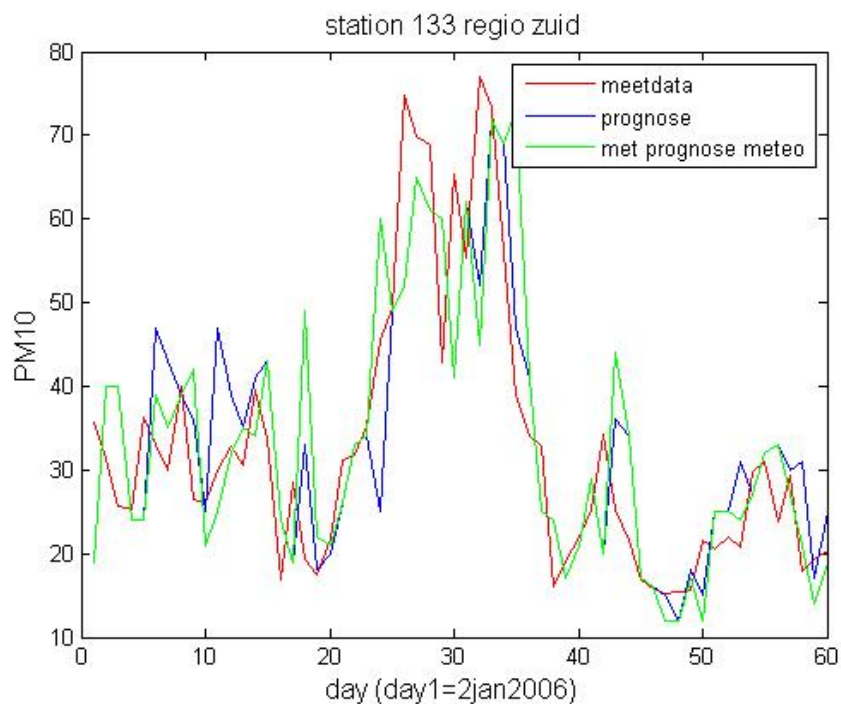
Figuur 3a en 3b Regio zuid, gemeten en verwachte PM₁₀ voor 2006. Links: prognose met werkelijke weersomstandigheden, rechts: met weersverwachting.



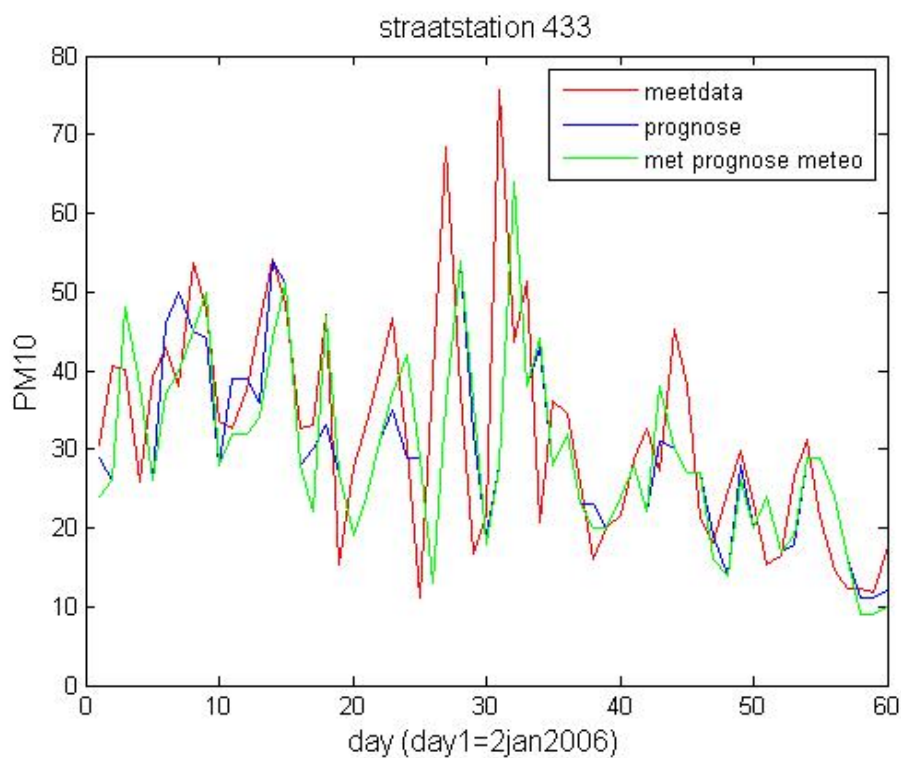
Figuur 4a en 4b Regio midden, gemeten en verwacht PM₁₀ voor 2006. Links: prognose met werkelijke weersomstandigheden, rechts: met weersverwachting.



Figuur 5a en 5b Regio noord, gemeten verwacht PM₁₀ voor 2006. Links: prognose met werkelijke weersomstandigheden, rechts: met weersverwachting.



Figuur 6 Meetdata, prognose met werkelijke (blauw) en met verwachte weersomstandigheden (groen) voor station 133 gedurende een periode met hoge PM₁₀-concentratie.



Figuur 7 Meetdata, prognose met werkelijke (blauw) en met verwachte weersomstandigheden (groen) voor station 433 gedurende een periode met hoge PM₁₀-concentratie.

4.2 PROZON

In Tabel 2 staan de kentallen voor zomer 2005 en 2006 met de verwachte temperatuur en met de werkelijk gemeten temperatuur voor de dag waarop de voorspelling geldig is. Hierbij zijn de meetstations samengenomen zoals in de operationele verwachting per regio gebruikelijk is. In Bijlage 5 staan de kentallen per station.

In de tabel valt op dat de standaarddeviatie kleiner is met de werkelijk opgetreden temperatuur. De skill score is ook een stuk groter. Dit geeft aan dat een deel van de onzekerheid in de operationele ozonverwachting voortkomt uit een onzekerheid in de weersverwachting en niet verbeterd kan worden door een verbetering van het model PROZON. Voor de verwachting per zone met werkelijk opgetreden temperatuur is er een kleine negatieve bias (structurele onderschatting) terwijl er met de verwachte temperatuur juist een kleine positieve bias is. Voor de verwachting per station is er een meestal positieve bias voor de gemeten temperatuur en een wat grotere, structureel positieve bias voor de verwachte temperatuur. Deze positieve bias hangt vermoedelijk samen met het overschatten van enkele concentratiepieken voor bepaalde stations. Voor matige concentraties is het verschil klein. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 8. In figuren 9 en 10 zijn de resultaten voor de regionale stations in zone midden weergegeven. Het verschil tussen beide jaren is duidelijk: in 2006 worden meer hoge ozonconcentraties bereikt dan in 2005. In beide gevallen wordt de verwachting beter als de werkelijk opgetreden temperatuur gebruikt wordt.

Er is geen eenduidig verband tussen skill score en bias te vinden. De skill score voor de verwachting per regio is duidelijk minder slecht dan de skill score voor de individuele stations. Voor de regio noord worden relatief weinig meetstations betrokken in de regioverwachting, voor regio midden juist veel. De skill score per station voor 2006 met verwachte temperatuur is opvallend slecht. In dit geval blijkt dat het optreden van ozonpieken wel redelijk wordt geschat, maar dat de piek vaak overschat wordt. De persistentie-verwachting geeft minder grote overschattingen wat zorgt voor een beperkte skill score.

De verwachtingen voor enkele stations hebben een structureel slechte skill score. Dit zijn 133, 929 en 934. In 2005 doet 538 het slecht maar in 2006 ongeveer gemiddeld. Stations 538 en 929 zijn mogelijk beïnvloed door de nabijheid van IJsselmeer en Waddenzee. Station 133 is een voorstadstation en is misschien beter als stadsstation aan te merken dan als regionaal station. Een andere mogelijke verklaring is dat deze stations ver van De Bilt afliggen, de temperatuurverwachting die gebruikt wordt is gebaseerd op De Bilt maar wordt voor heel Nederland gebruikt. De verdeling in regio's in PROZON kan hier niet helemaal voor compenseren.

