

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

**WETENSCHAPPELIJK RAPPORT
SCIENTIFIC REPORT**

W. R. 79-8

**H. van Dop (KNMI, De Bilt)
N.D. van Egmond (RIV, Bilthoven)
J. F. den Tonkelaar (KNMI, De Bilt)**

**Een studie van de toepassing van
meteorologische en luchtverontreinigingscriteria
bij het voeren van een brandstofkeuzebeleid
voor electriciteitscentrales.**



De Bilt, 1979

Publikatienummer: K. N. M. I. W. R. 79-8 (MO)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut,
Postbus 201,
3730 AE De Bilt,
Nederland.

U. D. C. : 551.510.42

SAMENVATTING

*)

De kwaliteit van de verwachting van de AVA-index is getest over een vijfjarig bestand van verwachte en opgetreden waarden. Van de drie parameters waaruit de index is opgebouwd, windsnelheid (u), inversiesterkte $\Delta\theta$ en menhoogte (L), wordt de menhoogte het slechtst voorspeld (correlatie 0,48). De correlatie tussen 1, 2 en 3 dagen vooruit voorspelde indices en de opgetreden index is respectievelijk 0,64, 0,48 en 0,34. Voorspelling van de AVA-index 3 dagen vooruit is niet meer zinvol.

Om de relatie tussen de waarde van de AVA-index en de luchtkwaliteit te kunnen onderzoeken, is een "luchtverontreinigingsdag" gedefinieerd als een dag waarop op tien stations of meer de 24-uur gemiddelde SO_2 concentratie hoger is dan de 98-pctiel waarde van dat station. Bij deze definitie behoort een optimale beslissingswaarde van de AVA-index, die varieert tussen 0 en 100, van ongeveer 50. In de beschouwde periode oktober 1977-maart 1978 bleken de resultaten van de opgetreden index en de 1- en 2-daags verwachte index weinig uiteen te lopen. De persistentie en de 3-daagse verwachting scoorden beduidend slechter. Op basis van de 2-daagse verwachting blijkt men 12 van de 30 "luchtverontreinigingsdagen" te kunnen voorspellen, terwijl er 12 maal "loos alarm" wordt gegeven. Als men in staat zou zijn emissies van SO_2 te reguleren door middel van selectief brandstofgebruik, met een hoog dan wel laag zwavelgehalte, is het mogelijk tot een optimale emissiestrategie te komen. Hieronder moet in dit verband worden verstaan een minimalisering van het gebruik van zwavelarme brandstof, waarbij het optreden van (extreem) hoge SO_2 concentraties zoveel mogelijk wordt vermeden.

Voor dit doel zijn een aantal strategieën ontwikkeld.

Als hierbij uitsluitend wordt afgegaan op de 2-daagse verwachting van de AVA-index, zou men in de onderzochte periode (182 dagen) tien maal moeten overschakelen naar zwavelarme brandstof. Hiermee kan het aantal luchtverontreinigingsdagen worden teruggebracht van 30 tot 18. Het aantal dagen waarop aardgas moet worden gestookt bedraagt 24.

*) AVA = Accumulerend Vermogen van de Atmosfeer.

Bij een strategie waarbij ook van de metingen van het Nationale Meetnet wordt gebruik gemaakt kan bij zeven maal schakelen het aantal luchtverontreinigingsdagen worden teruggebracht tot zes. Het aantal dagen waarop aardgas moet worden gestookt stijgt tot 43.

Met nadruk zij vermeld dat bij het voeren van bovenstaande strategieën ervan wordt uitgegaan dat overschakeling op aardgas tot gevolg heeft dat de concentraties altijd voldoende dalen, zodat de desbetreffende dag niet meer als "luchtverontreinigingdag" gekwalificeerd kan worden.

SUMMARY

An air pollution forecast based only on meteorological parameters has been tested. The meteorological parameters included in the forecast are the daily average wind speed (u), the strength of the nocturnal inversion ($\Delta\theta$), and the daily maximum mixing height (L). These parameters are combined in one number, the so-called AVA^{*)}-index, whose value ranges between 0 and 100.

Observed and 24-hour forecast values of L , u and $\Delta\theta$ were compared over a period of five years. The forecast of L is poor (correlation coefficient 0.48). The correlation between the forecast indices for one, two, and three days in advance and the observed values is 0.64, 0.48, and 0.34, respectively. It means that only the one and two day forecast might be useful.

The relation between the AVA-index and the air quality was also investigated. In this context, it was necessary to define an air quality measure. This was done by using the data (October 1977 - March 1978) of the national monitoring network for sulphur dioxide in the following way: If on a given day ten or more monitoring stations (out of 200) measure a SO_2 concentration (24hr average) that exceeds the 98-percentile of that particular station, then that day will be considered "polluted". It was found that an AVA-index of 50 corresponded best with this particular definition of a "polluted day".

In the period considered (182 days) the observed index and the index values forecast for one, two, or three days ahead differed little in their capability to predict a "polluted day". In the period 30 "polluted days" occurred according to the used definition. Based on the two-day forecast 24 times a "polluted day" was predicted. In 50 % of the cases a polluted day was observed indeed. Finally, it was investigated whether the index might be applied as a decision parameter for fuel choice in big electric power plants in the Netherlands. The underlying strategy is to use fuel with a high sulphur content (oil) during days with a low air pollution potential and vice versa. (In this strategy it was silently assumed that the use of natural gas would reduce the

*) AVA is an acronym which stands for air pollution potential of the atmosphere.