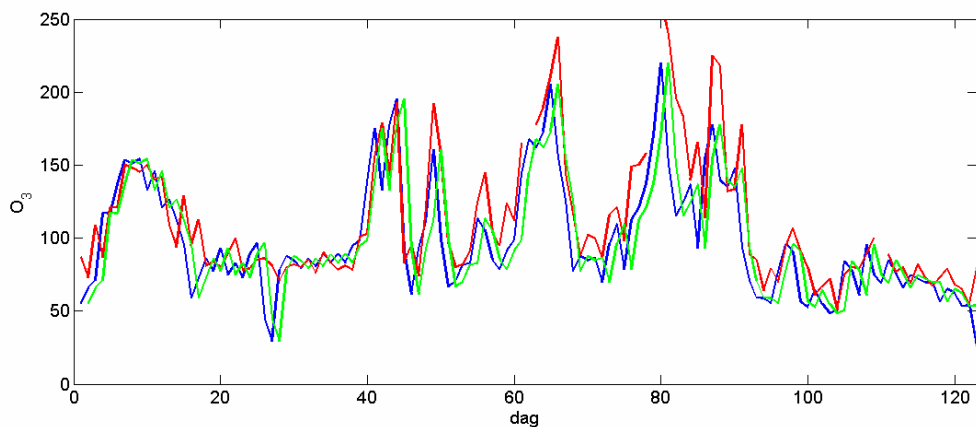
Voor stads- en straatstations is de verwachting over het algemeen iets minder goed dan voor regionale stations. De hoogste ozonwaarden worden bereikt op regionale stations en voorstadstations. Voor stadsstations is de spreiding (standaarddeviatie) wat groter dan voor de regionale en straatstations. Op straatstations zijn de ozonconcentraties over het algemeen het laagst, doordat ozon lokaal wordt afgebroken door het door verkeer uitgestoten stikstofoxide (titratie-effect).

4.2.1 Effect van temperatuur en wind

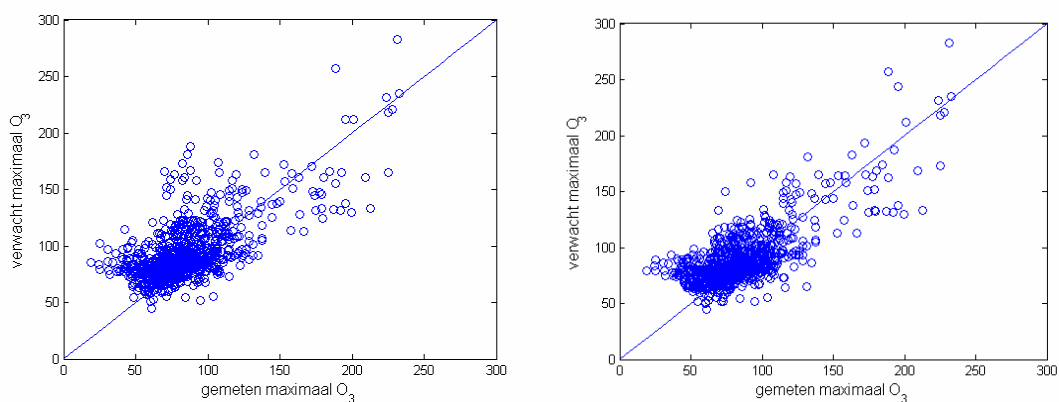
Aan de hand van één station (Cabauw) werd het effect van temperatuur en wind op de ozonconcentratie nader bekeken (figuren 11-12). Over het algemeen kwamen de gemeten en voorspelde ozonconcentratie redelijk met elkaar overeen. Een belangrijke discrepantie is te zien rond dag 40-45 (10-15 juni) wanneer de concentratie ozon flink stijgt. Het verloop van metingen en prognoses is net uit fase. De manier waarop PROZON werkt, namelijk zonder geheugen met een dagelijks uitgaan van een gemeten ozonmaximum, voorkomt dat observaties en prognoses structureel ver uit elkaar gaan lopen. Juist de stijging en daling worden slecht ingeschat. De piekperiode valt samen met een gestaag toenemende temperatuur die dan boven de 20 °C uitkomt. In deze periode is de concentratie ozon steeds hoog ($>140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) maar heeft ook een subminimum. De concentratie daalt weer duidelijk als de temperatuur daalt. De stijging en daling van de waargenomen ozonconcentratie lopen in deze episode niet parallel met de temperatuursverandering, die van de ozonverwachting wel. Hierin wijkt het model dus af van de werkelijke ontwikkeling. Voor de tweede (korte) piekperiode (dag 48-51, 18-21 juni) zijn de prognoses niet perfect maar lopen ze niet uit fase met de werkelijke waarden. De voorspelling is duidelijk vooral bepaald op basis van de temperatuursverandering en de concentratie, voor de werkelijke ontwikkeling kunnen andere factoren meespelen.

Tabel 2 Statistieken van PROZON over 2005 en 2006 voor de verwachting per regio.

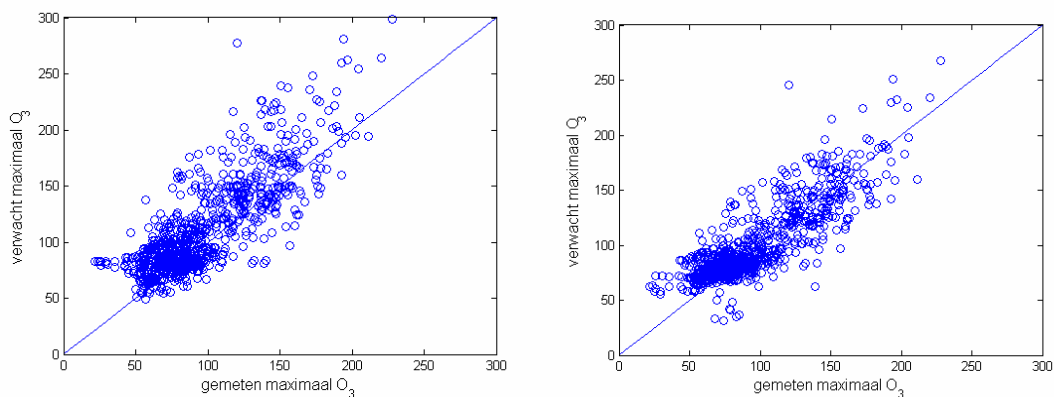
	#dagmax	gemid	gemid	stdev	bias	skill	180<x<240			x>240		
	metingen	meting	progn				#prog	#meti	%JA	#prog	#meti	%JA
Tgem 2006												
zuid	123	124,24	117,80	25,15	-6,44	33,84	12	18	67	3	2	33
midden	123	113,43	111,02	18,97	-2,42	41,61	9	6	33	1	0	0
noord	123	107,57	106,77	17,56	-0,97	42,28	2	6	100	1	0	0
Tverw 2006												
zuid	123	124,24	129,34	27,44	5,10	21,10	13	18	69	7	2	14
midden	123	113,43	123,92	25,85	9,86	-9,50	15	6	33	8	0	0
noord	123	107,54	117,69	23,03	10,12	0,61	10	6	40	3	0	0
Tgem 2005												
zuid	121	104,21	102,52	20,97	-1,69	46,95	3	6	67	2	1	50
midden	122	100,90	99,71	22,83	-1,18	42,81	1	5	0	2	0	0
noord	122	94,75	95,49	18,38	0,74	53,25	2	2	50	0	0	
Tverw 2005												
zuid	122	104,76	107,02	24,00	2,25	33,76	5	6	40	1	1	100
midden	122	100,90	105,04	25,42	4,14	27,80	4	5	25	1	0	0
noord	122	94,75	100,23	20,23	5,38	44,20	2	2	50	0	0	



Figuur 8 Ozonconcentratie voor station Cabauw (620). Rood: PROZON met verwachte temperatuur, blauw: meting, groen: persistentie. Dag 1 is 1 mei 2006.



Figuur 9 Ozonverwachting met regionale stations in regio midden, 2005. Links met verwachte temperatuur, rechts met werkelijke temperatuur.