SO₂ concentration levels such that the day would not be polluted according to the definition used here).

It is shown that a fuel choice strategy based on the forecast AVA-index results in a better air quality than would have been observed without any strategy under the same conditions.

The effectiveness of the strategy can be strongly improved if it incorporates actual data of the SO₂ monitoring network.

1. INLEIDING

Sinds enige jaren verstrekt het KNMI aan de provincie Zuid-Holland tweemaal per dag een verwachting met betrekking tot die atmosferische omstandigheden, die bepalend zijn voor de accumulatie van luchtverontreiniging. De verwachting bestaat uit een beknopt algemeen overzicht en een getal dat het accumulerend vermogen van de atmosfeer aangeeft. Dit getal, dat bekend staat als de AVA-index, kan variëren van 0-100. Naarmate de waarde hoger is, zijn de atmosferische omstandigheden gunstiger voor het optreden van luchtverontreiniging.

Onder meer aan de hand van deze meteorologische gegevens wordt in Zuid-Holland beslist of één luchtverontreinigingsfase zal worden afgekondigd, dan wel tot een andere fase zal worden overgegaan. Daarnaast worden de met behulp van meetnetten gesignaleerde verontreinigingsniveaus bij de besluitvorming betrokken.

De ontwikkeling en het gebruik van de AVA-index was, en is vooral gericht op het tijdig aangeven van dagen waarop relatief hoge concentraties zullen kunnen voorkomen.

In dit rapport zal worden aangegeven hoe de kwaliteit is van de verwachting van die parameters, welke bij de totstandkoming van de AVA-index een rol spelen.

Verder zal worden onderzocht wat de relatie is tussen de AVA-index en de luchtverontreinigingsgraad in Nederland, met andere woorden of hoge indexwaarden inderdaad corresponderen met een hoge luchtverontreinigingsgraad en omgekeerd.

Ten slotte wordt een voorbeeld gegeven van een mogelijke toepassing van de AVA-index als selectie criterium bij selectief brandstofverbruik: Het is namelijk zo, dat de elektriciteitsbedrijven in de komende jaren steeds meer gebruik zullen gaan maken van stookolie in plaats van aardgas. Om diverse redenen wil men met het resterende gas zo zuinig mogelijk omspringen. Het gebruik van stookolie echter kan leiden tot sterk verhoogde SO₂-concentraties, zeker als het verspreidend vermogen van

de atmosfeer gering is. Om dit zoveel mogelijk te vermijden, wil men aardgas reserveren voor die gevallen waarin het gebruik van stookolie vermoedelijk tot hoge SO₂-concentraties aanleiding kan geven. Er zal worden onderzocht in hoeverre de AVA-index in staat is deze gevallen te signaleren.

2. DE AVA-INDEX

2.1 De luchtverontreinigingsverwachting

Aangezien het KNMI al enige jaren een luchtverontreinigingsverwachting *) verstrekt aan de DCMR **) en aan de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland, ligt het voor de hand de bruikbaarheid van deze verwachting te toetsen. In eerste instantie is daarbij gedacht aan de Lvo-verwachtingen Lvo-08 en Lvo-16. Lvo-08 wordt dagelijks om acht uur 's morgens verzonden en bevat gegevens over stabiliteit, windrichting en -snelheid, bedekkingsgraad en maximumtemperatuur. (Zie bijlage I). De verwachtingstermijn is 9 uur vooruit, d.w.z. van 8-17 uur. Lvo-16 (zie bijlage II) wordt dagelijks om vier uur 's middags verzonden. De verwachtingstermijn is eveneens 9 uur vooruit, d.w.z. van 16-01 uur. Behalve de gegevens uit Lvo-08, bevat Lvo-16 een verwachte AVA-index (Van Dop et al., 1975) voor de volgende dag en de dag daarop. Bovendien worden de verwachte parameters waaruit de AVA-index is opgebouwd voor 1 dag vooruit gegeven. Intern wordt ook nog de AVA-index 3 dagen vooruit bepaald. De verwachte waarden hebben betrekking op het gehele etmaal. Ten slotte wordt een kleurcode gegeven, die in dit kader van weinig belang is.

Eénmaal per week worden de werkelijk opgetreden AVA-indices berekend en verzonden (op dinsdag).

*) Het begrip "luchtverontreinigingsverwachting" zou men kunnen interpreteren als een verwachting betreffende het al dan niet optreden van luchtverontreiniging. Het zij hier met nadruk vermeld, dat met een luchtverontreinigingsverwachting, of Lvo-verwachting, uitsluitend wordt bedoeld de verwachting van voor luchtverontreiniging relevante meteorologische parameters.

**) Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond.

2.2 De kwaliteit van de verwachting

De kwaliteit van de verwachting van de 'AVA-index is getest over een vijfjarig bestand (1973-1977) van verwachte en opgetreden waarden. De resultaten zijn gegeven in tabel I. Alle correlaties zijn significant tot op het 99,9% significante niveau.