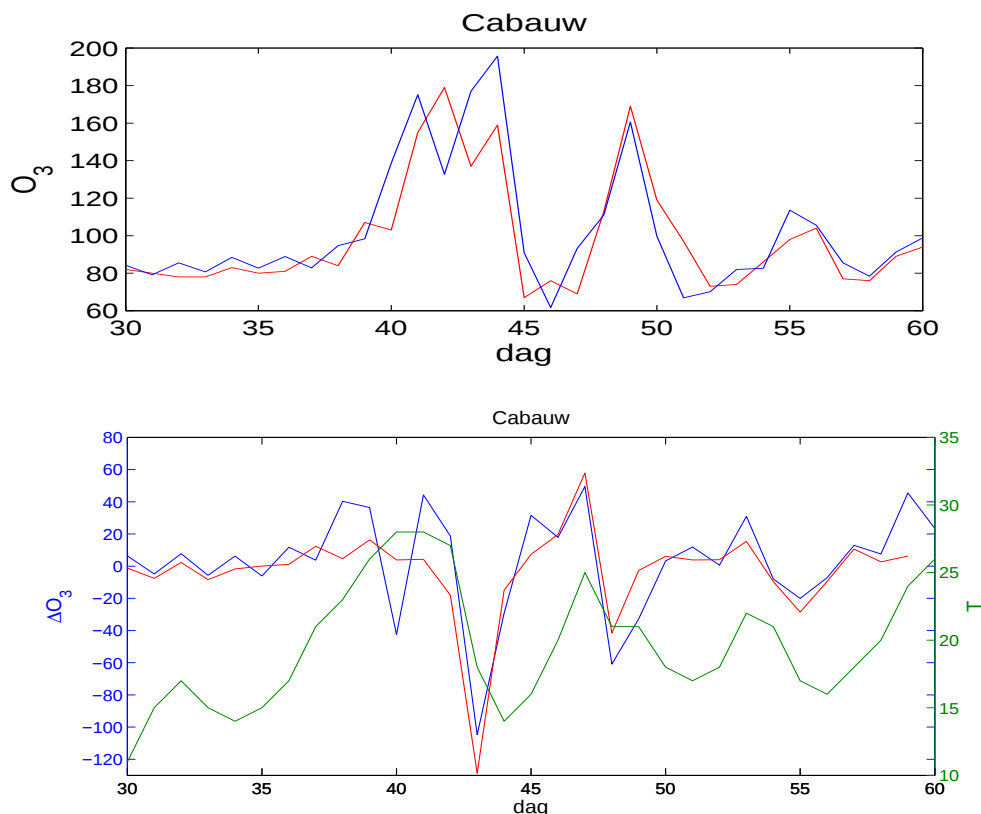


Figuur 10 Ozonverwachting met regionale stations in regio midden, 2006. Links met verwachte temperatuur, rechts met werkelijke temperatuur.

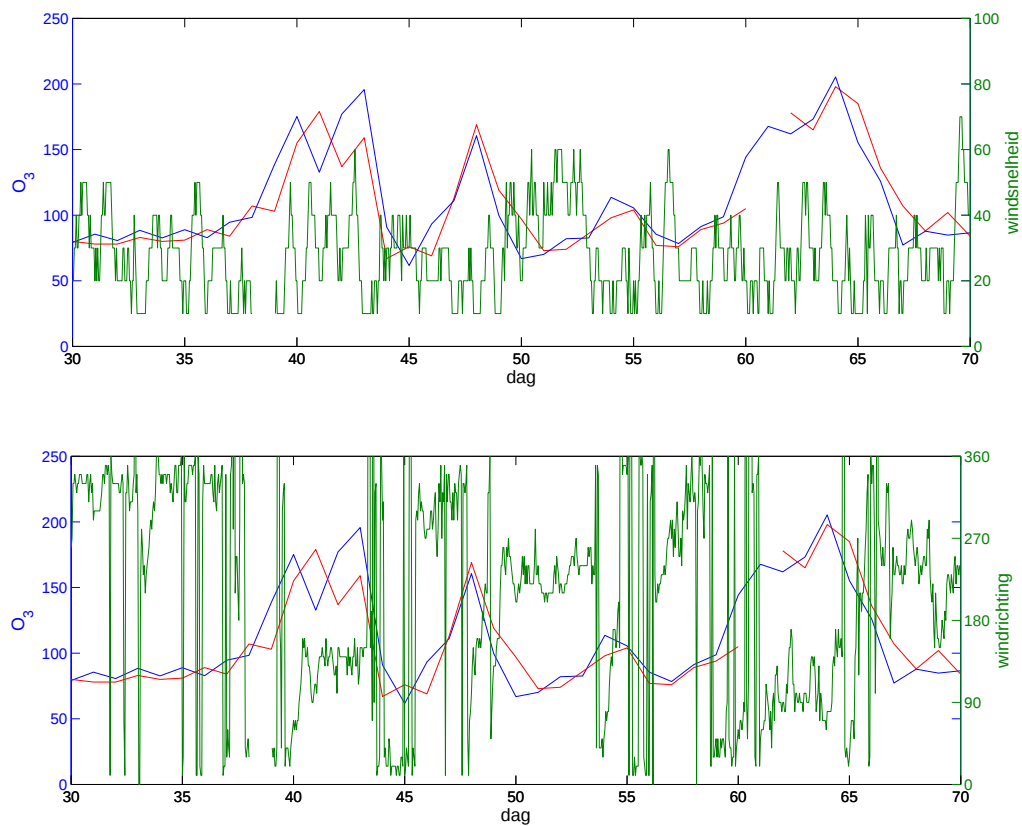
Een factor die niet meegenomen is in het model is de aanvoer van lucht. Om het effect van deze factor te bekijken zijn de ozonconcentraties in Cabauw geplote samen met de windsnelheid en windrichting in De Bilt. Voor de eerste smogperiode (dag 40-45) is er een duidelijke verandering in de windrichting rond het einde van deze periode, van 150° (zuidoost) naar 0° (noord). De windsnelheid zelf verandert niet wezenlijk, maar de dagelijkse cyclus verdwijnt wel. De aangevoerde lucht komt nu niet meer van het continent maar van zee, wat de aanvoer van relatief koele en schone lucht impliceert.

In de tweede smogperiode (dag 48-51) is de windsnelheid steeds laag. Aan het einde van deze periode neemt de windsnelheid toe en de windrichting verandert van noordwestelijk naar zuidwestelijk. Bij lage windsnelheid is er nauwelijks sprake van aanvoer van lucht, de warme lucht met hoge O_3 -concentratie kan blijven hangen, terwijl met de sterkere zuidwestenwind koelere en schonere lucht vanuit het Kanaal wordt aangevoerd.

In de derde smogperiode (60-65) veranderen windsnelheid en richting gedurende de periode. In de eerste dagen is de windsnelheid laag, de lucht blijft hangen, daarna is er een aanvoer van lucht uit oostelijke richting. Hiermee wordt warme lucht aangevoerd waarin al een behoorlijke O_3 -concentratie opgebouwd kan zijn. Het einde van de periode valt samen met een verandering van windrichting naar west tot noordwest waardoor koelere en schonere lucht vanuit zee wordt aangevoerd.



Figuur 11 Concentratie (boven) en concentratieverandering $O_3(t_2)-O_3(t_1)$ voor gemeten (blauw) en verwachte (rood) concentratie (werkelijk opgetreden temperatuur) en de werkelijke maximumtemperatuur. Periode: juni 2006 (boven: dag 30=31 mei, onder dag 30=1 juni).



Figuur 12 Concentratie op meetstation Cabauw (620) voor juni 2006 gecombineerd met windsnelheid (boven, dm/s) en windrichting (onder, noord is 0 en 360). Groen: wind, blauw: gemeten ozonconcentratie, rood: verwachte ozonconcentratie met werkelijk opgetreden temperatuur.

5. Discussie

5.1 PROPART

De fijnstofverwachting met PROPART bleek niet erg nauwkeurig. Dit komt door het sterk episodisch karakter van periodes met hoge concentraties, samen met de complexe relatie met meteorologische omstandigheden. Dit leidt er toe dat de significante veranderingen in concentratie vaak een dag later komen, wanneer ze voor een belangrijk deel door persistentie bepaald worden. In totaal is het model net iets beter dan persistentie. Opvallend is dat het verbeteren van de meteorologische verwachting geen wezenlijk effect heeft op de kwaliteit van de fijnstofverwachting. De onzekerheid in een verwachting, rond $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, is groot ten opzichte van de concentratie. Dit maakt de correcte verwachting van overschrijdingen van de norm van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erg moeilijk. De resultaten zijn vergelijkbaar met de resultaten van Noordijk (2003).

Ondanks de matige prestaties van PROPART is het geen bijzonder slecht model. Er zijn geen wettelijke normen voor de kwaliteit van een verwachtingsmodel. Sinds enige jaren wordt in onder andere België gewerkt met een model gebaseerd op een neurale netwerk (Hooyberghs et al., 2005). In dit model blijkt de daggemiddelde grenslaaghoogte de belangrijkste parameter naast de gemiddelde concentratie van de recente metingen. De parameters die nog informatie toevoegen zijn windrichting, wolkenbedekking en de dag van de week. De standaarddeviatie is echter niet kleiner dan van PROPART. Ook andere modellen gebaseerd op een neurale netwerk (Milaan, Cecchetti et al., 2004; Santiago, Perez en Reyes, 2006) geven redelijke verwachtingen maar niet veel nauwkeuriger dan PROPART. Het is moeilijk om de modellen rechtstreeks te vergelijken, omdat de score op andere concentratienormen is getest.