De "voorspellende waarde" van de verwachte AVA-index voor dag 0+2 en dag 0+3 blijkt gering. Een blik op de correlatiecoëfficiënten van de in de index voorkomende parameters leert o.a. dat de gemiddelde windsnelheid in het algemeen het best wordt voorspeld, gevolgd door de inversiesterkte ($\Delta\theta$). De menkhoogtebepaling is meestal de zwakste schakel.

De regressielijnen laten zien dat waarden beneden het gemiddelde in het algemeen te laag worden verwacht, terwijl hoge waarden worden overschat.

3. DE KWALITEIT VAN DE AVA-INDEX ALS LUCHTVERONTREINIGINGSPARAMETER

Bij de bruikbaarheid van de AVA-index als luchtverontreinigingsmaat zijn de volgende vragen van essentieel belang:

- 1e Is de index inderdaad een goede maat voor het verspreidend vermogen van de atmosfeer?
- 2e Wat is de kwantitatieve invloed van het verspreidend vermogen van de atmosfeer met betrekking tot de concentraties?

ad 1. Bij de beantwoording van deze vraag moeten we ons realiseren dat de index een grove simplificatie is van de Gaussische pluimformule. We mogen dus niet verwachten dat de index een betere maatstaf zou leveren dan de Gaussische pluimformule. Uit de literatuur kan men een uitstekende indruk verkrijgen van de kwaliteit van diverse verspreidingsmodellen, die zijn gebaseerd op de Gaussische pluimformule. (Zie bijvoorbeeld Nieuwstadt et al., 1976).

ad 2). Bij de beantwoording van de tweede vraag spelen de variabiliteit en de locatie van de emissie(s) en het interregionaal transport een belangrijke rol. Alleen als de variabiliteit van de emissies geringer is dan de variabiliteit in het verspreidend vermogen van de atmosfeer en er geen interregionaal transport van betekenis is, mogen we verwachten dat de AVA-index significant is gerelateerd aan voorkomende concentraties.

3.1 Toetsing van de AVA-index

Van Dop en Kruizinga (1976) hebben voor halfjaarlijkse gemiddelden over de maanden oktober-maart aangetoond dat er een bevredigende correlatie is tussen de AVA-index en SO_2 -concentraties in de Rijnmond (correlatiecoëfficiënten van 0,65 en 0,93, over een tijdsbestek van respectievelijk 13 en 6 jaar).

Correlaties van dagelijkse gemiddelde waarden zijn in het kader van een internationale werkgroep (Vierlandenoverleg) uitgevoerd. Het is gebleken dat correlaties hoger dan 0,7 zelden voorkwamen. Pogingen om de AVA-index zodanig te modificeren, dat deze ongeacht de toetsingsperiode betere resultaten te zien geeft, zijn niet geslaagd. We moeten daarom aannemen dat de huidige in gebruik zijnde index redelijk dicht bij de optimaal mogelijke in de buurt ligt. Niet of oppervlakkig onderzochte alternatieven, zoals het mede in beschouwing nemen van de windrichting of andersoortige emissies, leiden mogelijk nog tot enige kwaliteitsverbetering van de index.

3.2 De toetsing van de AVA-index ten behoeve van brandstofkeuze

Uit het bovenstaande zal duidelijk zijn dat de verwachte AVA-index mede een rol kan spelen bij de beslissing of het uit milieutechnische overwegingen wenselijk is stookolie dan wel aardgas te gebruiken voor elektriciteitsopwekking.

In hoeverre dit een succesvolle rol is, moet nog worden onderzocht. Hiervoor is de periode april 1977-maart 1978 gebruikt. Eerst moet, hoe gebrekkig ook, worden gedefinieerd wat we verstaan onder een dag waarop de verspreidingscondities "slecht" zijn.

Uit een verscheidenheid van mogelijkheden is de volgende gekozen: Als het op een dag voorkomt dat op 10 stations of méér van het landelijk meetnet voor luchtverontreiniging van het RIV de 24-uur gemiddelde concentratie van SO_2 hoger is dan de 98-pctiel waarden van de desbetreffende stations, dan stellen we dat op die dag de verspreidingscondities slecht zijn. (De 98-pctiel waarde is gegeven door de frequentieverdeling, die is bepaald uit metingen in het verleden).

Op die dag zou de AVA-index, die een waardenbereik heeft van 0-100, hoger moeten zijn dan een zekere, nog te bepalen waarde, die wij in deze context de beslissingswaarde zullen noemen.

In de genoemde periode kwamen 30 dagen met slechte verspreidingscondities voor. Deze vielen alle in het winterhalfjaar (oktober-maart). Dit is zowel een gevolg van de jaarlijkse gang in de emissie als van de gemiddeld gunstiger verspreidingscondities in de zomer. Daarom is het minder waarschijnlijk dat een 98-pctiel waarde in het zomerhalfjaar wordt overschreden.