Het is mogelijk om naar voorbeeld van België de grenslaaghoogte mee te nemen, die een aantal parameters (temperatuur, windsnelheid) in zich verenigt. De regressieboom die ten grondslag ligt aan PROPART biedt hiervoor de mogelijkheden. Hoeveel dit het model zal verbeteren is onbekend. Vergelijking van grenslaaghoogte en fijnstofconcentratie liet voor een aantal stations wel een verband zien, maar met een behoorlijke spreiding. Er valt niet te verwachten dat het opzetten van een model gebaseerd op een neurale netwerk de verwachting wezenlijk verbetert, omdat de regressieboom die ten grondslag ligt aan PROPART de meest relevante parameters in zich heeft en door de klasse-indeling ook verder gaat dan een lineair model.

Wat al deze modellen niet goed mee kunnen nemen zijn momenten waarop fijn stof van elders wordt aangevoerd. Alleen de meteorologische parameters van Nederland zijn meegenomen. Zeer hoge pieken van bijvoorbeeld Saharazand, opwaaiend bodemstof of veel zeezout-aërosol bij harde wind over zee kunnen daarmee nooit goed bepaald worden. Een mogelijkheid die dit wel toelaat is het gebruik van een geavanceerd chemie-transportmodel. Bij het RIVM wordt hiervoor LOTOS-EUROS gebruikt (Schaap et al., 2008). Voordeel hiervan is onder andere dat niet gewerkt wordt met statische verwachtingen van meteorologische parameters maar dat hun verloop in de tijd meegenomen kan worden. Dit levert ook een verloop in de tijd van concentraties in plaats van daggemiddelde waarden. Op dit moment wordt gewerkt aan het verbeteren van de fijnstofcomponent van dit model. Een aantal componenten wordt echter nog niet goed gemodelleerd door grote onzekerheden in emissies, met name van bodemstof. In eerste instantie zal gekeken worden naar het correct modelleren van maandgemiddelde concentraties en effecten van veranderingen in lokale en specifieke emissies en het

effect van meteorologie op de concentraties. Data-assimilatie van fijnstofmetingen uit het LML en/of satellietmetingen kan de prestaties van het model dan nog verder verbeteren. Het is nog niet duidelijk of dit model in de nabije toekomst gebruikt kan worden voor de dagelijkse verwachting van fijn stof.

Men kan overwegen om naar analogie van de ozonverwachting 's ochtends een verwachting voor vandaag te geven, gebaseerd op het 24-uursgemiddelde van gisteren. De operationele verwachting voor morgen is nu gebaseerd op de metingen van de eerste zeven uren van vandaag. Het alternatief, 's ochtends een verwachting voor vandaag opstellen, zou resultaten geven die min of meer in overeenstemming zijn met de huidige evaluatie, waarbij wel een volledig 24-uursgemiddelde beschikbaar is. Deze situatie omzeilt ook een gedeelte van de effecten van de onzekerheid in de weersverwachting, hoewel die niet cruciaal bleken. Nadeel is dat deze verwachting dan minder ver vooruit is. Dit is een afweging die met het oog op het doel van de smogverwachting gemaakt moet worden.

5.2 PROZON

PROZON slaagt er redelijk tot goed in om ozonconcentraties te voorspellen in Nederland. Het model presteert duidelijk beter met werkelijk opgetreden temperatuur dan met de verwachte temperatuur. Dit geeft aan dat een belangrijk gedeelte van de onzekerheid te wijten is aan onzekerheid in de weersverwachting. De grootste fouten in de verwachting ontstaan bij weersveranderingen. Het model neemt slechts de temperatuur mee, die impliciet wel een maat is voor overige omstandigheden. Maar de windrichting speelt ook een rol, het moment waarop de wind van richting verandert kan cruciaal zijn. Ook andere meteorologische processen (bijvoorbeeld uitregenen) zijn niet meegenomen.

De prestaties van het model zoals geëvalueerd in Noordijk (2003) (testperiode zomer 1999) zijn ongeveer vergelijkbaar met de huidige resultaten, behalve dat daar de hoge pieken minder overschat en eerder onderschat werden. Hoge pieken komen relatief weinig voor dus het is moeilijker om daarvoor een goede statistiek op te bouwen. De statistieken zijn bepaald over de periode 1991-1999. Concentraties van stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen, die een rol spelen bij de vorming van ozon, zijn in de afgelopen jaren teruggelopen (Beijk et al., 2007) zodat de statistiekfactor mogelijk niet meer actueel is. Dit zou getest kunnen worden door opnieuw statistiekparameters te bepalen.

De verwachting per regio is niet zo goed als de verwachting voor het beste station. Omdat de smogverwachting voor teletekst gebaseerd is op het maximum per gebied waarbij het gemeten maximum en het verwachte maximum niet voor hetzelfde station hoeven te gelden, wordt het effect van de individuele stations uitgevlakt. Een nadeel is ook dat de ruimtelijke resolutie op deze manier erg beperkt wordt. Een ander nadeel van PROZON is dat slechts het dagmaximum bepaald wordt. In principe komen de maximale concentraties aan het eind van de middag en begin van de avond voor zodat het dagmaximum zelf voldoende houvast biedt. Maar voor mensen met gevoelige luchtwegen zou het prettig zijn als het verloop over de dag nauwkeuriger bekend is, zodat zij hun activiteiten hieraan beter kunnen aanpassen.

Voor de publieksvoorlichting geldt dat de overschrijding van de informatiedrempel en de alarmdrempel belangrijke gebeurtenissen zijn. Overschrijdingen van deze drempels komen niet heel vaak voor, vooral de alarmdrempel wordt (gelukkig) maar enkele keren per seizoen overschreden. De overschrijding van de alarmdrempel per meetstation wordt slecht voorspeld, er zijn meer verwachte dan werkelijke overschrijdingen. Door per zone te kijken wordt deze score wel verbeterd. De overschrijding van de

informatiedrempel wordt wel vaker correct voorspeld. Hiervoor geldt echter dat PROZON het aantal overschrijdingen juist onderschat.

De verwachting zou misschien verbeterd kunnen worden met een regionaal chemie-transportmodel. Hierin worden chemische reacties expliciet uitgerekend over een groot gebied, waarbij temperatuur, zonne-instraling, advection en menging worden meegenomen. De aanvoer van relatief schone zeelucht of continentale lucht met hogere concentraties ozon of ozonvoorlopers speelt een directe rol. Op dit moment wordt hier binnen het RIVM aan gewerkt met het model LOTOS-EUROS (Schaap et al., 2008) in het SmogProg-project, in samenwerking met TNO en KNMI. Deze aanpak is nog in ontwikkeling. Het meenemen van actuele metingen in dit model, zowel grondmetingen als satellietmetingen, is echter een essentiële nog te nemen stap. In de nabije toekomst moet blijken of dit model beter wordt dan het statistische model PROZON. Andere voordelen van een chemie-transportmodel zijn dat ze een landelijke dekking hebben en per uur concentraties geven in plaats van verwachtingen van dagmaxima gekoppeld aan specifieke locaties.

6. Conclusies en aanbevelingen

De prestatie van het huidige model PROPART is niet veel beter dan het persistentiemodel, zelfs als de werkelijke weersverwachting wordt gebruikt. Er is geen verband gevonden tussen de prestatie van het model en het stationstype. Het model geeft geen systematische fout. Zowel overschattingen als onderschattingen komen voor. Uit de visuele vergelijking kan worden geconcludeerd dat het model snelle veranderingen van de PM_{10} -concentratie niet goed kan voorzien. Vergelijking met modellen gebaseerd op een neurale netwerk leert echter dat het maken van een fijnstofverwachting erg moeilijk is. De prestatie van PROPART is vergelijkbaar met deze modellen en waarschijnlijk niet eenvoudig te verbeteren.

Het model PROZON voldoet redelijk tot goed voor de ozonverwachting. Het correct voorspellen van overschrijdingen van de informatie- en alarmdrempel is echter voor verbetering vatbaar. Een gedeelte van de onzekerheid is toe te schrijven aan de onzekerheid in de weersverwachting. Met werkelijk opgetreden temperatuur is het model duidelijk beter dan met de verwachte temperatuur. Het model is niet goed in staat om juiste verwachtingen te leveren bij een weersomslag. De verwachting per regio is iets beter dan voor een aantal individuele stations (maar niet alle), maar hiermee verliest men detail voor de ruimtelijke verdeling. Voor hoge temperaturen wordt de concentratie meestal overschat, dit zou te verbeteren kunnen zijn door de statistiekparameters opnieuw te bepalen, gebruikmakend van metingen van de meest recente vijf jaar.