Op grond van deze overwegingen is de te onderzoeken periode beperkt tot oktober 1977-maart 1978. De resultaten van dit onderzoek laten zich het best voorstellen met behulp van 2×2 beslissingsmatrices (zie tabel II). De getallen a, b, c en d geven de scores van respectievelijk opgetreden gevallen. Als b en c = 0, zou de index een perfecte maat zijn voor de verspreidingscondities van de atmosfeer. Men zou b in dit geval kunnen betitelen als "niet voorzien", terwijl c het aantal malen "vals alarm" zou zijn. De kwaliteit van de index kan men weergeven met behulp van de prestatie index (P.I.), gegeven door

$$PI = \frac{a}{a + b} + \frac{d}{c + d} - 1. \quad (-1 \leq PI \leq 1)$$

(Hanssen en Kuipers, 1965).

Verder is in dit verband de verhouding $\frac{a}{a+c}$ van belang. Dit is de fractie "juiste waarschuwingen" ten opzichte van het totaal aantal gegeven waarschuwingen. Deze verhouding noemen we het "succes" van de verwachting ($0 \leq S \leq 1$).

Op deze wijze is onderzocht wat de optimale beslissingswaarde is. Tevens ontstaat daardoor een (relatieve) maat voor de kwaliteit van de (verwachte) index. De resultaten zijn in tabel III t/m VII aangegeven.

P.I. en S zijn ook gegeven in fig. 1 als functie van de beslissingswaarde. De beslissingswaarde, waarbij de P.I. optimaal is, is blijkbaar < 30 in alle gevallen. Dit is niet zo verwonderlijk, omdat men bij een relatief lage beslissingswaarde wel de meeste gevallen met slechte verspreidingscondities eruit haalt, zodat $a/(a+b)$ niet veel van 1 zal verschillen, terwijl het aantal gevallen dat er "niets aan de hand is" (d) toch nog relatief groot zal zijn.

S heeft voor de meeste gevallen wel een maximale waarde. Deze ligt bij een beslissingswaarde van 40 à 50.

Het is enigszins verrassend dat uit de P.I. blijkt, dat deze voor de verwachte indices voor 1 en 2 dagen vooruit niet of nauwelijks slechter zijn dan de P.I. van de opgetreden AVA-index. (Zie fig. 1).

Als we naar het succes(S) van de verwachting kijken, zien we zelfs dat de 2-daagse verwachting in alle gevallen hoger scoort. Voor de volledigheid is ook het succes van de persistentievoorspelling gegeven (AVA-index dag 0+1 = AVA-index dag 0).

We zien uit de figuur dat de winst van de verwachting ten opzichte van de persistentie vaak gering is. De verwachting van dag 0+2 springt er duidelijk uit. (Bij een beslissingswaarde van 50 stijgt S van 0.36 naar 0.50 en de P.I. van 0.19 naar 0.32).

4. RESULTATEN

Wat zijn de consequenties van bovenstaande uitkomsten bij toepassing? We zullen dit toelichten aan de hand van een geïdealiseerd voorbeeld. Stel dat de AVA-index als enig gegeven ter beschikking staat en dat deze wordt gebruikt als beslissingsparameter voor het brandstofkeuzeprobleem. We besluiten dan op aardgas over te schakelen als de verwachte index ≥ 50 . Gezien de resultaten in de onderzochte periode, gebruiken we de verwachting van dag 0+2 (Tabel V).

We gaan ervan uit dat (in de ideale situatie) ten gevolge van deze beslissing het aantal stations waar de 98-pctiel waarde zou worden overschreden tot beneden 10 daalt. We kunnen dan uit tabel V aflezen dat er in het totaal 24 maal moet worden overgeschakeld^{*)} (a + c). Het effect hiervan is dat het totaal aantal dagen met $n \geq 10$ wordt teruggebracht met 12 (a), nl. van 30 (a + b) op 18.

Uit dit voorbeeld wordt tevens duidelijk waarom de grootheid S (= a/a+c) is gehanteerd. Dit is niets anders dan het schakelrendement, dat in dit geval dus 50% bedraagt.

In werkelijkheid ligt dit cijfer gunstiger, omdat bij achtereenvolgende dagen met verwachte index ≥ 50 slechts éénmaal geschakeld behoeft te worden. (In het bovenstaande voorbeeld zou maar 10 maal geschakeld hoeven te worden, zodat het schakelrendement meer dan tweemaal zo groot is).

5. ADDITIONELE PARAMETERS DIE MOGELIJK EEN ROL ZOULDEN KUNNEN SPELEN BIJ DE LUCHTVERONTREINIGINGSVERWACHTING

5.1 Weertype

In het voorgaande werd geconstateerd dat de verwachting van de AVA-index voor dag 0+2 hoger scoort dan de werkelijk opgetreden AVA-index. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn de mogelijke rol die, bij de voorspelling van de AVA-index, door de voorspelling van het weertype wordt gespeeld. Eerder werd door Velds

*) N.B. Onder éénmaal overschakelen wordt verstaan overschakeling van olie op gas en vice versa.

(1970) gewezen op de samenhang tussen het optreden van hoge luchtverontreinigingsconcentraties en anticyclonale weertypen, in het bijzonder de weertypen ("Groszwetterlagen") HM en BM (Hess, P. en Brezowsky, H., 1969). Naar aanleiding van het relatief goede resultaat voor de 2-daagse AVA-verwachting, werd daarom onderzocht in hoeverre het weertype als criterium voor de omschakeling naar gas bruikbaar zou zijn.