Een beperking van PROPART/PROZON is dat slechts daggemiddelden respectievelijk dagmaxima bepaald worden, terwijl het verloop over de dag voor mensen met luchtwegproblemen ook relevant is. Het gebruik van een chemie-transportmodel waarin per uur concentraties bepaald kunnen worden op basis van volledige velden van wind en temperatuur zou voor in de toekomst in dit opzicht een verbetering kunnen opleveren. Daarvoor is het wel essentieel dat emissies goed bekend zijn, wat voor fijn stof nog niet voor alle componenten het geval is. Voor ozon wordt gewerkt aan een ozonverwachting met het chemie-transportmodel LOTOS-EUROS, waarbij grondmetingen en mogelijk satellietmetingen gebruikt worden om onzekerheden in emissies te beperken. Op dit moment zijn de dagwaarden van LOTOS-EUROS nog minder goed dan die voor PROPART en PROZON.

Literatuur

- Beijk, R., D. Mooibroek, R. Hoogerbrugge, Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2003-2006, RIVM rapport 680704002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 2007.
- Cecchetti, M., G. Gorani en G. Guariso, Artificial neural network prediction of PM₁₀ in the Milan area, IEMSS conference proceedings, www.iemss.org/iemss2004, 2004.
- Hooyberghs, J., C. Mensink, G. Dumont, F. Fierens en O. Brassuer, A neural network forecast for daily average PM₁₀ concentrations in Belgium. *Atmos. Env.* 39, 3279-3289, 2005.
- Meetregeling luchtkwaliteit 2005, Staatscourant 142, 2005.
- Noordijk, H., PROZON en PROPART; statistische modellen voor smogprognose, RIVM rapportnr. 725301012, 2003.
- Perez, P. en J. Reyes, An integrated neural network for PM₁₀ forecasting, *Atmos. Env.* 40, 2845-2851, 2006.
- Schaap, M., F. Sauter, R.M. A. Timmermans, M. Roemer, G. Velders, J. Beck en P.J.H. Builtjes, The LOTOS-EUROS model: description, validation and latest developments, *Int. J. Environmental Pollution*, 2008.
- SmogProg project, RIVM, KNMI, TNO, NIVR, Naar een operationele smogverwachting gebaseerd op grondmetingen en satellietmetingen, (Project Nr. GO-2005/84), www.lml.rivm.nl/data/smogprog/index.html.
- Smogregeling 2001, Staatscourant 109, 2001.

Bijlage 1. Indeling LML-stations

Tabel B1.1 LML-stations per regio

Stationsnaam	LML-code	Stationstype
Regio noord		
Biddinghuizen Hoekwantweg	631	Regionaal
Hellendoorn Luttenbergerweg	807	Regionaal
Barsbeek De Veenen	818	Regionaal
Balk Trophornsterweg	918	Regionaal
Valthermond Noorderdiep	929	Regionaal
Kollumerwaard Hooge Zuidwal	934	Regionaal
Groningen- Europaweg	937	Straatstation
Regio midden		
Westmaas Groeneweg	437	Regionaal
De Zilk Vogelaarsdreef	444	Regionaal
Wieringerwerf Medemblikkerweg	538	Regionaal
Zegveld Oude Meije	633	Regionaal
Breukelen Snelweg	641	Straatstation
Eibergen Lintveldseweg	722	Regionaal
Wekerom Riemterdijk	738	Regionaal
Nijmegen-Graafseweg	741	Straatstation
Regio zuid		
Vredepeel-Vredeweg	131	Regionaal
Wijnandsrade-Opfergeltstraat	133	Regionaal
Biest Houtakker-Biestsestraat	230	Regionaal
Huijbergen-Vennekenstraat	235	Regionaal
Breda - Tilburgseweg	240	Straatstation
Breda- Bastenakenstraat	241	Stadsstation
Philippine-Stelleweg	318	Regionaal

Tabel B1.2 LML-stations per agglomeratie

Stationsnaam	LML-code	Stationstype
Amsterdam-Haarlem		
Amsterdam-Florapark	520	Stadsstation
Haarlem-Amsterdamsevaart	537	Straatstation
Amsterdam-Bernhardplein	544	Straatstation
Den Haag-Leiden		
Den Haag-Rebecquestraat	404	Stadsstation
Den Haag-Veerkaade	445	Straatstation
Den Haag-Bleriotlaan	446	Stadsstation
Leiden-Willem de Zwijgerlaanstraat	447	Straatstation
Rotterdam-Dordrecht		
Rotterdam-Schiedamsevest	418	Stadsstation
Vlaardingen-Floreslaan	433	Straatstation
Dordrecht-Frisostraat	441	Stadsstation
Rotterdam-Bentinckplein	448	Straatstation
Utrecht		
Utrecht-de Jongweg	636	Straatstation
Utrecht-Erzejstraat	639	Straatstation
Eindhoven		
Eindhoven-Genovevalaan	236	Straatstation
Eindhoven-Noordbrabantlaan	237	Straatstation
Heerlen-Kerkrade		
Heerlen-Looierstraat	136	Straatstation
Heerlen-Deken Nicolayestraat	137	Stadsstation

Bijlage 2. Indeling van stations voor smogverwachting teletekst

Indeling van stations voor PM₁₀-verwachting teletekst

Zone noord 631 807 818 918 929 937

Zone midden 404 418 433 437 441 444 445 446 447 448 545 520 537 538 544 636 639 641 722 738
741

Zone zuid 131 133 136 137 230 235 236 237 240 241 318

Indeling van stations voor ozonverwachting teletekst

Zone noord 631 807 818 918 929 934 938

Zone midden 404 411 418 433 437 441 444 447 520 537 538 544 620 627 633 639 641 722 738 742

Zone zuid 107 131 133 137 227 230 235 236 241 301 318

Bijlage 3. Definities van kentallen

Bias B

$$B = \frac{1}{N} * \sum_{s,d} (P_{s,d2} - M_{s,d2})$$

B = bias

N = het totale aantal paren waarnemingen en prognose

$P_{s,d2}$ = de prognose voor station s op dag d2

$M_{s,d2}$ = de meting voor station s op dag d2

Skill score S

$$S = 100 * \{ 1 - (\sum_{s,d} (P_{s,d2} - M_{s,d2})_{\text{model}}^2 / \sum_{s,d} (M_{s,d1} - M_{s,d2})_{\text{persistentie}}^2) \}$$

Standaarddeviatie Std

$$\text{Std} = \sqrt{\frac{1}{N} * \sum_{s,d} (M_{s,d} - P_{s,d})^2}$$

$$\text{Percentage correct voorspeld} = \frac{\text{aantal correcte overschrijdingen voorspeld}}{\text{aantal overschrijdingen voorspeld}}$$

Bijlage 4. Kentallen van PROPART per station

Tabel B4.1 Kentallen PROPART met werkelijke weersomstandigheden, 2005.

2005 meteo gemeten											
station	aantal geldige meetdata	gem. mw	gem. pw	aantal overschrijdingen	aantal juist alarm	stddev van pw-mw	bias	skill score	% correct voorspeld (> % correct (40-50))		
regionale stations											
131	363	24,8	24,8	16	4	10,2	-0,06	7	27	28	
133	347	24,9	26,1	13	1	9,2	1,19	-9	10	26	
230	351	30,9	29,4	33	11	12,1	-1,47	7	38	29	
235	361	29,9	30,5	34	16	11,9	0,54	-5	46	29	
318	355	23,5	21,2	16	4	10,8	-2,30	9	40	21	
437	355	25,2	25,1	13	5	9,6	-0,09	7	38	17	
444	359	25,3	24,2	11	6	8,8	-1,13	9	67	40	
538	353	21,6	22,4	8	3	8,4	0,74	6	50	25	
631	354	24,9	24,9	17	7	11,8	0,05	22	44	42	
633	354	21,9	21,5	8	3	9,4	-0,45	10	30	9	
722	361	25,6	24,6	17	5	10,2	-0,94	10	45	30	
738	358	28,1	28,5	24	5	12,0	0,42	11	22	19	
807	359	22,4	23,9	9	4	9,7	1,44	14	36	29	
818	352	26,7	26,9	17	6	11,1	0,27	8	29	17	
918	362	23,9	25,1	14	7	10,5	1,20	7	50	21	
929	347	25,4	24,0	15	6	10,8	-1,45	1	67	21	
934	351	27,2	26,8	21	10	10,3	-0,32	10	63	31	
stadsstations											
137	364	29,1	29,8	22	4	11,6	0,74	-4	15	23	
241	304	32,7	33,8	40	13	12,0	1,08	7	33	15	
404	362	28,9	29,8	17	8	10,6	0,89	2	36	29	
418	358	32,4	32,1	40	18	11,0	-0,35	6	50	39	
441	364	25,1	26,1	13	6	9,5	0,97	1	38	36	
446	17	26,0	25,9	0	0	8,3	-0,11	4	n.a.	n.a.	
520	326	28,1	29,0	19	8	11,4	0,94	29	47	11	
straatstations											
136	359	28,3	28,8	20	2	11,0	0,51	-2	10	26	
236	334	33,2	33,4	47	17	13,0	0,26	3	34	16	
237	362	33,5	32,3	49	19	12,0	-1,24	2	42	23	
240	220	37,3	36,6	44	23	14,6	-0,73	9	56	12	
433	363	27,6	25,7	24	7	9,8	-1,93	13	47	20	
445	365	36,6	36,0	52	21	11,7	-0,67	3	46	29	
447	363	28,9	30,5	18	7	9,5	1,64	7	41	36	
448	245	33,5	32,6	26	11	10,5	-0,91	4	48	30	
537	364	33,8	33,4	32	12	11,4	-0,39	-1	35	33	
544	361	24,7	24,9	10	2	10,3	0,20	12	29	28	
636	364	26,8	28,1	11	4	9,8	1,29	3	27	30	
639	361	33,4	34,3	46	28	11,0	0,94	18	57	33	
641	361	32,1	29,9	39	10	12,1	-2,25	18	56	18	
741	361	34,2	34,4	51	24	11,2	0,20	9	48	30	
937	360	30,1	30,4	34	19	10,8	0,29	14	63	33	