In de halfjaarperiode van 182 dagen kwamen 77 dagen voor met een anticyclonaal en 105 met een cyclonaal weertype. De resultaten zijn weergegeven in de vorm van matrices (tabel VIII). Uit tabel VIIIA zien we dat het weertype als beslissingsparameter beduidend slechter scoort dan de AVA-index. Verder blijkt uit tabel VIIIB dat (opgetreden) AVA-index waarden ≥ 50 in 96% van het aantal gevallen corresponderen met een anticyclonaal weertype. Anticyclonale weertypen daarentegen geven in slechts 30% van de gevallen dagen met AVA ≥ 50 . Ten slotte bleek dat 9 van de 18 dagen waarop de AVA-index + 2 voorspelling faalde (zie tabel V) worden gekenmerkt door een cyclonaal weertype. Het betreft hier voornamelijk de perioden 6-9 december 1977 (HF_z) en 8-15 februari 1978 (HNF_z en TM), die worden gekenmerkt door lagere temperaturen, relatief hoge windsnelheden en de aanwezigheid van een sneeuwdek. Hierbij moet worden opgemerkt dat door de AVA-index (en door het weertype) in de eerste plaats de verspreidings- (of verdunnings-) condities worden beschreven, terwijl de overschrijdingen op deze 9 dagen zich juist hebben voorgedaan als gevolg van gunstige transportcondities uit gebieden waar - gezien de lage temperaturen - hoge emissies kunnen worden verwacht. In het algemeen worden namelijk in Nederland bij hogere windsnelheden geen lagere concentraties gemeten.

Voor de episode in februari zijn op 7 dagen trajectoriën bepaald uit 850 mbar analyses (Reiff et al., 1979). Alle trajectoriën eindigen in De Bilt op 12 GMT, en gaan 24 uur terug in de tijd. We zien dat op 8, 11, 16, 19 en 20 februari (fig. 2) inderdaad transport plaatsvindt uit dichtbevolkte (industriële) gebieden in Centraal-Europa. Op 13 en 14 februari speelt mogelijk transport uit de Theems-mond een rol, hoewel de metingen erop wijzen dat

met de gekrompen 10m wind transport uit de Rijnmond en uit het havengebied van Antwerpen ook van belang is geweest. Het falen van de verwachting op die dagen moet dan ook worden verklaard uit het blijkbaar bestaande onderscheid tussen verspreidingscondities en transportcondities.

Behalve dat er 18 niet voorspelde "luchtverontreinigingsdagen" voorkwamen, gaf de AVA-index 0+2 ook 12 maal loos alarm. Een nadere analyse van deze dagen leverde als belangrijkste resultaat dat er voornamelijk twee oorzaken zijn voor het niet optreden van een hoge verontreinigingsgraad:

- 1e relatief hoge temperaturen, waardoor emissies ten gevolge van huisbrand laag zijn. Hieronder valt de periode 14-19 oktober, waarin te De Bilt maximumtemperaturen van 13-19 °C werden gemeten;
- 2e (zwakke) aanvoer van niet verontreinigde luchtmassa's over de Noordzee. De locale emissies in Nederland zijn dan blijkbaar in het algemeen te gering om een hoge luchtverontreinigingsgraad te bereiken.

Ook het sterk aan de hoge AVA-index gekoppelde weertype lijkt meer indicatief voor verspreidings- dan voor transportcondities.

Hoewel de relatieve frequentie van hogere luchtverontreinigingsniveaus voor dagen met een anticyclonaal weertype hoger is (26%) dan voor dagen met een cyclonaal weertype (10%), mag op grond hiervan niet worden verwacht dat het weertype naast de AVA-index een bruikbaar criterium is voor de luchtverontreinigingsverwachting.

5.2 SO₂-metingen als criterium voor de luchtverontreinigingsverwachting

Omdat enerzijds 18 van de 30 "luchtverontreinigingsdagen" ($n \geq 10$) niet door de AVA-index 0+2 voorspeld worden en anderzijds de gemeten SO₂-concentraties slechts achteraf een beschrijving van de luchtverontreinigingstoestand geven, is onderzocht in hoeverre op grond van een combinatie van beide informatiebronnen tot een rationeel omschakelcriterium kan worden gekomen. Hierbij kan de

AVA-index worden gebruikt als criterium voor het inschakelen (van gas) en het SO_2 -niveau als criterium voor het terugschakelen (naar zwavelhoudende brandstoffen). Eventueel kan het SO_2 -niveau als een (late) indicatie worden gebruikt; bij $n \geq 10$ zou dan (ongeacht de AVA-index) de volgende dag omgeschakeld moeten worden op gas. Het effect van beide strategieën is voor de halfjaarperiode ('77-'78) berekend:

A) Omschakelen op gas, indien $AVA_{0+2} \geq 50$ en terugschakelen wanneer $AVA < 50$ en $n < 5$.

Het effect is dat gedurende 43 dagen op gas wordt gestookt, waarvoor 7 maal moet worden omgeschakeld. Het aantal "verontreinigingsdagen" wordt teruggebracht van 30 tot 6. Dat wil zeggen, dat er nog 6 dagen resteren waarop $n \geq 10$, terwijl niet op gas wordt gestookt. Dit houdt een belangrijke verbetering van de Lvo-verwachting in, in vergelijking met de resultaten van hoofdstuk 4.

Werd op basis van de AVA-index alleen, met 10 maal schakelen een reductie bereikt van 12 luchtverontreinigingsdagen (een rendement van 1,2), met deze methode kan met slechts 7 maal schakelen het aantal luchtverontreinigingsdagen met 24 worden gereduceerd (rendement 3,4).

B) Omschakelen op gas, indien $AVA \geq 50$ of $n \geq 10$ en terugschakelen wanneer $AVA < 50$ en $n < 5$.

Het effect hiervan is dat gedurende 46 dagen op gas wordt gestookt, waarvoor 9 maal moet worden omgeschakeld. Het aantal verontreinigingsdagen wordt hierdoor teruggebracht van 30 tot 5.

Met behulp van deze methode wordt dus een rendement bereikt van 2,8: de effectiviteit van het aanbrengen van nog meer verfijningen neemt sterk af.

Samenvattend kan worden gesteld dat het mede in beschouwing nemen van de SO_2 -concentraties tot sterk verbeterde resultaten leidt wat betreft de reductie van "luchtverontreinigingsdagen". Er staat tegenover, dat het aantal gasgestookte dagen wordt verhoogd van 24 tot 43. Het aantal malen omschakelen daalt hierbij van 10 naar 7 (methode A). Het aantal verontreinigingsdagen loopt verder terug van 18 naar 6.

CONCLUSIES EN SLOTOPMERKINGEN

- De waarde van de AVA-index, waarvan men met de grootste kans op succes kan aannemen dat overschrijding van die waarde tot gevolg zal hebben dat er sprake is van slechte verspreidingscondities, ligt rond 50.
De definitie van slechte verspreidingscondities is uiteraard arbitrair. Deze uitspraak geldt dan ook uitsluitend voor de hier gehanteerde definitie.
- De prestaties van de voor 1 en 2 dagen vooruit verwachte AVA-index met betrekking tot het optreden van hoge concentraties SO_2 zijn vrijwel gelijkwaardig of zelfs beter dan die van de (achteraf, objectief bepaalde) opgetreden index.
De prestaties van de 3 dagen vooruit voorspelde index zijn in het algemeen geringer.
- In de onderzochte periode kwam gedurende het zomerhalfjaar geen enkele dag voor met slechte verspreidingscondities. Op basis hiervan en op de ervaringen uit het verleden kan worden aangenomen dat de kans op dagen met slechte verspreidingscondities gedurende het zomerhalfjaar gering is: Van Dop et al. (1975) geven een frequentie van ca. 16 dagen/zomerhalfjaar waarop de AVA-index de waarde 50 overschrijdt. Gezien de geringe emissies van SO_2 , zullen slechts op een kleine fractie van deze dagen ook daadwerkelijk hoge SO_2 -waarden worden gemeten.
- In het winterhalfjaar zal op ongeveer de helft van het aantal dagen, waarop volgens de AVA-index sprake is van slechte verspreidingscondities, een verhoogde luchtverontreiniging optreden. Mede gezien de voorspellingstermijn is de 2-daagse verwachting de best bruikbare. Het mede in beschouwing nemen van het weertype (GWL) leidt niet tot substantiële verbetering van de resultaten.
- Als de SO_2 -concentraties ook als indicator worden gebruikt, stijgt het rendement van het omschakelen aanzienlijk.

- In dit rapport is niet gequalificeerd wat de gevolgen zijn van een eventueel in te voeren emissiestrategie. Er is aangenomen dat overschakeling op gas automatisch tot gevolg heeft, dat het aantal stations waarop het 98-pctiel wordt overschreden beneden 10 zal dalen, en dat zodoende het aantal "luchtverontreinigingsdagen" zal verminderen.
Zou bijvoorbeeld blijken dat het grootste deel van de gemeten concentraties afkomstig is van buitenlandse emissies, dan is het effect van de strategie gering.
De strategie zal echter altijd leiden tot een zekere verlaging van de SO₂-niveaus, waarbij aardgas wordt gebruikt op die dagen dat de kans op (zeer) hoge SO₂-concentraties het grootst is.
- Nauwkeuriger analyse van de meteorologische situatie (detectie van brongebieden, rekening houden met temperatuur (emissies)) leidt ongetwijfeld tot een betere voorspelling van de kans op optreden van hoge concentraties.
- Het daadwerkelijk invoeren van een emissiestrategie mede op basis van meteorologische omstandigheden zal het onderzoek naar de samenhang tussen meteorologische factoren en het optreden van luchtverontreiniging ernstig compliceren.
- De meeste resultaten in dit onderzoekje zijn gebaseerd op de gegevens van één jaar. Dit betekent dat de hier gedane uitspraken met behoorlijke marges van onzekerheid zijn omgeven.

DANKBETUIGING

De auteurs zijn J. Reiff erkentelijk voor het uitvoeren van de trajectoriënberekeningen.