rood : regio zuid
groen : regio midden
blauw : regio noord

Tabel B4.2 Kentallen PROPART met verwachte weersomstandigheden, 2005.

2005 prognose meteo											
station	aantal geldige meetdata	gem. mw	gem. pw	aantal overschrijdingen	aantal juist alarm	stddev van pw-mw	bias	skill score	% correct voorspeld (> % correct (40-50))		
regionale stations											
131	363	24,85	24,11	16	3	9,88	-0,74	12	21	23	
133	347	24,94	25,18	13	2	8,57	0,23	3	29	32	
230	351	30,86	28,54	33	12	11,76	-2,32	13	50	39	
235	361	29,93	29,43	34	15	11,46	-0,49	4	47	36	
318	355	23,51	20,56	16	5	10,90	-2,94	8	42	25	
437	355	25,17	24,20	13	7	8,93	-0,97	20	64	32	
444	359	25,30	23,69	11	5	8,63	-1,61	12	56	40	
538	353	21,65	21,80	8	3	8,07	0,15	14	60	30	
631	354	24,89	24,06	17	6	11,62	-0,83	25	50	40	
633	354	21,91	20,82	8	3	9,16	-1,08	15	30	13	
722	361	25,58	23,79	17	6	10,14	-1,79	10	50	27	
738	358	28,07	27,38	24	6	11,44	-0,69	20	33	23	
807	359	22,43	23,22	9	3	9,38	0,80	19	30	17	
818	352	26,65	26,16	17	6	10,96	-0,49	11	32	18	
918	362	23,90	24,55	14	7	9,97	0,65	15	70	26	
929	347	25,41	23,38	15	6	10,71	-2,03	2	67	18	
934	351	27,15	25,93	21	8	10,40	-1,22	8	62	28	
stadsstations											
137	364	29,09	28,77	22	4	11,07	-0,32	5	18	29	
241	304	32,73	32,51	40	15	11,15	-0,22	18	44	18	
404	362	28,88	28,86	17	6	10,25	-0,02	9	32	25	
418	358	32,45	31,19	40	17	11,07	-1,26	4	50	41	
441	364	25,14	25,47	13	6	8,87	0,32	13	50	30	
446	17										
520	326	28,05	28,01	19	8	11,22	-0,04	32	57	18	
straatstations											
136	359	28,32	27,66	20	5	10,62	-0,67	5	26	20	
236	334	33,17	32,44	47	21	13,04	-0,73	2	45	24	
237	362	33,52	31,35	49	17	11,94	-2,17	4	49	29	
240	220	37,31	35,41	44	25	13,92	-1,89	15	66	4	
433	363	27,63	24,95	24	6	9,64	-2,68	15	60	28	
445	365	36,62	34,80	52	23	11,68	-1,82	2	59	33	
447	363	28,89	29,40	18	5	9,27	0,52	12	31	27	
448	245	33,51	31,48	26	12	10,38	-2,03	7	60	38	
537	364	33,83	32,12	32	11	11,12	-1,71	5	44	3	
544	361	24,72	24,15	10	2	10,10	-0,56	16	29	36	
636	364	26,80	27,10	11	5	9,52	0,30	9	42	3	
639	361	33,39	32,98	46	26	11,03	-0,41	17	62	31	
641	361	32,12	28,94	39	11	12,49	-3,18	12	55	13	
741	361	34,15	33,04	51	21	11,06	-1,11	11	57	29	
937	360	30,11	29,40	34	17	10,72	-0,71	15	61	32	

rood : regio zuid
groen : regio midden
blauw : regio noord

Tabel B4.3 Kentallen PROPART met gemeten weersomstandigheden, 2006.

2006 METEO gemeten

station	aantal geldige meetdata	gem. mw	gem. pw	aantal overschrijdingen	aantal juist alarm	stddev van pw-mw	bias	skill score	% correct v	% correct (40-50)
regionale stations										
131	354	26,7	27,5	16	9	9,9	0,75	7	43	34
133	361	25,4	27,5	12	9	8,4	2,06	-28	53	21
230	339	30,0	31,0	26	14	11,0	0,96	9	39	18
235	345	29,0	29,5	19	8	10,6	0,56	11	31	23
318	364	29,2	24,7	33	10	11,7	-4,46	2	59	37
437	362	24,0	25,2	10	6	8,6	1,27	9	35	43
444	357	27,2	26,4	16	4	8,5	-0,77	15	33	36
538	363	24,6	26,5	7	3	8,6	1,95	-9	21	29
631	355	25,1	26,4	9	6	9,4	1,35	1	40	23
633	349	23,9	24,1	12	5	9,7	0,15	0	29	35
722	357	26,8	26,8	19	5	9,3	-0,04	13	36	11
738	343	30,1	31,4	27	13	10,8	1,30	9	37	29
807	358	24,4	26,9	15	6	10,6	2,49	3	30	33
818	350	30,2	32,7	31	16	12,4	2,50	0	44	21
918	340	24,7	27,6	11	3	10,6	2,85	-13	16	23
929	352	27,2	28,6	23	12	10,5	1,40	2	57	17
934	353	26,6	27,4	17	8	10,6	0,88	7	47	22
stadsstations										
137	338	30,7	32,2	35	18	12,6	1,54	-11	39	30
241	360	32,5	34,2	44	28	12,5	1,69	8	48	25
404	324	33,6	35,9	30	18	12,0	2,37	2	36	34
418	365	32,8	35,3	36	20	11,8	2,49	-4	39	18
441	362	28,9	31,3	19	10	10,3	2,35	1	34	29
446	360	25,9	28,1	17	3	9,6	2,21	0	15	12
520	339	33,5	35,7	39	24	12,0	2,18	4	50	10
straatstations										
136	358	27,9	30,6	26	19	10,3	2,76	-10	53	28
236	364	33,7	36,2	45	28	11,8	2,53	0	43	33
237	356	31,7	33,6	30	16	10,8	1,91	-5	37	24
240	282	34,6	34,7	42	23	12,0	0,08	13	55	36
433	341	26,3	26,6	16	5	9,5	0,22	21	38	46
445	361	37,9	37,2	68	38	11,6	-0,68	9	58	29
447	361	28,6	29,9	24	13	9,8	1,33	11	52	19
448	365	34,0	34,0	52	25	11,3	0,00	15	57	18
537	340	36,3	38,3	46	29	12,2	2,00	-5	45	27
544	338	26,5	28,2	13	5	9,4	1,69	4	31	36
636	361	31,6	33,4	33	17	10,4	1,85	7	46	23
639	358	32,7	35,7	42	26	11,2	2,94	-1	43	31
641	332	32,5	32,0	36	15	10,8	-0,58	13	44	35
741	363	37,6	39,4	69	43	11,4	1,75	9	51	21
937	361	33,7	35,8	49	31	12,6	2,08	2	52	18

rood : regio zuid
groen : regio midden
blauw : regio noord

Tabel B4.4 Kentallen PROPART met verwachte weersomstandigheden, 2006.