REFERENTIES

- Dop, H. van, Ulden, A.P. van, en Raaff, W.R.:
Een onderzoek naar perioden waarin meteorologisch gezien ernstige luchtverontreiniging kan optreden.
KNMI Wetenschappelijk Rapport W.R. 75-4.
- Nieuwstadt, F.Th.M., Verheul, C.M. en Addicks, J.:
The validation of the Gaussian dispersion model for long-term average ground level concentrations in the Rijnmond region.
NATO-CCMS, Proc. 7th Meeting on Air Pollution Modeling, Airlie House 1976.
- Dop, H. van, en Kruizinga, S.:
The decrease of sulphur dioxide concentrations near Rotterdam and their relation to some meteorological parameters during thirteen consecutive years.
Atm. Env. 10, 1-4, 1976.
- Hanssen, A.W. en Kuipers, W.J.A.:
On the relationship between the frequency of rain and various meteorological parameters.
Mededelingen en Verhandelingen No. 81, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt, 1965.
- Hess, P. en Brezowsky, H.:
Katalog der Groszwetterlagen Europas.
Berichte des Deutschen Wetterdienstes No. 113, Offenbach, 1969.
- Reiff, J., en Velds, C.A.:
The use of a trajectory model for studying interregional transport of air pollution.
KNMI Wetenschappelijk Rapport W.R. 79- . (To be published).
- Velds, C.A.:
Relation between SO₂-concentration and circulation type in Rotterdam and surroundings.
WMO Technical Note Nr. 108, Urban Climates, Genève, 1970, 280.

TABEL I

Diverse correlaties tussen verwachte en opgetreden waarden, berekend over een 5-jarige periode.

Periode	AVA-index			$r_{\bar{u}}$	r_1	$r_{\Delta\theta}$
	r_{10}	r_{20}	r_{30}			
februari	.64	.44	.29	.66	.37	.54
januari	.68	.52	.40	.69	.28	.37
december	.67	.51	.28	.70	.54	.46
november	.64	.51	.44	.57	.48	.40
oktober	.73	.47	.29	.65	.53	.62
september	.57	.46	.45	.65	.49	.53
winter	.66	.49	.33	.66	.49	.52
zomer	.61	.47	.37	.55	.42	.59
hele jaar	.64	.48	.34	.63	.48	.57

r_{i0} (i=1,2,3) = correlatiecoëfficiënt van de i dagen vooruit verwachte waarde en de opgetreden waarde.

$r_{u,1,\Delta\theta}$ = correlatiecoëfficiënt van verwachte en opgetreden waarde van resp. windsnelheid, hoogte en inversiesterkte. (1 dag vooruit)

TABEL II

Beslissingsmatrix. n = het aantal stations waarop de 98-pctiel-
waarde van dat station werd overschreden.

		AVA-index \geq beslissingswaarde	
		ja	nee
n \geq 10	ja	a	b
	nee	c	d

TABEL III

opgetreden AVA-index

Beslissingswaarde	beslissingsmatrix	P.I.	S
30	24 6	0.49	0.34
	47 105		
40	18 12	0.43	0.41
	26 126		
50	10 20	0.24	0.40
	15 137		
60	5 25	0.09	0.29
	12 140		

TABEL IV

Verwachte AVA-index voor dag 0+1

Beslissingswaarde	beslissingsmatrix	P.I.	Succes
30	25 6	0.39	0.27
	67 85		
40	17 13	0.36	0.35
	31 121		
50	13 17	0.34	0.48
	14 138		
60	6 24	0.15	0.46
	7 145		

TABEL V

Verwachte AVA-index voor dag 0+2

Beslissingswaarde	beslissingsmatrix	P.I.	S
30	26 4	0.55	0.35
	48 104		
40	16 14	0.40	0.43
	21 131		
50	12 18	0.32	0.50
	12 140		
60	5 25	0.16	0.83
	1 151		

TABEL VI

Verwachte AVA-index voor dag 0+3

Beslissingswaarde	beslissingsmatrix	P.I.	Succes
30	22 8	0.41	0.31
	49 103		
40	9 21	0.11	0.24
	29 123		
50	5 25	0.12	0.42
	7 145		
60	1 29	0.01	0.25
	3 149		

TABEL VII

Persistentievoorspelling (AVA-index dag 0+1 = AVA-index dag 0)

Beslissingswaarde	beslissingsmatrix	P.I.	S
30	24 6	0.48	0.33
	48 104		
40	17 13	0.39	0.39
	27 125		
50	9 21	0.19	0.36
	16 136		
60	5 25	0.09	0.29
	12 140		

TABEL VIII

De rol van het weertype (GWL)

		anticyclonaal	cyclonaal	(a)
$n \geq 10$	ja	20	10	
	nee	57	95	

P.I. = 0.29

S = 0.26

		anticyclonaal	cyclonaal	(b)
$AVA \geq 50$		23	1	
$AVA < 50$		54	104	

P.I. = 0.62

BIJLAGE I

LVO-08

LUCHTVERONTREINIGING

VD 10.3.10

DATUM:

AAN: 1. PROV. WATERSTAAT ZUID HOLLAND

TLX: 31088

Tfn: 070-264111

Verzending te

2. RIJNMOND

08.00a

TLX: 25515

Tfn: 010-150100

ALLEEN HET OMLIJNDE VERZENDEN.

Aanwijzingen voor de meteoroloog:

1. dd in tientallen graden, ff in m/s, bedekkingsgraad van lage plus middelbare bewolking. (Ontstaan, veranderingen, oplossen e.d. van de stabiliteit in de laag tot 2000 m.)
2. Verwachtingstermijn is 9 uur vooruit, d.w.z. van 0800-1700a, resp. van 1600-0100a, incidenteel van 2300-0800a.
3. verwachting geldt voor het gehele Rijnmondgebied.
4. Kennisnemen van TAFS van stn 344!!!

Bericht voor P.W. milieu:

Weersverwachting, opgesteld _____ dag, _____ 19, _____ uur MET
geldig tot _____ dag, _____ 19, _____ uur MET.

Wind:

Bedekkingsgraad:

Max
Min temperatuur:

Stabiliteit:

Opmerkingen over telefonisch gegeven inlichtingen:

Tijd van aanbieding:
Paraaf:

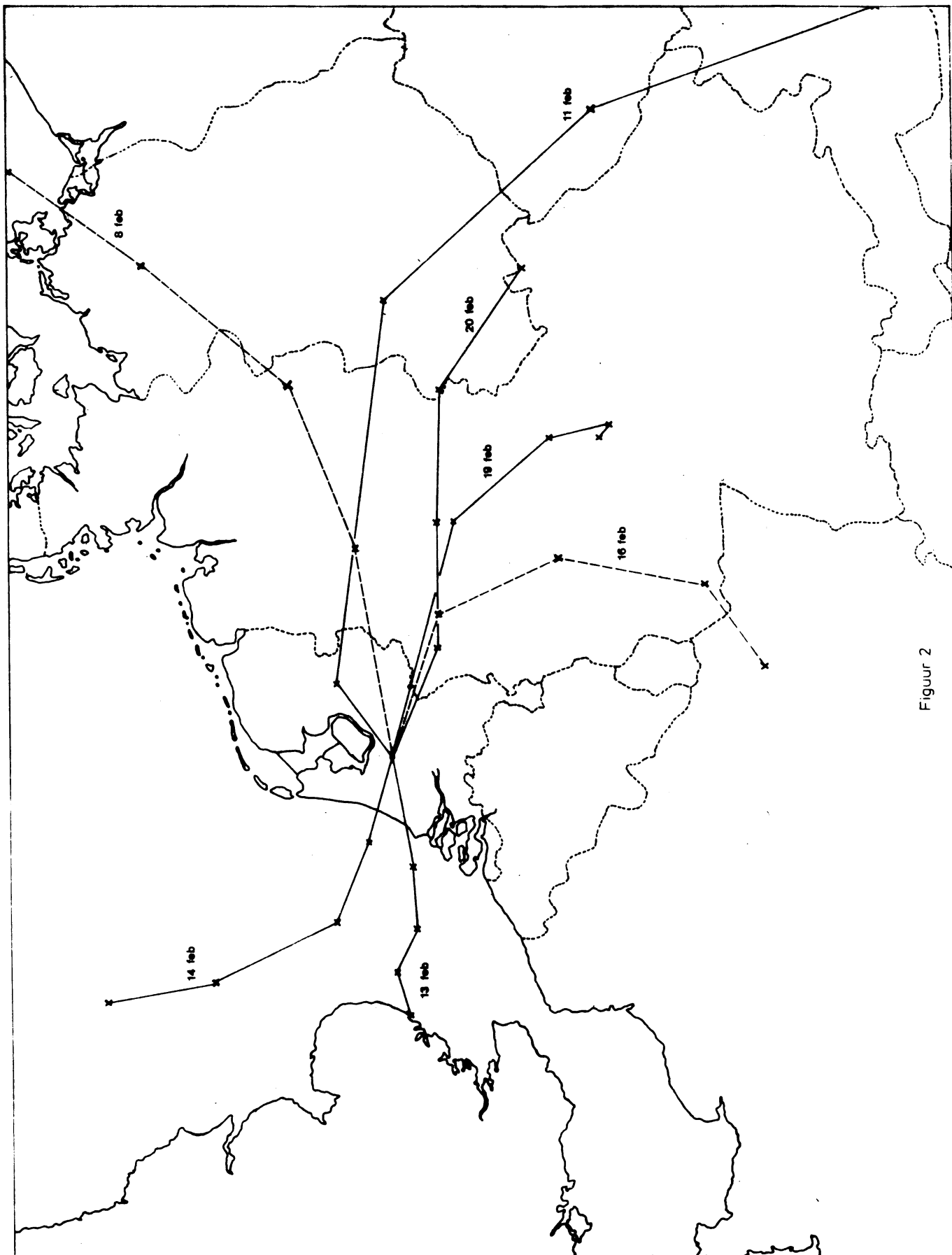
a

Tijd van verzending:
Paraaf:

a

Fig. 1 Prestatie-index (P.I.) en Score (S) als functie van de beslissingswaarde van de AVA-index.

Fig. 2 Terugwaartse trajectoriën eindigend in De Bilt op 1200 GMT op de aangegeven datum in 1978. De kruisjes geven 6-uurlijkse intervallen aan.



Figur 2