2006 prognose meteo

station	aantal geldige meetdata	gem. mw	gem. pw	aantal overschrijd	aantal juist alarm	stddev van pw-mw	bias	skill score	% correct v	% correct (40-50)
regionale stations										
131	354	26,7	26,8	16	10	9,8	0,07	9	42	44
133	361	25,4	26,6	12	7	8,2	1,18	-22	54	15
230	339	30,0	30,1	26	13	11,0	0,03	10	35	23
235	345	29,0	28,7	19	7	10,9	-0,30	6	28	25
318	364	29,2	24,1	33	7	12,0	-5,12	-3	44	24
437	362	24,0	24,5	10	5	8,5	0,50	11	31	29
444	357	27,2	25,4	16	3	8,6	-1,73	14	30	32
538	363	24,6	25,4	7	2	8,2	0,89	2	20	27
631	355	25,1	25,6	9	5	9,3	0,52	2	31	30
633	349	23,9	23,5	12	4	9,8	-0,41	-3	27	24
722	357	26,8	26,0	19	5	9,7	-0,84	4	31	16
738	343	30,1	30,4	27	11	10,9	0,26	6	41	32
807	358	24,4	26,1	15	8	10,4	1,68	6	32	14
818	350	30,2	31,6	31	17	11,8	1,39	9	47	23
918	340	24,7	26,8	11	3	9,8	2,11	2	19	31
929	352	27,2	27,8	23	10	10,4	0,62	4	45	19
934	353	26,6	26,4	17	5	10,3	-0,12	13	36	33
stadsstations										
137	338	30,7	31,2	35	21	12,4	0,55	-7	46	38
241	360	32,5	33,3	44	25	12,1	0,82	13	50	26
404	324	33,6	35,0	30	14	11,9	1,45	-3	32	29
418	365	32,8	34,1	36	19	11,6	1,30	-1	43	21
441	362	28,9	30,3	19	9	10,1	1,39	6	36	31
446	360	25,9	27,3	17	4	9,5	1,42	2	22	21
520	339	33,5	34,6	39	23	11,7	1,05	8	52	12
straatstations										
136	358	27,9	29,6	26	20	9,7	1,77	-3	51	37
236	364	33,7	35,1	45	24	11,7	1,38	0	43	34
237	356	31,7	32,6	30	18	10,7	0,84	-3	46	29
240	282	34,6	33,4	42	22	12,2	-1,19	11	54	26
433	341	26,3	25,7	16	4	9,7	-0,61	18	31	36
445	361	37,9	36,2	68	36	11,8	-1,74	6	64	31
447	361	28,6	28,9	24	10	10,0	0,31	7	43	19
448	365	34,0	32,6	52	22	11,4	-1,42	14	52	19
537	340	36,3	37,1	46	25	11,9	0,79	-3	42	24
544	338	26,5	27,2	13	5	9,2	0,70	9	38	36
636	361	31,6	32,3	33	15	10,4	0,73	7	39	24
639	358	32,7	34,5	42	22	11,2	1,80	0	41	24
641	332	32,5	30,8	36	15	10,9	-1,72	10	50	39
741	363	37,6	38,3	69	41	11,7	0,69	5	52	22
937	361	33,7	34,5	49	25	11,9	0,75	12	52	21

rood : regio zuid
 groen : regio midden
 blauw : regio noord

Bijlage 5. Kentallen van PROZON per station

Tabel B5.1 Kentallen PROZON 2005 prognose met verwachte temperatuur.

station	#dagmax metingen	gemiddeld metingen	gemiddeld prognoses	stdev	bias	skill	180<x<240			x>240		
							#prog	#meti	%JA	#prog	#meti	%JA
regionale stations												
107	114	88.58	96.05	21.86	7.48	32.76	2	2	50	0	0	
131	110	93.31	98.29	22.79	4.98	46.77	1	3	0	1	0	0
133	120	81.57	93.57	25.40	11.99	-1.13	1	0	0	0	0	
227	101	91.99	99.50	26.43	7.51	24.69	1	2	0	1	0	0
230	117	83.59	93.53	23.87	9.94	36.91	0	3		1	0	0
235	102	83.86	93.37	25.84	9.52	29.53	0	4		1	0	0
301	112	90.79	96.65	26.68	5.86	25.40	0	4		0	0	
318	113	85.74	93.96	23.88	8.22	18.98	1	2	100	0	0	
411	105	92.31	97.17	24.13	4.86	30.99	1	5	100	1	0	0
437	120	84.96	94.20	25.85	9.24	24.75	1	2	0	1	0	0
444	115	90.95	96.28	24.98	5.33	41.28	2	4	50	0	0	
538	118	77.73	89.37	22.29	11.65	-20.53	0	0		0	0	
620	80	82.65	91.31	26.38	8.66	25.32	1	2	100	0	0	
631	118	84.37	93.70	25.04	9.34	31.27	1	2	100	0	0	
633	111	83.53	93.24	25.35	9.71	39.08	1	2	100	0	0	
722	111	82.74	93.21	23.98	10.47	38.70	2	1	50	0	0	
738	116	84.65	93.75	22.59	9.10	42.76	1	3	100	0	0	
807	119	87.62	94.62	22.07	7.00	43.20	1	2	100	0	0	
818	114	78.66	90.01	22.34	11.35	29.09	0	1		0	0	
918	120	85.10	92.63	20.75	7.53	35.47	1	1	0	0	0	
929	109	75.20	88.80	22.77	13.60	-1.71	0	0		0	0	
934	121	84.33	93.44	21.68	9.11	-19.23	0	0		0	0	
stadsstations												
137	108	91.00	95.42	25.86	4.41	10.94	4	1	25	0	0	
241	109	83.60	91.21	32.18	7.61	6.57	3	4	0	0	1	
404	109	84.79	88.64	26.23	3.85	7.65	0	3		0	0	
418	96	75.85	86.36	28.47	10.51	-20.32	0	2		0	0	
441	111	79.47	87.46	29.68	7.99	2.11	1	2	0	0	0	
520	118	72.16	81.85	25.86	9.69	4.31	0	1		0	0	
742	110	80.47	87.32	24.48	6.84	29.93	1	2	0	0	0	
straatstations												
236	103	82.46	85.54	29.20	3.09	7.43	1	2	0	0	0	
433	119	69.76	77.38	25.96	7.61	-3.01	0	0		0	0	
447	119	75.07	81.21	28.69	6.14	6.13	0	2		0	0	
537	117	63.37	74.44	25.23	11.06	-22.94	0	0		0	0	
544	110	67.66	76.12	25.45	8.46	10.03	0	1		0	0	
639	117	71.98	78.13	21.62	6.15	27.04	1	1	100	0	0	
641	94	60.97	71.79	25.77	10.81	-2.76	0	0		0	0	

rood : regio zuid
 groen : regio midden
 blauw : regio noord

Tabel B5.2 Kentallen PROZON 2005 prognose met werkelijk opgetreden temperatuur.

station	#dagmax	gemiddeld	gemiddeld	stdev	bias	skill	180<x<240			x>240		
metingen	metingen	prognoses					#prog	#meti	%JA	#prog	#meti	%JA
regionale stations												
107	113	88.34	91.99	19.33	3.66	37.83	2	2	50	0	0	
131	109	93.08	94.36	20.36	1.28	52.27	1	3	0	1	0	0
133	119	81.30	89.22	22.14	7.92	18.74	1	0	0	0	0	
227	100	91.53	94.62	25.80	3.09	20.15	1	2	0	1	0	0
230	116	83.30	89.59	20.37	6.29	48.77	0	3		1	0	0
235	101	83.42	89.92	20.30	6.50	54.38	0	4		1	0	0
301	111	90.32	92.08	22.49	1.76	45.00	0	4		1	0	0
318	112	85.49	89.75	18.55	4.26	41.99	1	2	100	0	0	
411	105	92.31	93.95	21.97	1.64	46.00	0	5		2	0	0
437	119	84.63	90.02	21.21	5.38	46.23	1	2	0	1	0	0
444	114	90.80	91.32	19.59	0.52	60.44	2	4	100	0	0	
538	118	77.69	85.77	19.34	8.08	-8.22	0	0		0	0	
620	80	82.65	87.21	19.91	4.56	56.11	1	2	100	0	0	
631	117	84.50	88.91	20.05	4.42	45.81	1	2	100	0	0	
633	110	83.35	88.44	20.86	5.08	51.76	1	2	100	0	0	
722	110	82.76	88.58	21.27	5.83	43.10	2	1	50	0	0	
738	115	84.56	89.45	18.84	4.89	54.72	2	3	50	0	0	
807	118	87.57	90.16	19.47	2.59	51.09	1	2	100	0	0	
818	114	78.52	86.32	18.75	7.80	35.86	0	1		0	0	
918	120	85.07	88.43	18.41	3.36	32.61	1	1	0	0	0	
929	108	75.35	84.33	20.01	8.98	-2.17	0	0		0	0	
934	121	84.33	88.16	19.08	3.83	7.54	0	0		0	0	
stadsstations												
137	107	90.56	90.94	23.50	0.39	24.65	4	1	25	0	0	
241	109	83.60	86.42	25.63	2.82	42.47	1	4	0	0	1	
404	108	84.54	85.40	22.68	0.86	30.65	0	3		0	0	
418	95	75.49	81.51	20.97	6.02	25.70	0	2		0	0	
441	110	79.18	83.35	24.48	4.18	29.20	0	2		0	0	
520	118	72.26	77.97	21.22	5.71	23.39	0	1		0	0	
742	109	80.01	84.15	21.07	4.13	45.86	1	2	0	0	0	
straatstations												
236	102	81.59	81.91	24.08	0.33	35.31	1	2	0	0	0	
433	119	69.76	73.03	21.25	3.27	32.60	0	0		0	0	
447	119	75.07	76.55	22.60	1.49	42.67	1	2	0	0	0	
537	117	63.37	70.02	18.78	6.64	32.54	0	0		0	0	
544	109	67.43	73.06	20.33	5.63	37.28	0	1		0	0	
639	116	71.62	75.39	17.20	3.77	47.13	1	1	100	0	0	
641	93	60.82	69.89	23.19	9.07	12.58	0	0		0	0	

rood : regio zuid
 groen : regio midden
 blauw : regio noord

Tabel B5.3 Kentallen PROZON 2006 met verwachte temperatuur.

station	#dagmax	gemiddeld	gemiddeld	stdev	bias	skill	180<x<240			x>240		
	metingen	metingen	prognoses				#prog	#meti	%JA	#prog	#meti	%JA
regionale stations												
107	120	116.37	123.42	27.89	7.05	15.23	12	15	58	5	1	20
131	100	92.02	106.73	26.61	14.71	-33.23	4	0	0	1	0	0
133	118	84.83	103.59	31.26	18.77	-78.04	5	1	20	1	0	0
227	123	99.80	113.04	27.72	13.24	-29.46	9	3	22	1	0	0
230	108	85.45	101.49	30.28	16.04	-45.94	4	1	25	1	0	0
235	110	93.19	108.42	30.58	15.22	-20.75	4	3	25	2	0	0
301	81	86.90	98.95	25.50	12.05	-13.51	2	1	50	1	0	0
318	122	100.10	112.71	30.37	12.61	-18.74	10	7	20	2	0	0
411	103	94.40	110.13	29.87	15.73	-67.53	7	2	14	1	0	0
437	110	95.04	108.14	28.31	13.09	-22.86	5	4	40	1	0	0
444	118	98.77	112.20	28.45	13.44	-10.57	9	2	11	1	0	0
538	95	85.46	101.31	23.91	15.85	-43.56	1	0	0	0	0	
620	120	97.94	111.51	28.37	13.57	-15.58	10	3	20	1	0	0
631	76	94.13	106.68	24.96	12.55	-21.37	1	0	0	0	0	
633	122	94.52	109.74	28.50	15.22	-34.04	10	2	10	1	0	0
722	78	101.37	115.88	29.58	14.52	-19.48	2	2	0	1	0	0
738	106	107.54	118.29	27.70	10.75	3.28	8	5	50	2	0	0
807	119	102.80	115.90	25.24	13.10	-15.01	9	5	22	2	0	0
818	115	98.22	111.03	26.24	12.81	-32.88	6	2	0	1	0	0
918	98	95.44	104.48	22.02	9.04	8.00	3	2	33	1	0	0
929	95	91.76	106.55	26.00	14.79	-34.41	2	2	50	0	0	
934	121	88.43	103.34	26.88	14.91	-85.84	4	0	0	0	0	
stadsstations												
137	110	116.10	117.48	26.69	1.38	18.47	7	9	29	0	1	
241	121	108.49	110.54	28.22	2.05	22.48	6	8	50	1	1	0
404	108	91.27	101.91	25.49	10.64	-1.46	1	2	0	0	0	
418	109	87.65	97.00	22.27	9.35	13.96	2	2	0	0	0	
441	120	93.99	103.87	27.10	9.88	0.86	1	5	0	0	0	
520	119	87.01	99.78	26.68	12.77	0.39	2	2	0	0	0	
742	96	94.19	100.71	23.77	6.52	-7.53	4	2	0	0	0	
straatstations												
236	107	81.73	90.81	24.05	9.09	-3.37	0	0		0	0	
433	115	86.18	93.61	24.29	7.43	19.29	0	1		0	0	
447	95	87.01	96.31	27.97	9.30	3.22	3	1	0	0	0	
537	123	79.33	89.19	22.39	9.86	-16.13	1	1	100	0	0	
544	69	76.01	83.32	21.87	7.31	-10.53	1	0	0	0	0	
639	108	72.95	84.89	25.63	11.93	-67.66	0	0		0	0	
641	115	80.20	88.11	27.76	7.91	-8.27	1	1	0	0	0	

rood : regio zuid
 groen : regio midden
 blauw : regio noord

Tabel B5.4 Kentallen PROZON 2006 met werkelijk opgetreden temperatuur.

station	#dagmax	gemiddeld	gemiddeld	stdev	bias	skill	180<x<240			x>240		
	metingen	metingen	prognoses				#prog	#meti	%JA	#prog	#meti	%JA
regionale stations												
107	120	116.37	112.64	25.56	-3.73	28.94	10	15	70	3	1	33
131	100	92.02	97.05	19.11	5.03	31.63	1	0	0	0	0	
133	118	84.83	94.82	22.68	10.00	6.45	3	1	33	0	0	
227	123	99.80	102.45	20.99	2.64	25.93	1	3	100	1	0	0
230	108	85.45	93.17	23.94	7.71	9.14	0	1		1	0	0
235	110	93.19	98.33	22.30	5.13	36.52	4	3	25	1	0	0
301	81	86.90	92.14	19.93	5.24	30.56	2	1	50	0	0	
318	122	100.10	102.10	22.99	2.00	32.28	7	7	43	1	0	0
411	103	94.40	99.82	19.70	5.42	27.78	4	2	50	1	0	0
437	110	95.04	98.44	21.26	3.39	30.72	2	4	100	1	0	0
444	118	98.77	101.53	20.21	2.77	44.73	4	2	50	1	0	0
538	95	85.46	91.94	15.48	6.48	41.55	0	0		0	0	
620	120	97.94	101.45	20.53	3.51	40.47	5	3	40	1	0	0
631	76	94.13	96.83	18.87	2.70	31.59	0	0		0	0	
633	122	94.52	99.16	19.29	4.64	39.90	2	2	50	1	0	0
722	78	101.37	104.09	23.44	2.72	25.18	0	2		1	0	0
738	106	107.54	106.52	22.40	-1.02	37.29	6	5	33	1	0	0
807	119	102.80	105.03	18.35	2.22	39.44	2	5	100	1	0	0
818	115	98.22	101.17	18.40	2.95	35.43	2	2	50	0	0	
918	98	95.44	96.59	17.58	1.15	41.37	2	2	50	0	0	
929	95	91.76	97.54	20.45	5.78	16.84	0	2		0	0	
934	121	88.43	94.03	18.86	5.61	8.94	0	0		0	0	
stadsstations												
137	109	115.79	108.24	26.14	-7.55	21.50	4	9	25	0	1	
241	120	108.43	103.84	25.51	-4.59	30.20	4	8	75	0	1	
404	108	91.27	91.94	18.82	0.67	45.67	0	2		0	0	
418	109	87.65	88.52	18.41	0.87	42.63	0	2		0	0	
441	119	93.93	94.81	21.53	0.88	32.89	0	5		0	0	
520	119	87.01	90.44	21.97	3.43	33.27	0	2		0	0	
742	95	93.87	91.27	19.95	-2.60	15.56	1	2	0	0	0	
straatstations												
236	107	81.73	82.96	18.66	1.24	38.25	0	0		0	0	
433	115	86.18	86.19	21.24	0.01	39.02	0	1		0	0	
447	95	87.01	86.82	20.96	-0.19	47.43	0	1		0	0	
537	123	79.33	81.05	17.01	1.72	33.39	0	1		0	0	
544	69	76.01	76.48	19.23	0.47	16.24	0	0		0	0	
639	108	72.95	77.49	18.53	4.54	14.70	0	0		0	0	
641	115	80.20	81.35	23.67	1.14	22.41	0	1		0	0	

rood : regio zuid
groen : regio midden
blauw : regio noord

A solid yellow horizontal bar spanning the width of the page.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl