QC
987
.N4
T4
no.108

ie van verkeer en waterstaat

koninklijk nederlands meteorologisch instituut

inpassing van Meteosat informatie in de meteorologische besluitvorming

J. Roodenburg

technische rapporten; TR-108

LIBRARY

SEP 2 2 1988

N.O.A.A.
U.S. Dept. of Commerce

de bilt, 1988

de bilt 1988 publikatienummer: Technische rapporten ; TR-108 (DM)

postbus 201
3730 AE de bilt
wilhelminalaan 10
tel. (030) 766911
telex 47096

Afdeling Dynamische Meteorologie

U.D.C.: 551.507.362.2
551.509.21

ISSN: 0169-1708

©KNMI, De Bilt. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotocopie, microfilm, of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het KNMI.

ministerie van verkeer en waterstaat

koninklijk nederlands meteorologisch instituut

QC
989.N4
T4
no. 108

inpassing van Meteosat informatie in de meteorologische besluitvorming

J. Roodenburg

technische rapporten; TR-108

LIBRARY
NOV 0 4 1988
N.O.A.A.
U.S. Dept. of Commerce

de bilt, 1988

KNMI

National Oceanic and Atmospheric Administration
TIROS Satellites and Satellite Meteorology

ERRATA NOTICE

One or more conditions of the original document may affect the quality of the image, such as:

Discolored pages
Faded or light ink
Binding intrudes into the text

This has been a co-operative project between the NOAA Central Library and the Climate Database Modernization Program, National Climate Data Center (NCDC). To view the original document contact the NOAA Central Library in Silver Spring, MD at (301) 713-2607 x124 or Library.Reference@noaa.gov.

HOV Services
Imaging Contractor
12200 Kiln Court
Beltsville, MD 20704-1387
January 26, 2009

SAMENVATTING

Op 1 en 7 oktober 1987 werden op het KNMI synoptische symposia gehouden, waar onder meer de integratie van Meteosat-gegevens in het operationele beslissingsproces aan de orde kwam.

Dit rapport geeft de inhoud weer van de lezingen die over dit onderwerp gehouden zijn.

Na een vergelijking van de verschillende weersatellieten volgt een kort overzicht van de Meteosat-kanalen, wat er mee kan worden waargenomen en hoe de beelden gemanipuleerde kunnen worden.

Uitgebreid wordt ingegaan op toepassingen in de praktijk, zowel voor de zeer korte-termijn weersverwachting ("nowcasting") als voor de verwachting op wat langere termijn.

Inpassing van Meteosat informatie in de meteorologische besluitvorming

J. Roodenburg

I. Inleiding

Operationele meteorologen zijn voortdurend bezig informatie op te nemen, te verwerken en vervolgens te besluiten hoe de weersontwikkeling zal zijn. De "black box" waarin de gegevensverwerking plaatsvindt bestaat, behalve uit gezond verstand, uit een modelvoorstelling van de atmosfeer - het Noorse schoolmodel -, mogelijk nog enkele aanvullingen op die modelvoorstelling, en ervaring.

Zolang de informatiebronnen niet van aard veranderen raakt de meteoroloog steeds meer vertrouwd met de voor hem routine geworden manier van besluitvorming.

Een nieuwe informatiebron daarentegen, zeker als die bron informatie verschaft die niet altijd onmiddellijk duidelijk is, veroorzaakt in eerste instantie eerder verwarring dan meer klaarheid.

Satellietbeelden vormen een voorbeeld van een nieuwe bron van informatie. Inpassing van satellietinformatie in het verwerkingsproces, dat zich in de "black box" afspeelt, is zeker niet eenvoudig en soms onmogelijk: de atmosfeer gedraagt zich veel ingewikkelder dan Bjerknes en de zijnen konden ontdekken.

Desondanks zijn satellietwaarnemingen niet meer uit de operationele weerdienst weg te denken.

Tot voor kort moest worden volstaan met "foto's". Het waren momentopnamen die vooral in het beginstadium van de satellietmeteorologie het de meteoroloog eerder moeilijker dan gemakkelijker maakten.

De lancering van Meteosat 1 - alweer bijna tien jaar geleden - bracht een verbetering boven de tot dan toe gebruikte polaire satellieten. De ten opzichte van de aarde stilstaande Meteosat bood de mogelijkheid beelden op vaste, bij de weerkaarten behorende tijden, op te nemen. Daardoor werd het wat eenvoudiger, door vergelijking van een aantal opeenvolgende foto's, een indruk te krijgen van verplaatsingen en veranderingen in wolkenzones. Het bleef echter bij "plaatjes kijken" en het bleef moeilijk een 1-1 correspondentie te krijgen tussen satellietbeeld en weerkaart.

De aanschaf van een PDUS (Primary Data Users System, een systeem met computer-ondersteuning) heeft een nieuwe krachtige impuls gegeven om méér met Meteosatbeelden te doen dan alleen kijken. Het is nu mogelijk met beelden te manipuleren. Het afspelen van "loops" -versneld vertonen van een aantal achter elkaar opgenomen wolkenbeelden - is nu al "gewoon" geworden. Misschien komt de meteoroloog nu nog vaker in moeilijkheden dan voorheen. Het is niet toevallig dat in veel buitenlandse publicaties nieuwe ideeën omtrent de interpretatie van satellietbeelden worden aangedragen. Ook daar hebben de meteorologen blijkbaar moeite met de inpassing van satellietinformatie bij de gegevensverwerking in hun black box.

In dit rapport wordt eerst iets gezegd over de voor- en nadelen van de twee typen satellieten voor meteorologische doeleinden. Vervolgens worden van Meteosat de verschillende kanalen besproken en wat er mee kan worden waargenomen. Er wordt een voorbeeld gegeven van manipulatie van satellietbeelden (kleurtabellen). Uitgebreid wordt ingegaan op de praktische toepassing van satellietbeelden in de operationele dienst. Tenslotte volgen enkele conclusies.

II Meteorologische satellieten

Er zijn twee soorten satellieten: polaire en geostationaire. Beide hebben voor- en nadelen.

Polaire satellieten beschrijven een baan om de aarde, bijna van pool tot pool. De omlooptijd bedraagt ongeveer vijf kwartier op een hoogte van ongeveer 850 km. Door die betrekkelijk geringe afstand zijn ze in staat nog tamelijk kleine objecten (≈2x2 km) waar te nemen. De door deze satellieten gemaakte wolkenfoto's geven dan ook zeer veel detail.

Een nadeel vormen de onregelmatige tijden van overkomst. Gedurende een omloop van de satelliet draait de aarde circa 20° verder om haar as. Na een omloop waarin Nederland en omgeving nog juist zichtbaar waren volgen enkele omlopen zonder dit gebied in beeld te hebben. Wanneer dat weer wél het geval is, dan gebeurt dat op tijdstippen die slecht passen bij de gebruikelijke tijden van de weerkaarten.

Geostationaire, d.w.z. ten opzichte van de aarde stilstaande satellieten, hebben dit nadeel niet. Ze kunnen, doordat ze steeds hetzelfde deel van het aardoppervlak in hun gezichtveld hebben, op geschikt gekozen tijden waarnemingen doen.

Nadeel van de geostationaire satellieten is hun grote afstand tot het aardoppervlak, ongeveer 36.000 km. Daardoor zijn de beelden veel minder gedetailleerd dan die van hun polaire tegenhangers. Ook de positie, noodzakelijkerwijs boven de evenaar, is een handicap. Met toenemende geografische breedte en lengte vindt steeds sterkere vervorming plaats. Nog een nadeel: door zijn positie boven de evenaar bevindt de satelliet zich gedurende enkele weken in het voor- en najaar rond middernacht in de schaduw van de aarde; hij mist dan een aantal beelden.

De grote regelmaat echter waarmee geostationaire satellieten waarnemingen kunnen doen van hetzelfde deel van het aardoppervlak maakt dit observatiesysteem zo geschikt voor synoptisch-meteorologische doeleinden.

II.1 De Meteosat-kanalen

Meteosat-waarnemingen worden verricht in verschillende golflengtegebieden: zichtbaar licht (0.4 - 1.1 µm), het infrarode waterdampvenster (10.5 - 12.5 µm) en het infrarode waterdamp-absorptiekanaal (5.7 - 7.1 µm). Elk van de kanalen heeft zijn eigen voor- en nadelen.

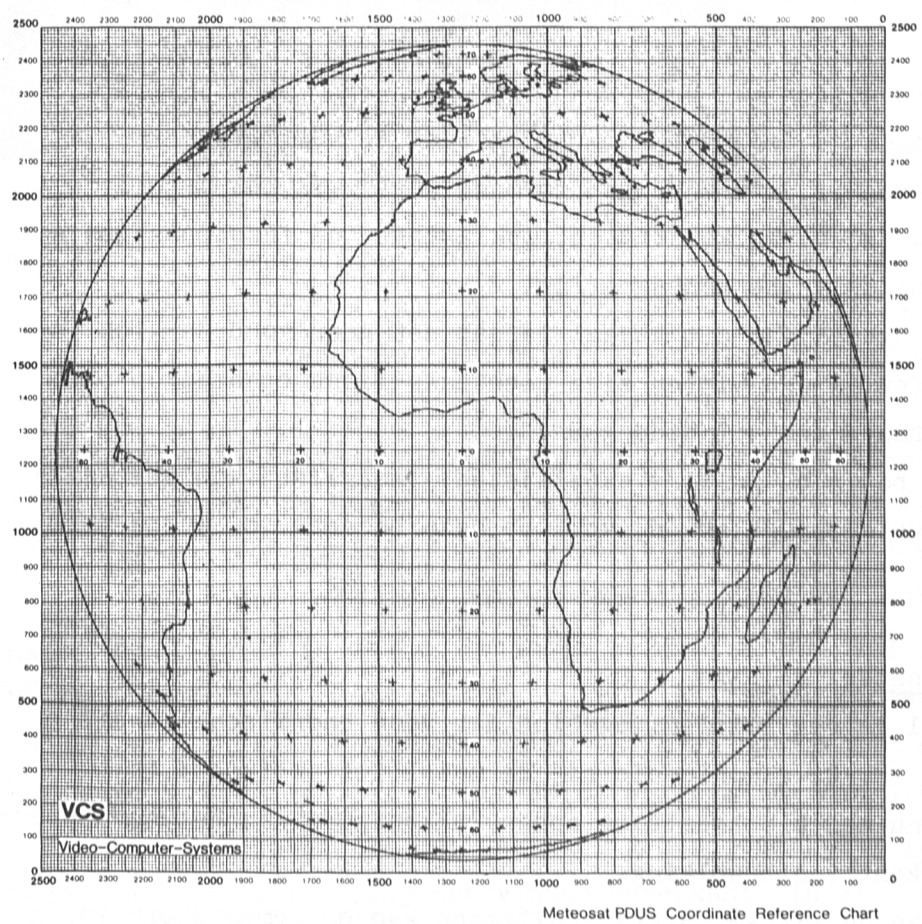


Fig. 1 Meteosat referentiekaart

De waarnemingen beginnen op precies het hele of halve uur. De aarde wordt afgetast (fig. 1) te beginnen met de onderste rij, van rechts naar links in 2500 stapjes. De sensoren springen daarna terug en draaien 1.25×10^{-4} rad naar boven waardoor ze precies de tweede rij van rechts naar links kunnen aftasten. Dit herhaalt zich 2500 keer; benodigde tijdsduur exact 25 minuten. Dat de sensoren van zuid naar noord aftasten is bedoeld om Europa de meest recente gegevens te verschaffen.

II.1.1 Zichtbaar licht (VIS)

Dit is het eenvoudigst te interpreteren kanaal. De beelden zijn zonder meer te vergelijken met een gewone zwart-wit foto. Wat goed reflecteert wordt wit, wat slecht reflecteert wordt donker. Anders gezegd: gebieden met een hoog albedo (wolken, sneeuw, zand) worden wit of lichtgrijs weergegeven, gebieden met een laag albedo (zee, rivieren, naaldbossen) donkergrijs tot zwart.
Hier volgt onmiddellijk een probleem. Sneeuw en bewolking zijn door het bijna gelijke albedo nauwelijks te onderscheiden in dit kanaal. Door vergelijking van meer VIS-opnamen is dit onderscheid wel te maken: het besneeuwde oppervlak verplaatst zich niet.

Ook het onderscheiden van hogere en lage bewolking is niet altijd gemakkelijk. Mist en laaghangende bewolking daarentegen zijn - mits er geen hogere bewolking aanwezig is - vaak alleen goed duidelijk in het zichtbare licht. Convectieve bewolking, wolkenstraten, opklaringen na frontpassages en zeewindregimes zijn duidelijk herkenbaar (fig. 2).

Het grootste nadeel van dit kanaal is dat het geen rond-de-klok informatie kan verschaffen. In de winter zijn zichtbaar-licht opnamen op onze breedten alleen bruikbaar rond het middaguur.

Een voordeel boven de polaire satellieten: "sunglint", de weerkaatsing van zonlicht op wateroppervlakken, komt op onze breedte in Meteosatbeelden niet voor.

II.1.2 Waterdamp-venster (IR)

Het IR-kanaal is een golflengtegebied dat voor thermische straling vrijwel doorschijnend is. De energie die bij de satelliet arriveert is afkomstig van aan de ruimte blootgestelde oppervlakken. Dat kan het aardoppervlak zijn of de bovenkant van bewolking.

Met behulp van de wet van Stefan-Boltzmann kan de temperatuur van het stralend oppervlak berekend worden. De bijgeleverde PDUS-software voert deze

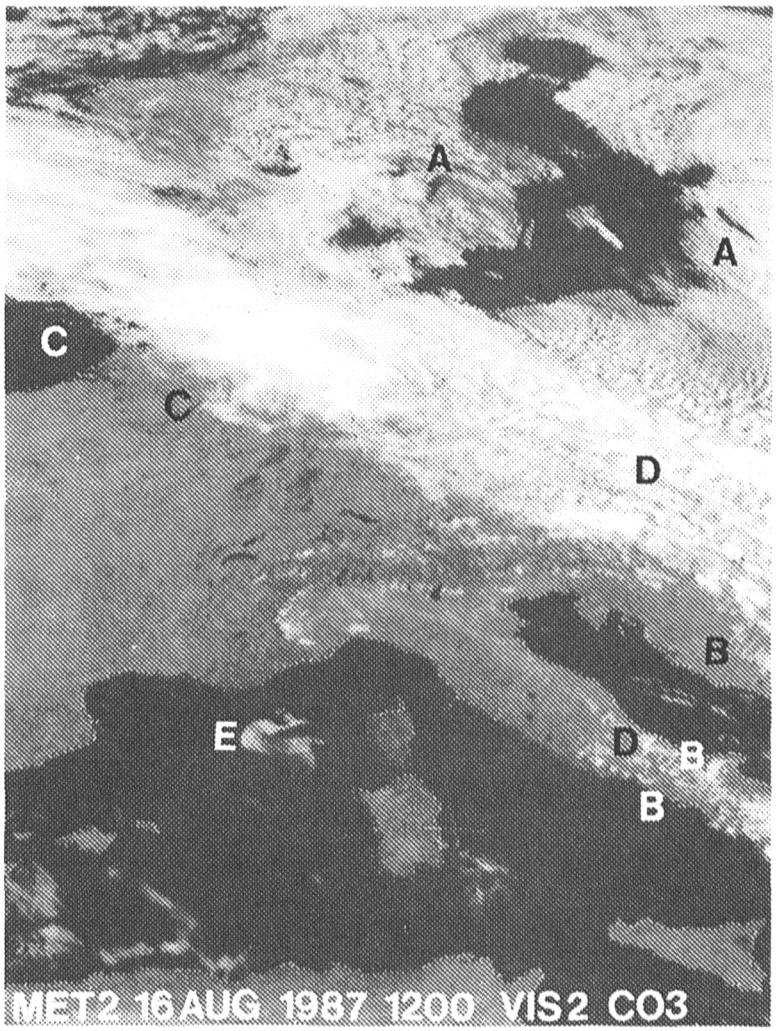


Fig. 2 Zichtbaar-licht opname van Meteosat 2 (16 augustus 1987 1200 UTC) Wolkenstraten (A), zeewindregime (B), opklaringen achter warmfront (C), convectieve bewolking (D) en mist of laaghangende bewolking (E)

berekeningen desgewenst uit, zodat van ieder schermbeeldelement ("dispel" = display element) de temperatuur bepaald kan worden; de temperatuur wordt niet gecorrigeerd voor atmosferische verzwakking van het signaal.

Ook hier doen zich enkele complicaties voor. Met name bij geostationaire satellieten is de resolutie in de ruimte niet erg groot. Op onze breedte heeft een Meteosat beeldelement ("pixel" = picture element) afmetingen van ongeveer 7 km in de oost-west en 10 km in de noord-zuid richting. De sensor ontvangt de over een pixel gemiddelde energie. De daaruit berekende temperatuur is alleen juist als het pixel óf geheel onbewolkt is óf juist geheel bedekt met een wolkenlaag met vlakke bovenkant. In alle andere gevallen wijkt de gemeten temperatuur af van die van de individuele stralende oppervlakken (fig. 3).

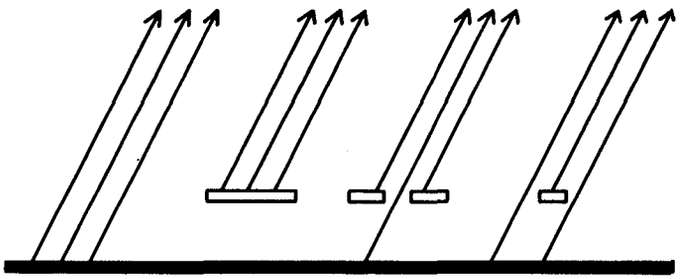


Fig. 3 Effect van bedekkingsgraad op gemeten wolkentoptemperatuur

Oppervlakken met dezelfde temperatuur maar ongelijke hoogte worden in het IR-kanaal niet onderscheiden. Lage stratus onder een inversie is daardoor vaak slecht waarneembaar. Bij inversietemperaturen die hoger zijn dan die van het aardoppervlak is de stratus zelfs donkerder dan het aardoppervlak; raadpleging van grondwaarnemingen is dan noodzakelijk.

II.1.3 Het waterdamp absorptie kanaal (WV)

Het waterdampkanaal is een absorptiekanaal; de energie die bij de sensor in de satelliet aankomt is afkomstig uit die lagen in de atmosfeer waarboven zich (vrijwel) geen waterdamp meer bevindt. Een vochtige atmosfeer zal snel energie absorberen. Een zwak signaal betekent dat de energie van heel hoog uit de atmosfeer afkomstig is. Omgekeerd betekent een krachtig signaal een oorsprong diep in de atmosfeer, vanuit de satelliet gezien.

Waterdampbeelden geven duidelijk de grootschalige structuren aan. Ze zijn goed gecorreleerd aan de vertikale bewegingen, geleverd door het ECMWF, hoewel de satellietbeelden vaak meer detail vertonen dan de ECMWF-produkten (fig. 4).

Interessant is het feit dat een waterdampplaatje in samenhang met een vochtigheidsindicator kan aangeven of witte (= koude) gebieden uitsluitend uit c_i/c_s bestaan of de bovenkant vormen van een dicht pakket bewolking. Hoge vochtigheid gecombineerd met witte gebieden duiden op dichte bewolking en dus royale neerslagkansen; witte gebieden met lage vochtigheid duiden op c_i/c_s; donkere gebieden met hoge vochtigheid duiden op een concentratie van waterdamp laag in de atmosfeer (onder ongeveer 4 km) en donkere gebieden met laag waterdampgehalte wijzen op onbewolkt weer, eventueel zeer laaghangende bewolking of mist.

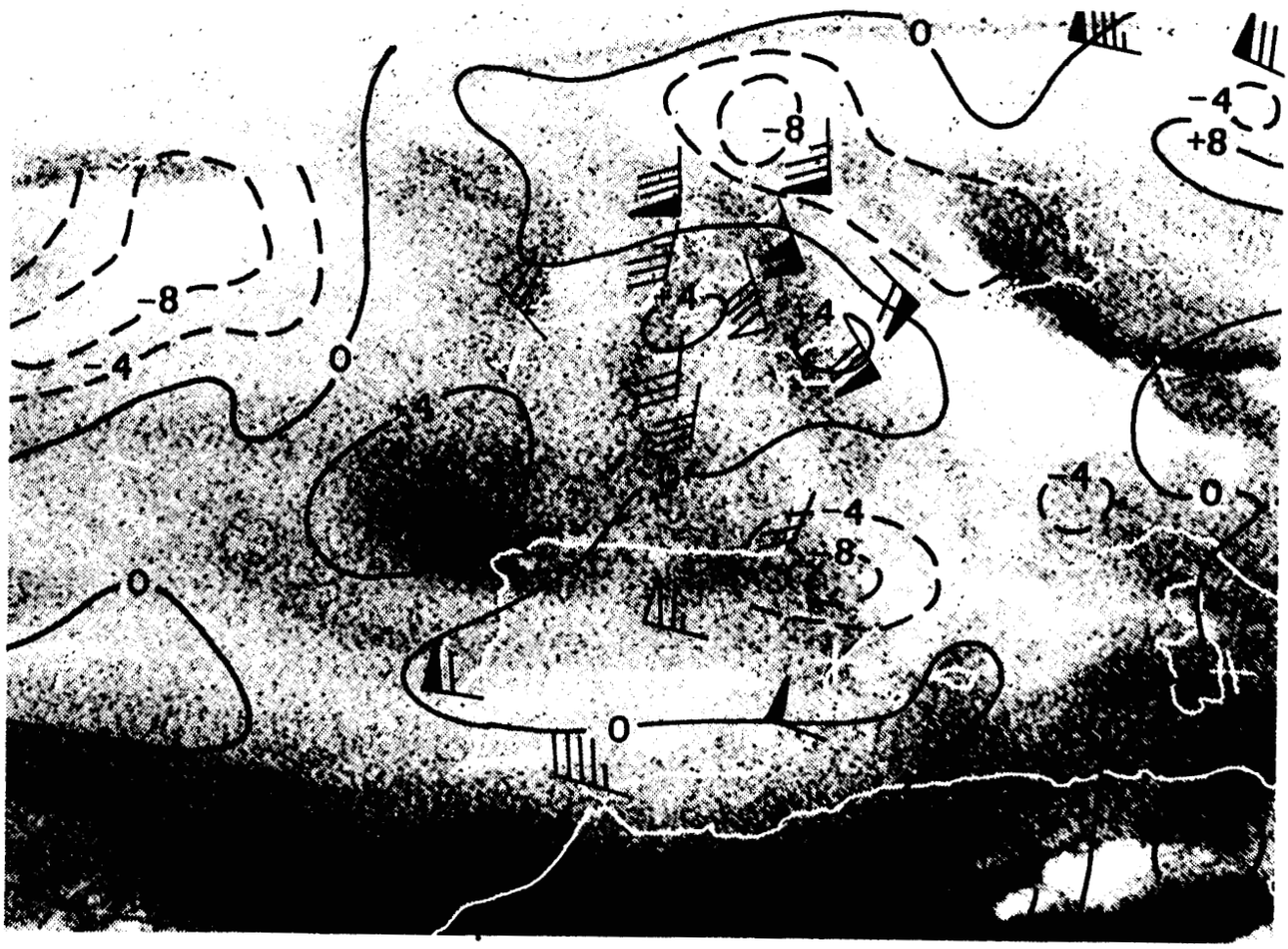


Fig. 4. WV-beeld met vertikale beweging en enkele 300 hPa winden (26 mei 1988, 23.30 UTC)

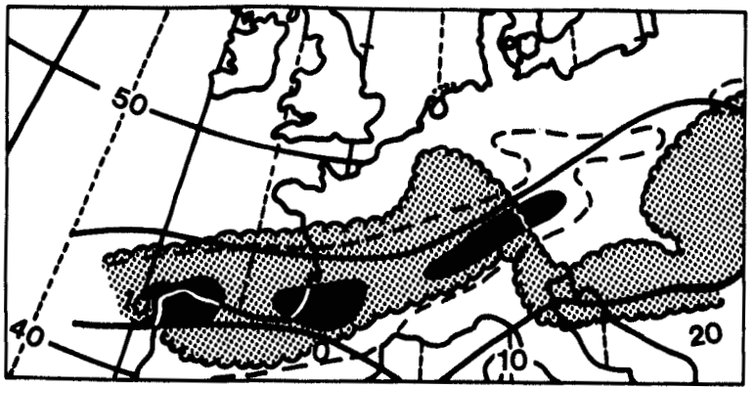


Fig. 5. Samenhang WV-counts (≤60, gestippeld), potentiële neerslag (≥2,5 cm, getrokken lijn) op 23 oktober 1986 0000 UTC en neerslag (stippellijn: ≥5 mm, donker: ≥ 20 mm) tussen 22 oktober 1987 1800 UTC en 23 oktober 1986 0600 UTC

Geëxperimenteerd is in dit verband met de grootheid "precipitable water" (PW), de integraal van de mengverhouding en misschien het best te vertalen met "potentiële neerslag". Gebieden waar dit getal "hoog" is (d.i. bijvoorbeeld boven het maandgemiddelde) en waar tegelijkertijd het waterdampkanaal "koud" is (bijvoorbeeld kouder dan -40°C) geven bijna altijd flinke, soms zeer grote regentotalen (fig. 5).

Uit de experimenten kan voorzichtig de volgende tabel worden afgeleid (tabel 1), waarbij voor PW ook gedacht mag worden aan bijvoorbeeld dauwpuntstemperaturen.

		WV	
		warm (donker)	koud (licht)
PW	laag	onbewolkt of geen significante bewolking	ci/cs, dicht
	hoog	mist, lage stratus evt. motregen neerslaghoeveelheid beperkt	cs/as/ns evt. cb (zeer) veel neerslag, vooral in zomer en najaar

Tabel 1 Bewolking en weer uit combinatie van waterdampabsorptie en potentiële neerslag

Bedacht moet worden dat het WV-kanaal bij afwezigheid van hoge bewolking geneigd is "droogte" te suggereren boven hooggelegen gebieden zoals Centraal Spanje, het Franse hoogland en het Alpenmassief. Daar is uiteraard minder atmosfeer voorhanden om straling te absorberen.

Het WV-kanaal geeft naast lichte banden ook altijd donkere tot bijna zwarte banden. De jetstream heeft bijna altijd zo'n donkere band bij zich (d.i. dalende stromingen); het omgekeerde geldt niet!

Systemen, die op de grondkaart schijnbaar niet samenhangen, liggen vaak in een zelfde waterdamprijke zone.

III Computerbewerkingen

De energieën die bij de verschillende sensoren arriveren worden op volgorde van grootte ingepast in een schaal die loopt van 0 tot 255 ($=2^8$). Hierbij staat de nul (= zwart) voor "geen energie" en 252 (= wit) (de hogere getallen worden voor andere doeleinden gebruikt) voor "maximale energie". In het zichtbare licht levert dat donkere zeeën en bossen (weinig reflectie) en witte wolken (zeer goede reflectie) op. In het infrarood en het waterdampkanaal zouden oceanen echter (warm, veel energieopbrengst) wit worden en wolken zwart. Daarom wordt hier traditioneel de zaak "omgenummerd" (fig. 6).

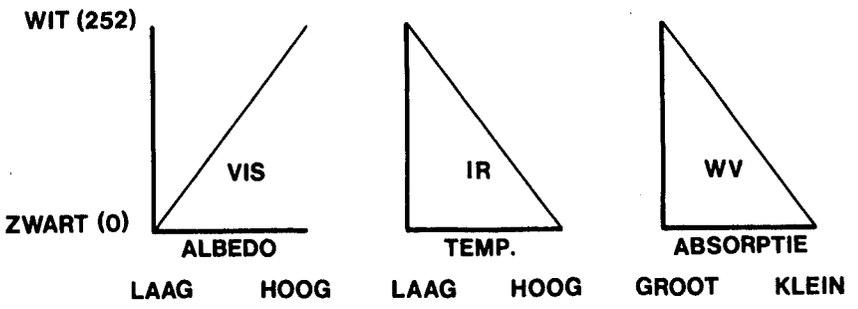


Fig. 6 Verband tussen VIS-, IR- en WV-waarden en zwarting zonder enhancement

Door dit "digitaliseren" zijn de gegevens geschikt gemaakt voor computerbewerking. Van ieder beeldelement wordt de positie op het aardoppervlak en de bijbehorende grijswaarde in het geheugen opgeslagen. Door het kiezen van een geschikt ontvangstschema kan ieder gewenst gebied binnen het gezichtsveld van de satelliet in beeld worden gebracht. De beelden kunnen worden getransformeerd naar o.a. een stereografische projectie op de schaal van de weerkaarten. Een dergelijke loop 1:30.000.000 is beschikbaar.

Een belangrijk hulpmiddel is het gebruik van "enhancements". Een enhancement, hier voor het infrarode kanaal, ontstaat als volgt (fig. 7): langs de horizontale as is de temperatuur uitgezet, langs de vertikale as staan de grijswaarden. Zonder enhancement zou het verband tussen temperaturen en grijswaarden gegeven worden door de getrokken rechte lijn.

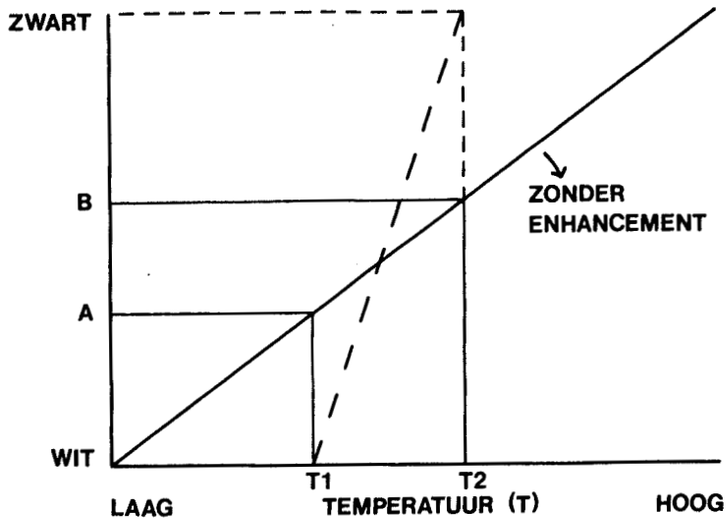


Fig. 7. Voorbeeld van enhancement van een zeker temperatuur-interval

Het temperatuurinterval T_1T_2 zou dan de grijswaarden tussen A en B omvatten. Is er bijzondere belangstelling voor dit temperatuurinterval dan zou de streeplijn een mogelijk enhancement vormen: alles links van T_1 is wit, alles rechts van T_2 is zwart en alle overige grijstinten zijn beschikbaar voor dit temperatuurinterval.

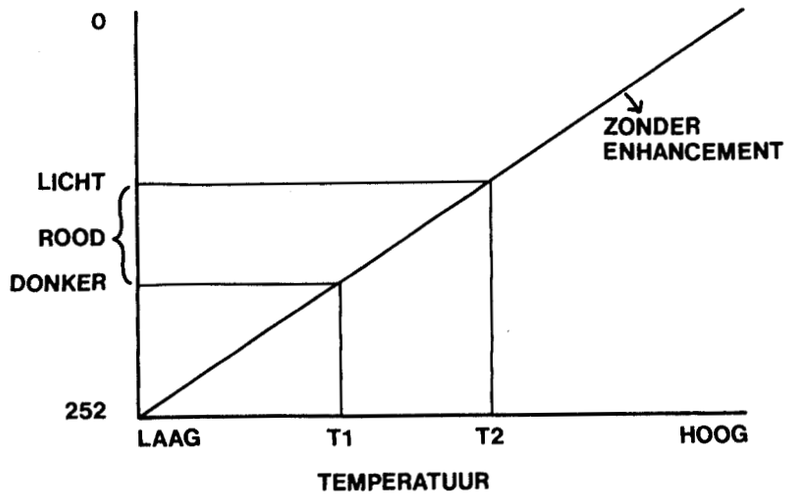


Fig. 8. Voorbeeld van toepassing van kleuring van een temperatuurinterval

Ook kleurtabellen vormen een handig hulpmiddel. Het menselijk oog is maar weinig gevoelig voor grijstinten; het in een "loop" volgen van een bepaalde wolkenzone is daarom voor de meesten gemakkelijker bij het gebruik van kleuren. Het gehele temperatuurbereik kan worden opgedeeld in intervallen die elk een aparte kleur krijgen. Het is bovendien mogelijk binnen de intervallen de kleuren te laten verlopen van bijvoorbeeld donkerrood naar lichtrood (fig. 8).

Vertikale bewegingen zijn in gekleurde loops heel duidelijk waar te nemen aan het veranderen van de kleuren of aan het inkrimpen of uitbreiden van een bepaalde kleur.

IV Toepassingen in de praktijk

In principe zijn er drie gebieden te onderscheiden in de meteorologische praktijk:

1e de zeer korte termijn verwachting, tot zo'n zes uur vooruit;
2e de korte termijn verwachting 6-36 uur vooruit
3e de langere termijn verwachting, tot vijf dagen vooruit.

Deze drie gebieden hebben één ding gemeen: voor een goede weersverwachting is een goede uitgangsanalyse noodzakelijk. Dit houdt in dat de door de satellietbeelden getoonde wolkenzones en opklaringsgebieden op een meteorologisch aanvaardbare manier moeten passen bij de weerkaarten en bij de numerieke analyses of - afhankelijk van het tijdstip van de wolkenanalyse - de numerieke prognoses.

IV.1 De zeer korte termijn

Voor de zeer korte termijn verwachtingen zijn halfuurlijkse loops van een beperkt gebied in Meteosat-projectie het nuttigst. Het meest geschikte kanaal is het IR vanwege de 24-uurs beschikbaarheid; zeker 's zomers kan ook het VIS kanaal veel informatie verschaffen. Lineaire extrapolatie van de posities van wolkenformaties werkt vrij goed tot enkele uren vooruit. Door keuze van een geschikte kleurtabel kan waargenomen worden of bewolking zich al of niet uitbreidt, dikker wordt of juist aan oplossing onderhevig is.

Om te kunnen extrapoleren moeten de wolkengrenzen worden vastgelegd in stappen van bijvoorbeeld één of twee uur. Daartoe zouden voorgetekende sheets kunnen worden gebruikt, die voor de monitor worden bevestigd, waarna met afwasbare inkt de wolkengrenzen worden ingetekend.

Lineaire extrapolatie werkt het beste bij niet te kleine systemen die stabiel van opbouw zijn. In fig. 9 wordt een indruk gegeven van de nauwkeurigheid die bij lineaire extrapolatie verwacht mag worden. Het ging hier om scvelden op de Noordzee bij een verwachting die "zonnige perioden" meldde. Het is duidelijk dat regionaal in ruimte en tijd meer gedifferentieerd had kunnen worden als daaraan behoefte had bestaan.

Aangezien er nog geen mogelijkheid is, neerslaggebieden waar te nemen, kunnen die, indien gewenst, schetsmatig uit de weerkaart op de sheet worden overgenomen. De plaats van de neerslag binnen het bewolkingsgebied zal in de meeste gevallen op een termijn van enkele uren niet veel veranderen: de wolkenextrapolatie levert dan tevens een neerslagextrapolatie.

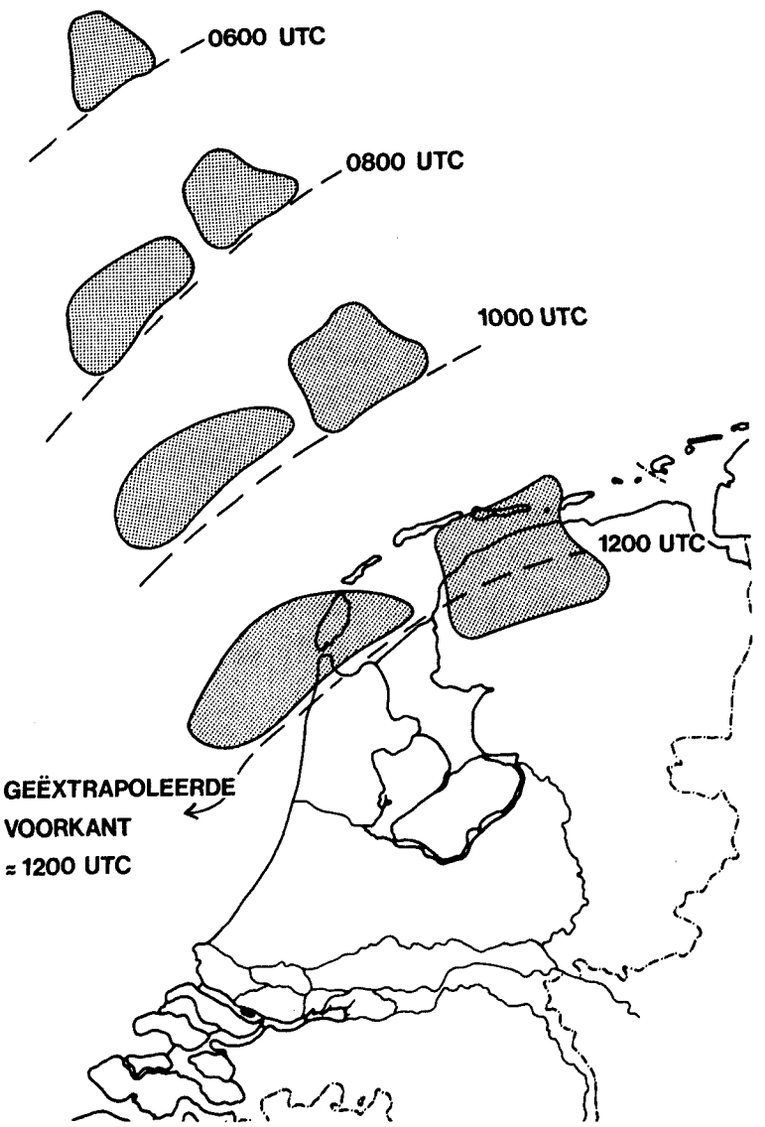
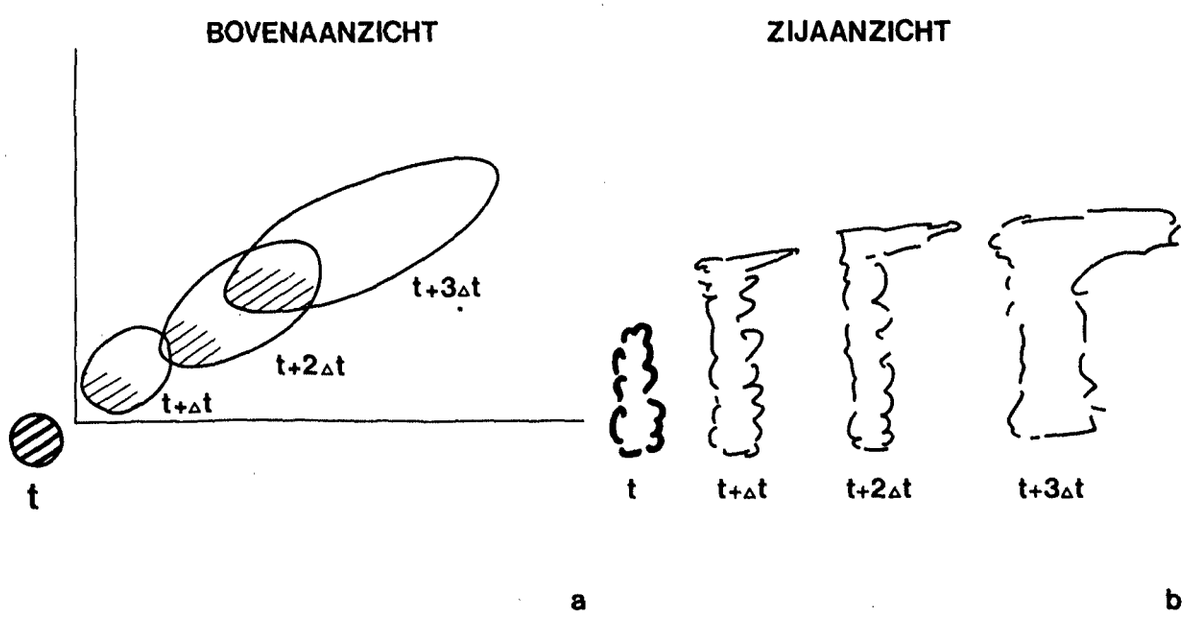


Fig. 9 Lineaire extrapolatie van wolkenvelden

Ook voor regionale opklaringen kan extrapolatie goed worden toegepast. Experimenten hebben geleerd dat betere detaillering mogelijk is; dit is uiteraard van groot belang voor bijvoorbeeld de zonneschijnverwachtingen, maar ook voor de minimum/maximum temperatuursverwachtingen, nachtvorst en gladheidsbestrijding.

Lineaire extrapolatie is niet altijd mogelijk in het geval van convectieve bewolking. Soms is de levensduur van de individuele cellen te kort vergeleken met de halfuurlijkse intervallen tussen de beelden. Een praktijkgeval met langere levensduur wordt getoond in fig. 10a. Hier ging het om een convectieve cel die zich tot een klein onweerscomplex ontwikkelde. De achterkant van het gebied was heel goed lineair te extrapoleren, maar de voorzijde, het sterk uitgroeiende aambeeld, niet. De wolkentop kwam in een snel met de hoogte toenemende stroming terecht, die lineaire extrapolatie onmogelijk maakte (fig. 10b).



10. Extrapolatie van zich ontwikkelende onweersbuien

Eerder is al gewezen op de slechte ruimtelijke resolutie van de IR sensor, waardoor het onmogelijk is vast te stellen of een dispel (d.i. een "vakje" op het beeldscherm, in tegenstelling tot een Meteosat-beeldelement, dat pixel, afkorting voor "picture-element", genoemd wordt) al of niet onbewolkt is.

Wolkengebieden die lineair zijn te extrapoleren omvatten altijd (vele) tientallen dispels. Door een geschikte kleurtabel te zoeken kan de uniformiteit in de temperatuurverdeling afgeschat worden: een "ruizig" beeld betekent een niet-uniform oppervlak. Vermoedelijk is er dan sprake van gaten in het wolkendek, gebroken lagen of plaatselijk enige opbouw. Gebroken bewolking, die 's zomers het land binnen trekt zal "van kleur" veranderen door de hogere temperatuur boven land, die immers de gemiddelde energie-opbrengst per pixel vergroot. Hier moet overigens nog veel onderzoek gedaan worden.

IV.2 De korte termijn verwachting, 6-36 uur vooruit

Hier ligt de kracht van Meteosatbeelden vooral in de mogelijkheid de numerieke analyses en, afhankelijk van het tijdstip, de +12, de +24-uurs en zelfs de +36-uurs prognoses achtereenvolgens te vergelijken met de bijbehorende satellietbeelden. Daartoe is een loop samengesteld in stereografische projectie met een schaal van 1:30.000.000 die 36 beelden bevat.

Als voorbeeld kan dienen een meteoroloog met "late dienst". Deze heeft aan numerieke producten beschikbaar de ECMWF uitvoer gebaseerd op "gisteren" 1200 Z.

Hij zet de geprojecteerde loop stil op gisteren 1200 Z. Met behulp van de al geschetste overlay techniek neemt hij, na een geschikte kleurtabel gekozen te hebben, de contouren over. Hij doet hetzelfde op een nieuwe overhead sheet en met dezelfde kleurentabel op het satellietbeeld van de afgelopen nacht 0000 Z en tenslotte neemt hij op een derde sheet het beeld van 1200 Z vanmiddag over (bij operationele invoering van dit systeem behoeft de meteoroloog in dit voorbeeld alleen het beeld van "vanmiddag" 1200 Z over te nemen: zijn voorgangers hebben de rest immers al gedaan! Er zou dan een standaard kleurentabel ontworpen moeten worden).

De meteoroloog kan nu voor elk van deze tijdstippen de bewolkingsgebieden over de numerieke producten leggen. Niet alleen krijgt hij zo een snelle indruk van de veranderingen en verplaatsingen van de wolkenzones, maar ook van hun samenhang met meteorologische grootheden. Tegelijk kan hij constateren of bijvoorbeeld de +24 prognoses al of niet passen bij de door hem waargenomen werkelijkheid.

Als bijvoorbeeld een front langzamer blijkt te lopen dan de thermische frontparameter aangeeft is dat waarschijnlijk reden om de verwachting aan te passen.

Ook de voorspelde ligging van depressies kan op deze manier goed geverifieerd worden.

Het overnemen van een gekleurde wolkenfoto op een overhead sheet kan heel snel gebeuren; het hoeft ook niet erg nauwkeurig gedaan te worden. Het gaan tenslotte om de grote lijnen.

IV.3 De langere termijn verwachting

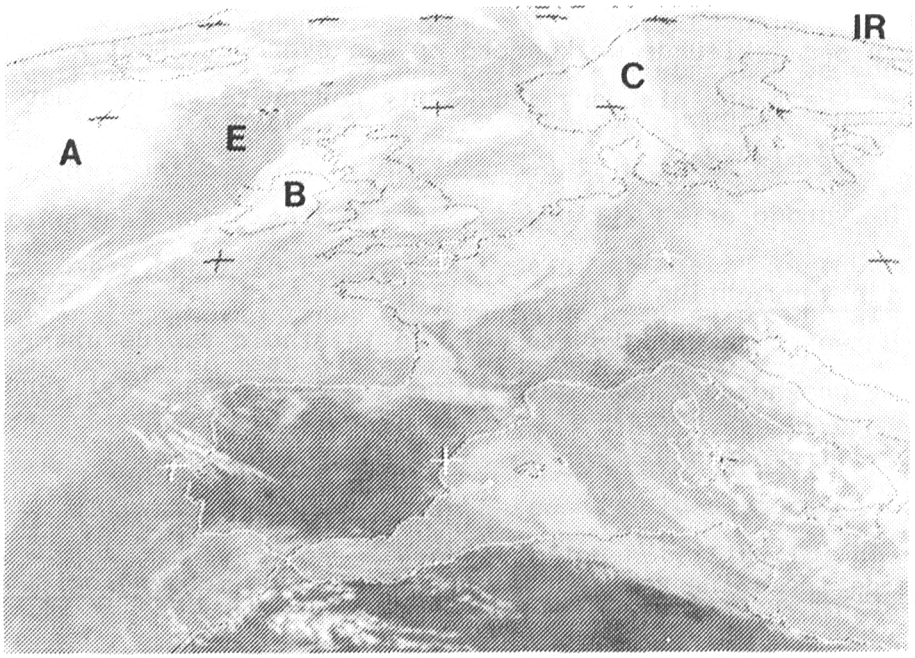
Hier speelt de Meteosat nauwelijks een rol. De juistheid van de uitgangssituatie en de +12 prognoses kunnen geverifieerd worden, maar veel verder reikt het nut niet.

V Een voorbeeld van de inpassing van satellietbeelden in de meteorologische praktijk

Satellietbeelden tonen de bovenkant van de produkten van processen die geleid hebben tot condensatie/sublimatie. Ze vormen daarmee een aanvulling op de conventionele gegevens die een meteoroloog tot zijn beschikking heeft.

Om de in de inleiding genoemde 1-1 correspondentie tusen satellietbeeld en weerkaart tot stand te brengen, dient het satellietbeeld zo objectief mogelijk geanalyseerd te worden. Hiertoe is een loop beschikbaar in polair stereografische projectie op 60°NB. De beelden van 0000 en 1200 UTC kunnen op een voorgetekende overhead-sheet globaal overgenomen worden. Uit vergelijking met de beschikbare ECMWF-analyses of -prognoses kan bewolking meestal eenduidig worden geklassificeerd als frontaal, trog, orografisch enz. Van deze "overlay"-techniek wordt nu een aan de praktijk ontleend maar willekeurig voorbeeld gegeven waarbij wordt uitgegaan van een meteoroloog met "vroege" dienst. Kortheidshalve worden alleen de stappen beschreven die leiden tot een verwachting voor de komende 24 uur.

Donderdag 10 maart 1988, rond 0600 lokale tijd. De infrarode opname van gisteren 1200 UTC wordt getoond in fig. 11.



MET2 09 MAR 1988 1200 IR1 D2

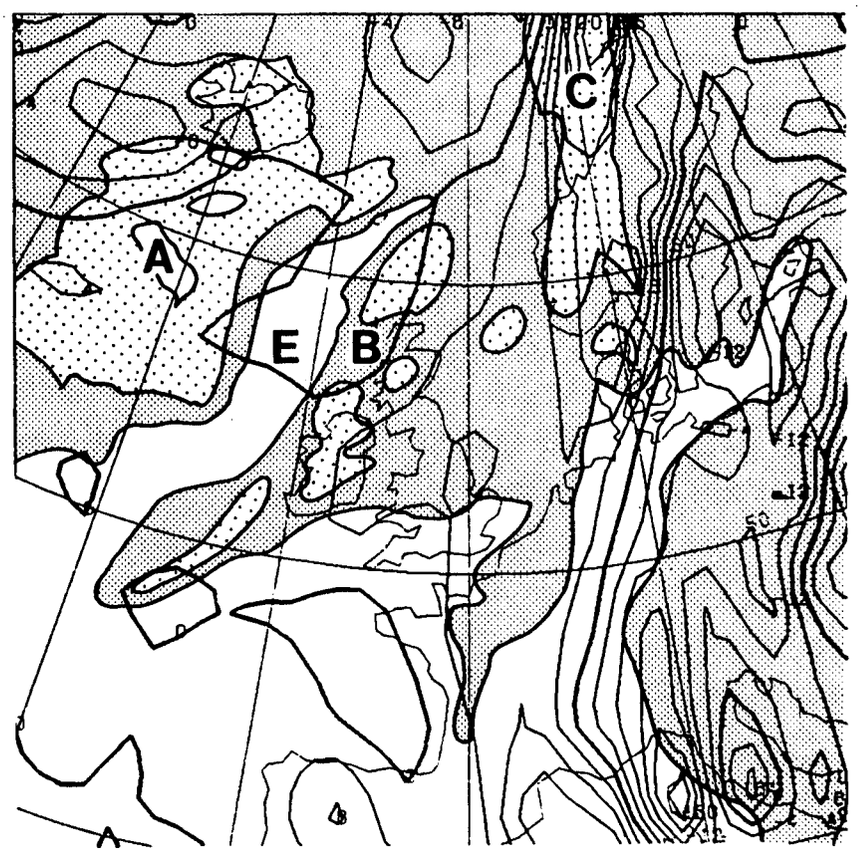
Fig. 11 Meteosat 2, 9 maart 1988 1200 UTC met aangegeven enkele wolkenpartijen (zie tekst voor details)

Fig. 12a is de thermische frontparameter (TFP, de verandering van de diktegradiënt in de richting van die gradiënt - fronten liggen theoretisch in de gebieden met de maxima -) van 9 maart 1988 1200 UTC met aangegeven bewolking kouder dan -5°C (dicht gestippeld) en bewolking kouder dan -25°C (licht gestippeld). In fig. 12b is hetzelfde gedaan met de 500 hPa-kaart, die tevens voorzien is, in streeplijnen, van de absolute vorticiteit.

Er zijn op dat moment drie prominente bewolkingsgebieden te onderscheiden. A, ten zuiden van IJsland, ligt in een gebied met zwakke positieve waarden in de TFP en kan dus als frontaal aangemerkt worden. Dit geldt ook voor gebied C, dat volgens de TFP zich moet voortzetten over Nederland, via Zuidoostfrankrijk tot in Tunesië. Fig. 11 ondersteunt deze conclusie. Alleen in het Franse centrale hoogland en in Noordoostspanje is weinig bewolking aanwezig.

Wat betreft gebied B: de TFP doet hierover geen uitspraak. Uit fig. 12b blijkt echter dat B blijkbaar samenhangt met een 500 hPa trog en het bijbehorende vorticiteitsmaximum.

Tenslotte verdient gebied E de aandacht. De hier gemeten temperaturen zijn, gemiddeld over de pixels, warmer dan -5°C. Toch is in dit gebied wel degelijk bewolking aanwezig (fig. 11). De bedekkingsgraad is blijkbaar zo klein dat de zeewatertemperatuur de grootste invloed heeft op de uiteindelijke gemiddelde temperatuur. Binnen E neemt de bewolking van noord naar zuid gaande af door de in het zuidelijke deel aanwezige negatieve vorticiteitsadvectie.



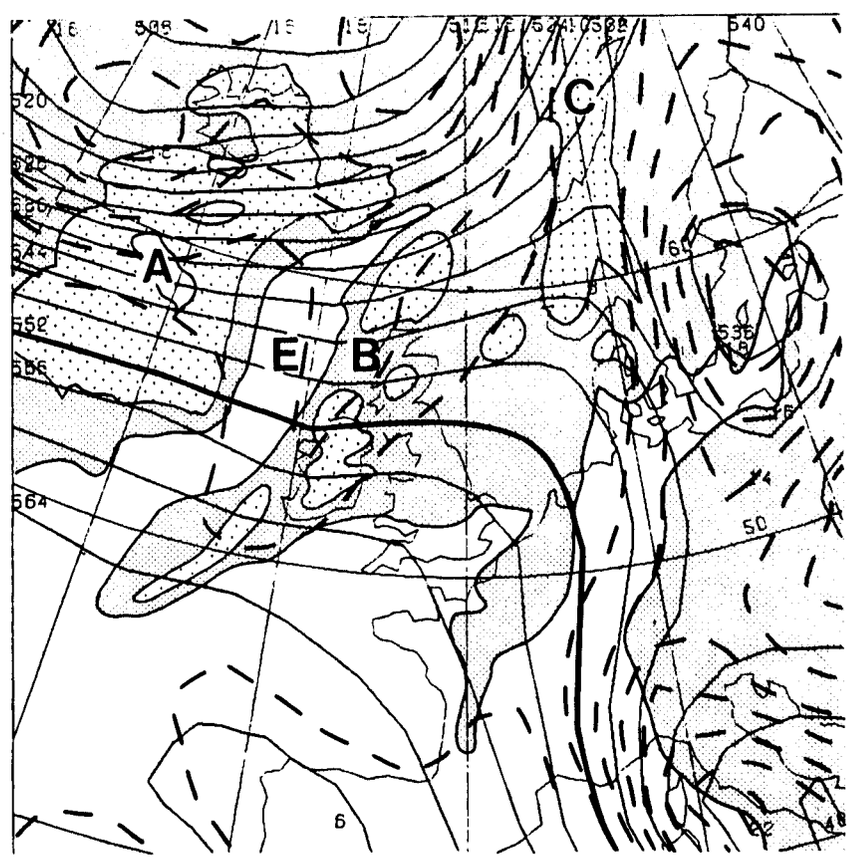


Fig. 12a Bewolking 9 maart 1988 1200 UTC gesuperponeerd op thermische frontparameter (dicht gearceerd wolkentop ≤-5°C, licht gearceerd toptemperatuur ≤-25°C)

b Als 12a maar gesuperponeerd over 500 hPa plus absolute vorticiteit

In fig. 13a,b, geldig voor 10 maart 1988, 0000 UTC, zijn de gebieden A, B en C opnieuw te herkennen als respectievelijk frontaal (a), trog (b) en frontaal (a). Inmiddels is een nieuw gebied D verschenen dat duidelijk met frontale zone A samenhangt (fig. 13a). Tot zover dit beperkte voorbeeld van objectieve analyse van satellietbeelden met de "overlay" techniek.

De meteoroloog zou het weer voor de komende 24 uur afschatten. In dit vereenvoudigde voorbeeld gebruikt hij de +24 en +36 uur van de bij de analyse van de satellietbeelden gebruikte velden. In fig. 14a,b zijn de TFP (a) en de combinatie 500 hPa plus absolute vorticiteit (b) weergegeven voor 10 maart 1988, 1200 UTC. De frontale zone A-D is door het ECMWF berekend te lopen over Noorwegen, via halverwege de Noordzee en de Engels/Schotse grens naar ongeveer de 60e breedtegraad ten zuiden van IJsland. C moet nog te vinden zijn over het noorden van Noorwegen en de Baltische staten maar is voor het Nederlandse weer niet interessant. Gebied B is terug te vinden in de zuidwaartse uitstulping in de "isovorts" (lijnen van gelijke absolute vorticiteit) en behoort dus over Zuidzweden via Denemarken naar de Oostelijke helft van Nederland te liggen. B moet gevolgd worden door E, nog herkenbaar aan de zwakke noordwaartse uitstulping in de isovorts in de buurt van de Nederlandse kust.

Volgens fig. 15a, geldig voor 11 maart 1988, 0000 UTC, zou systeem A over Zweden, via Luxemburg en vervolgens scherp terugbuigend naar het noordwesten langs de Engelse oostkust te vinden moeten zijn.

Gebied B is niet duidelijk meer te vinden in de isovorts in fig. 15b, maar is in ieder geval voor Nederland geen probleem meer.

Voor de komende nacht is wel van belang een nog niet genoemd systeem F (fig. 13). Het bevindt zich in een gebied met negative waarden voor de TFP en in een overgangsgebied van positieve naar sterk negatieve vorticiteitsadvectie. Dit duidt er op dat F gekenmerkt zal worden door, stroomopwaarts gezien, sterk afgenemende buienactiviteit. Deze combinatie van negatieve TFP en overgang van positieve naar negatieve vorticiteitsadvectie wordt aangetroffen op 11 maart 0000 UTC (fig. 15b) boven Noordduitsland, Noordoostnederland en een groot deel van de Noordzee. Met de tot nu toe gevolgde gedachtengang zou de meteoroloog de volgende conclusies kunnen trekken: Eerst neerslag tot gebied B gepasseerd is (schatting: rond 1200 UTC nog over Oostelijke provincies), daarna opklaringen op nadering van gebied E. Tegen eind van de middag opnieuw neerslag door gebied A, dat ruim voor middernacht alweer wordt gevolgd door gebied F met eerst buien maar spoedig opklaringen.

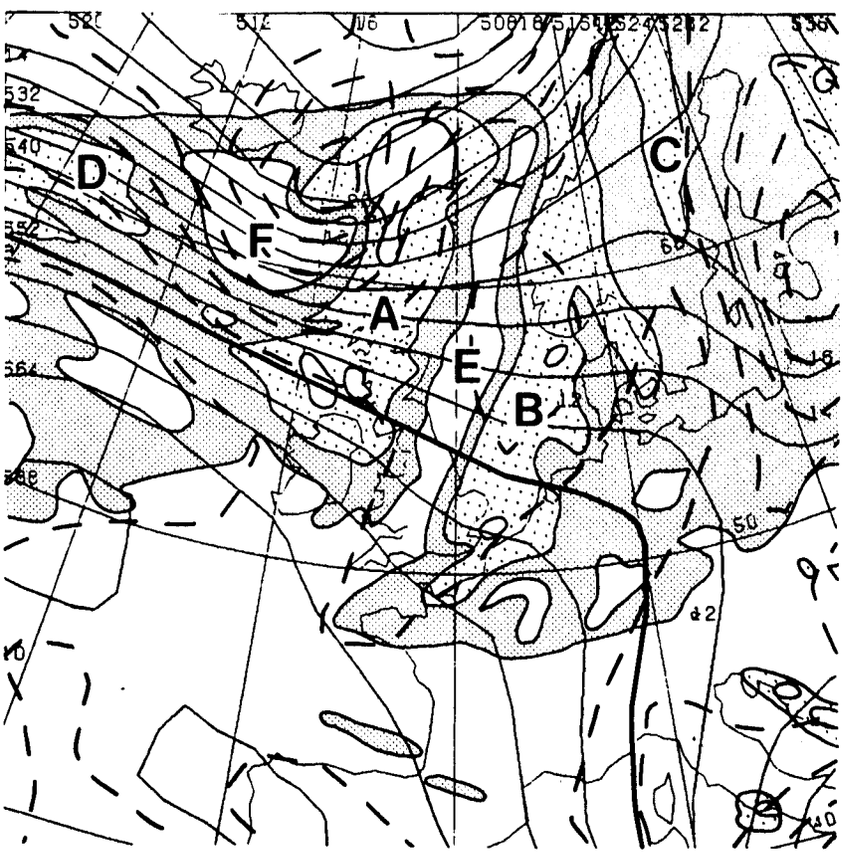


Fig. 13a Als 12a, maar voor 10 maart 1988, 2330 UTC

b Als 12b, maar voor 10 maart 1988, 2330 UTC

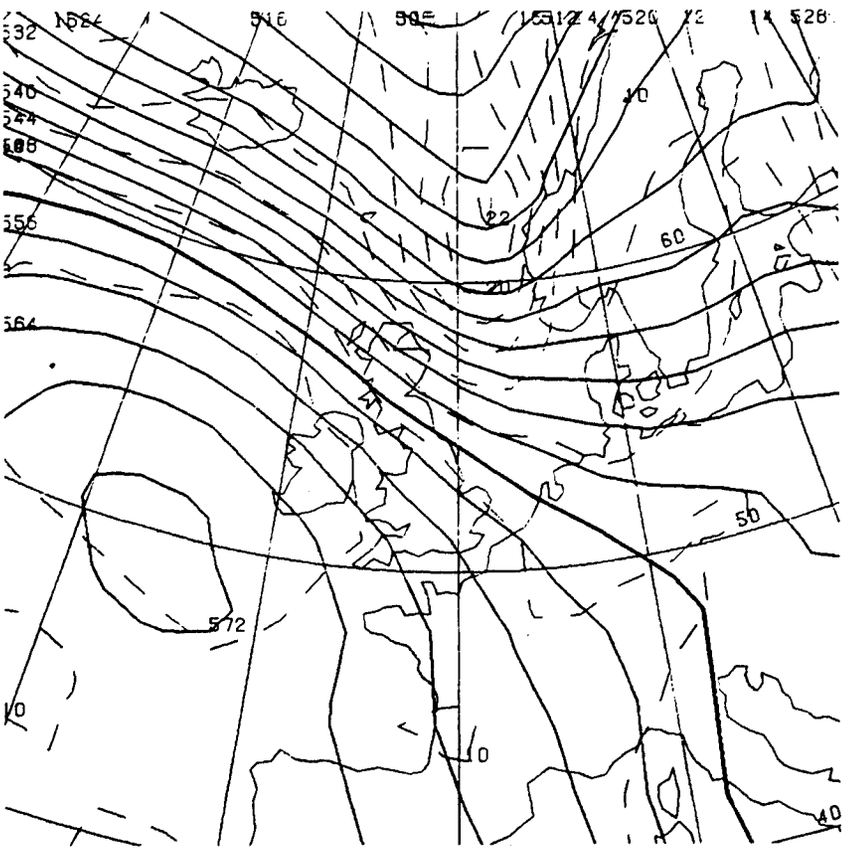


Fig. 14a Thermische frontparameter, geldig voor 10 maart 1988, 1200 UTC

b 500 hPa plus absolute vorticiteit voor 10 maart 1988, 1200 UTC

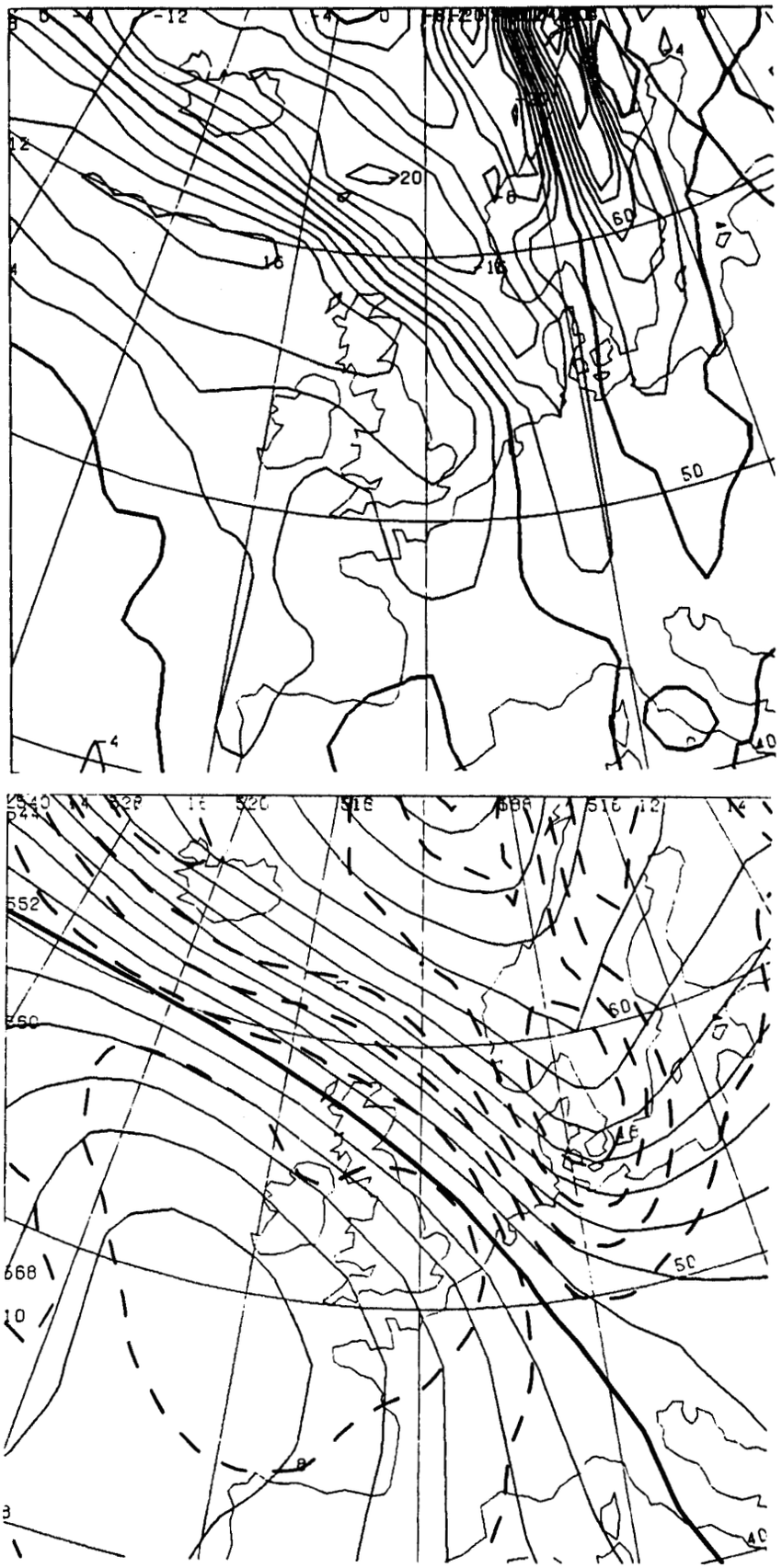


Fig. 15a Als 14a maar voor 11 maart 1988, 0000 UTC

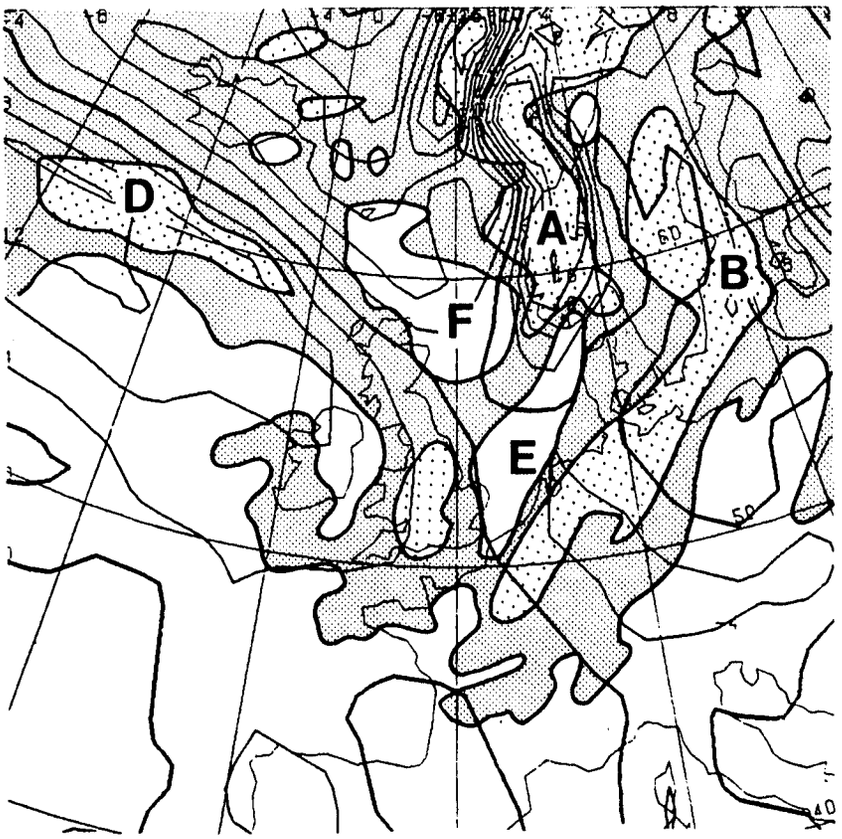
b Als 14b maar voor 11 maart 1988, 0000 UTC

In de figuren 16 en 17 wordt de opgetreden bewolking weergegeven resp. op 10 maart 1200 UTC en 11 maart 0200 UTC en in tabel 2 het neerslagverloop voor de vijf hoofdstations.

Uit dit voorbeeld blijkt dat de overlay-techniek een goed hulpmiddel is voor de objectieve analyse van wolkenbeelden en het de meteoroloog mogelijk maakt de toekomstige positie van wolkenzones redelijk af te schatten. Daarbij moet de vertaling van wolkenzones naar neerslagzones natuurlijk gebeuren aan de hand van de weerkaarten.

		235	260	280	310	380
10/3/88	6	R	R	R	.	R
	7	R	R	R	R	R
	8	R	R	R	R	.
	9	R	R	R	R	.
	10	.	R	R	R	R
	11	.	R	R	R	.
	12	.	R	.	R	R
	13	.	R	.	.	R
	14	.	.	.	.	R
	15	.	.	.	.	R
	16	.	.	.	.	.
	17	R	.	.	.	.
	18	R	R	R	.	.
	19	.	R	R	.	.
	20	.	R	R	R	.
	21	.	R	.	R	R
	22	.	R	R	R	R
	23	.	.	.	R	R
	24	.	.	.	.	.
11/3/88	1	.	.	.	.	.
	2	.	.	.	.	.
	3	.	.	.	.	.
	4	.	.	.	.	.
	5	.	.	.	.	.
	6	.	.	.	.	.

Tabel 2 Neerslagverloop op 10-11 maart 1988



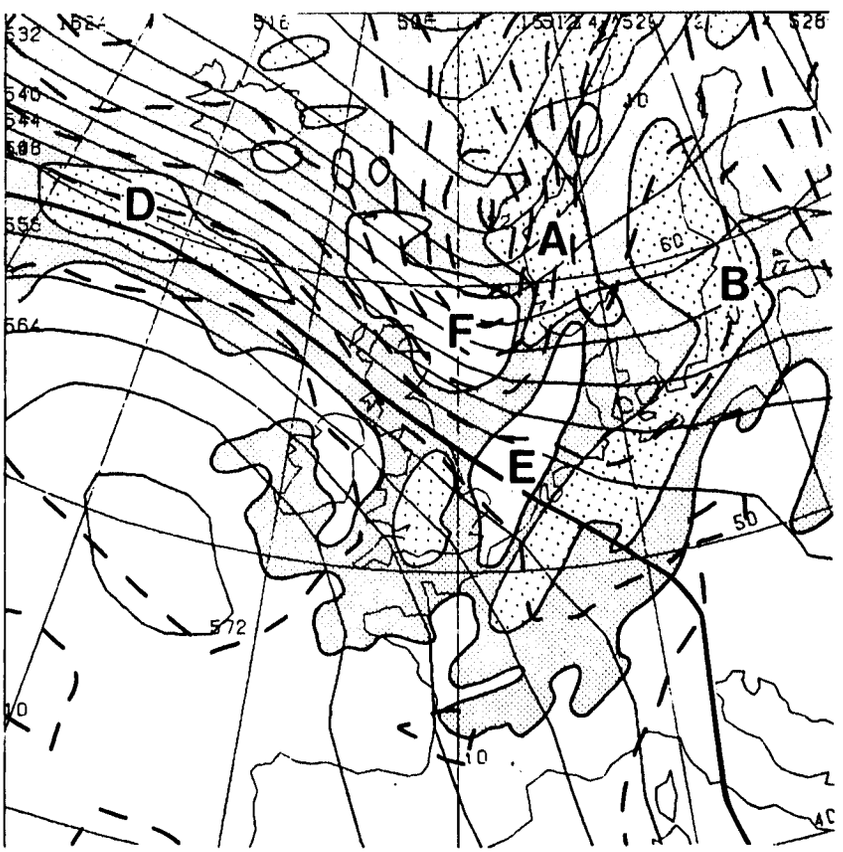
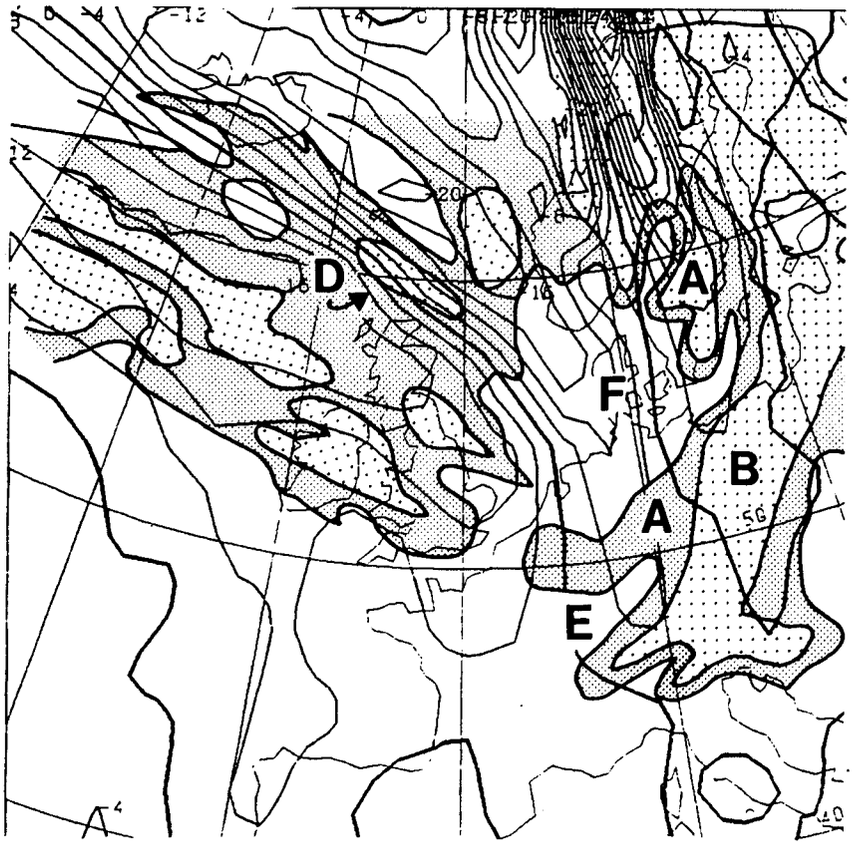


Fig. 16a Als 14a, maar met opgetreden bewolking

b Als 14b, maar met opgetreden bewolking



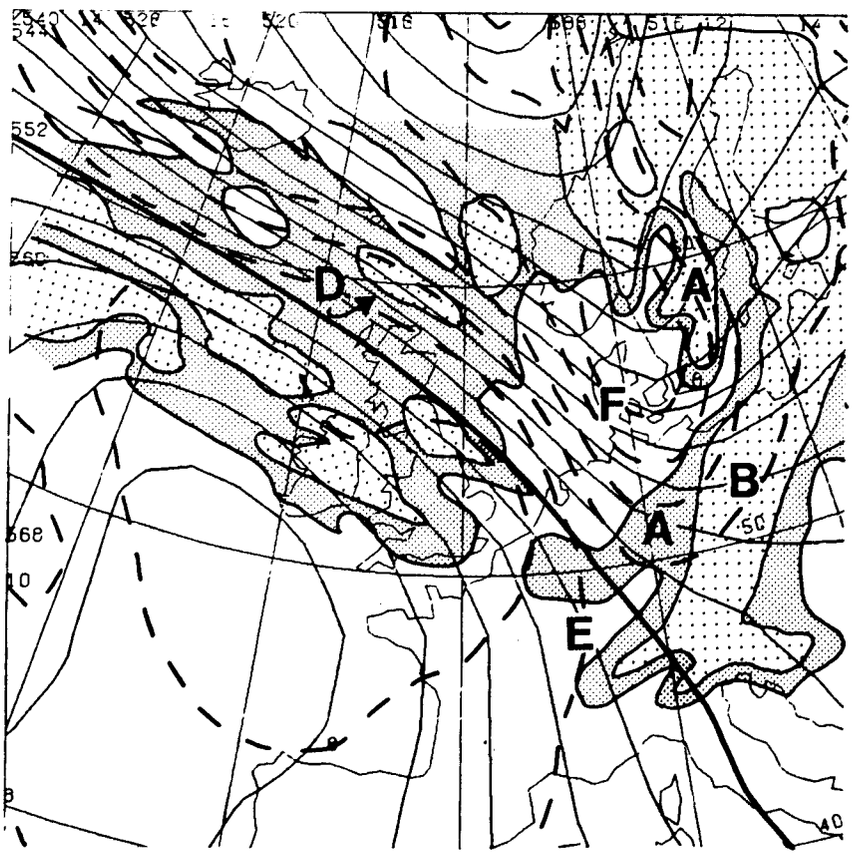


Fig. 17a Als 15a, maar met opgetreden bewolking

b Als 15b, maar met opgetreden bewolking

VI Orografische effecten

Het is vermoedelijk pas door het herhaaldelijk afspelen van satellietloops duidelijk geworden hoe enorm groot de invloed van onregelmatigheden in het aardoppervlak is op de bewolking.

Dit geldt zowel voor het ontstaan als voor het oplossen van bewolking. Daar komt bij dat beide, zowel oplossing als vorming, doorgaans plaatsvinden binnen een bepaalde luchtsoort dus in het algemeen in gebieden en op tijdstippen dat de meteoroloog zich niet bewust is van mogelijke verrassingen. Een bekend voorbeeld is het oplossen van mist bij aanvoer uit het Zuidoosten. Lucht die aanstroomt uit het gebied van de Ardennen of de Eifel ondergaat een daling van zo'n 500 m op zijn weg naar Nederland en wordt daardoor adiabatisch verwarmd. Dit is één van de manieren waarop hoogteverschillen hun stempel op het weersverloop drukken. Er zijn andere manieren.

Gebleken is dat bewolking uit-föhnt aan de lijzijde van een bergketen als de aangevoerde lucht een opbouw heeft als geschetst in fig. 18a. In deze situaties is de lucht vochtig in de lagere niveaus; er is een inversie ongeveer even hoog als de hoogte van de barrière. De bovenwinden krimpen met de hoogte, er is duidelijk sprake van koude advectie. Het verschijnsel doet zich soms uitgesproken voor als een koufront van het Noorden uit de Alpen bereikt.

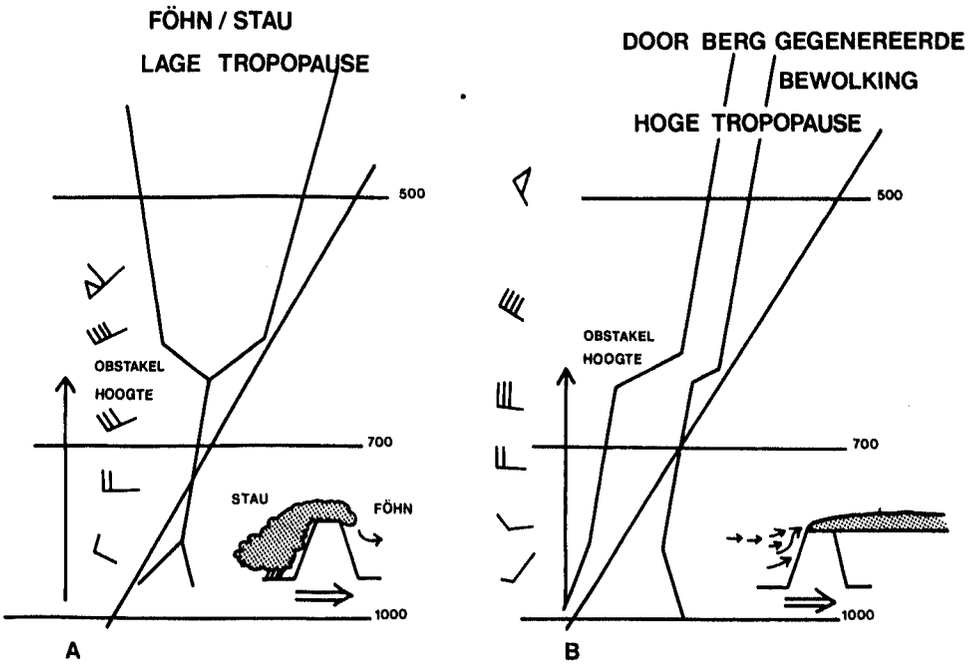


Fig. 18a Voorbeeld van luchtsoort die aan loefzijde start, aan lijzijde van een bergketen Föhn veroorzaakt

b Voorbeeld van een luchtsoort die aan de loefzijde geen bewolking veroorzaakt maar wel aan de lijzijde van de bergketen

Omgekeerd zal bewolking, vaak onverwacht, ontstaan als de aangevoerde lucht een opbouw heeft als getekend in fig. 18b. In dit geval is de lucht in de lagere niveaus tamelijk droog maar is op middelbare hoogte zo vochtig dat een geringe optilling tot verzadiging leidt. In een loop wordt in een dergelijke situatie plotseling bewolking gevormd aan de lijzijde van een bergketen. Dergelijke wolkenbanden kunnen een lengte bereiken van vele honderden kilometers met een breedte van minstens 100 km. Ze leveren zeer waarschijnlijk een teleurstellende zonneschijnverwachting op in het betrokken gebied.

VI.2

Een orografisch verschijnsel dat nogal eens optreedt is geschetst in fig. 19. Er is hier sprake van westelijke aanvoer van koude, onstabiele lucht, waarin zich buien ontwikkelen. Achter de heuvels in Schotland en Wales vormt zich een min of meer driehoekig gebied waarin geen of nauwelijks buien voorkomen. Oriëntatie en grootte van de driehoek hangen af van de windrichting en windsnelheid. Bij ruimende wind bijvoorbeeld zal de punt van de driehoek zich naar het zuiden verplaatsen.

VI.3

Een ander verschijnsel dat soms in satelliet loops zichtbaar is wordt schematisch weergegeven in fig. 20. In dit geval stroomde droge lucht over het Spaanse hoogland. Bij zijn afdaling langs de Zuidoostelijke hellingen van het Spaanse schiereiland ontmoette deze lucht vochtige Middellandse zeelucht. Er ontstond, evenwijdig aan de kust, een lijn van Cb's die ongeveer zes uur later flinke buien veroorzaakte op Corsica en Sardinië.

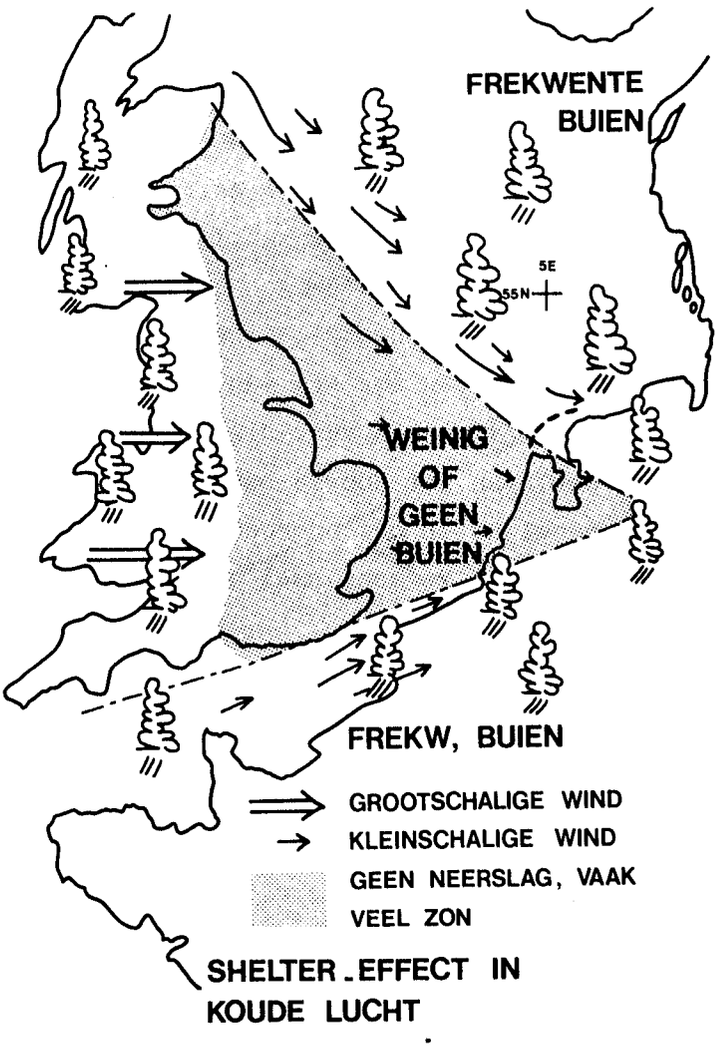


Fig. 19 Regenschaduw achter de heuvels in Schotland en Wales

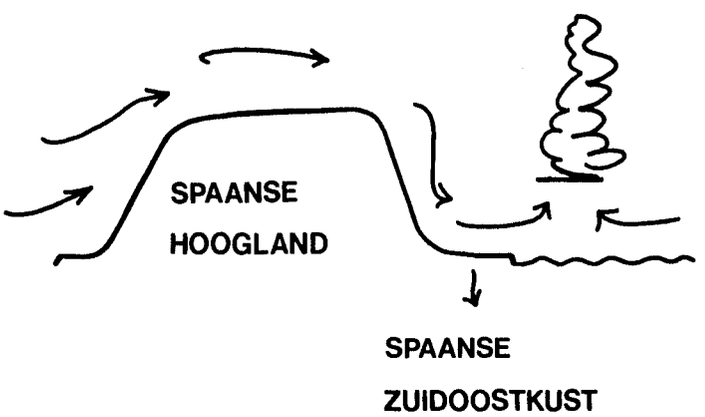


Fig. 20 Ontstaan van wolkenlijnen evenwijdig aan de Spaanse Zuidoostkust

Tenslotte een voorbeeld van onjuiste interpretatie van wat in een satellietloop zichtbaar was. In fig. 21 wordt de situatie schetsmatig getoond. Aan de zuidoostflank ontstond op tijdstip t een wolkengebied (omlijning is isotherm van -25°C). Deze isotherm breidde zich volgens de halfuurlijkse Meteosat opnamen snel naar het noordoosten uit. De aanvankelijke gedachte aan een krachtige ZZW-lijke straalstroom langs de Noorse bergen bleek geen hout te snijden: er stond een NW-lijke, matige stroming. De oplossing wordt getoond in fig. 22. Er was blijkbaar sprake van aanvoer van een wig van betrekkelijk vochtige lucht, die enige optilling behoefde om tot verzadiging te komen. Dit gebeurde het eerst langs het hoogste deel van het Noorse bergland, in het zuiden, en het laatst in het laagste bergland in het noorden. Het is aannemelijk dat ook in de vrije atmosfeer dit verschijnsel zich nu en dan voordoet.

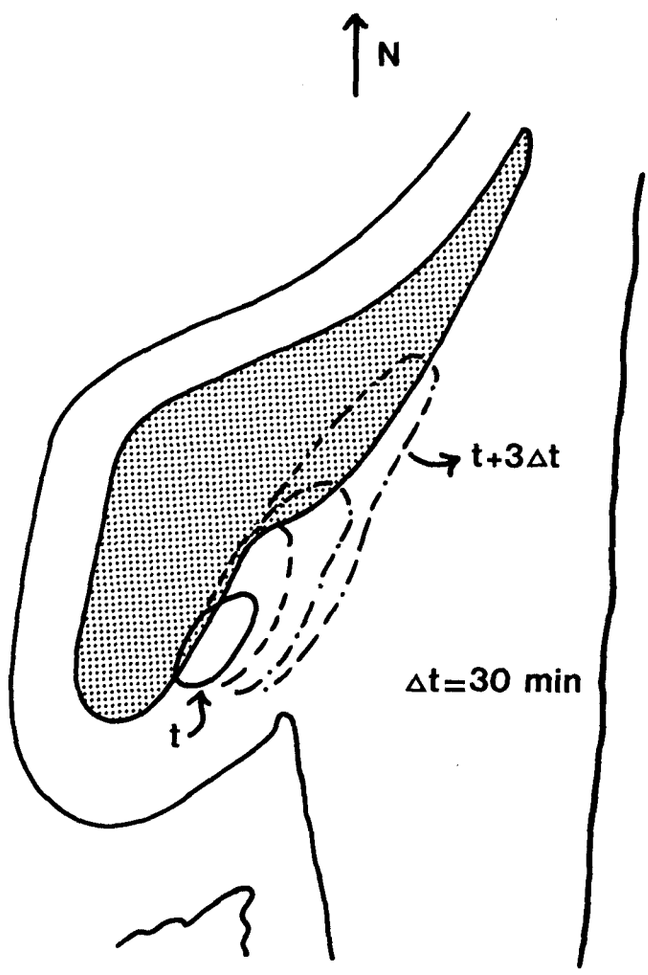


Fig. 21 Voorbeeld van wolkenvorming "dwars op de wind"

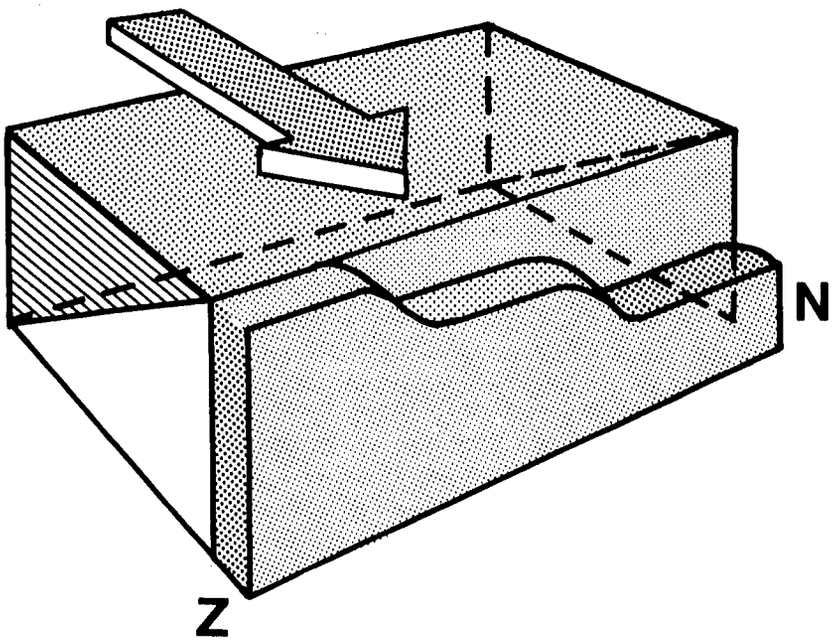


Fig. 22 Mechanisme voor wolkenvorming "dwars op de wind".

VII Conclusies

Met de PDUS is een waardevol nieuw observatiesysteem ter beschikking gekomen. In dit rapport is een aantal voorbeelden gegeven van gebruiksmogelijkheden en toepassingen.
Vooral op het terrein van de zeer korte termijnverwachtingen zal winst gemaakt kunnen worden door het gebruik van lineaire extrapolatie, met name voor zonneschijnverwachtingen (o.a. recreatie en landbouw i.v.m. verdamping). De in die tak van de meteorologie werkzame forecasters zouden dan, uit praktische overweging, dicht bij de "bron" moeten zitten, zodat ze de beschreven manipulaties direct kunnen uitvoeren.
Ook voor de verwachtingen op wat langere termijn zal Meteosat een positieve inbreng kunnen hebben. De geschetste overlay-techniek maakt het de meteoroloog mogelijk verder te gaan dan de Noorse-school-theorie toelaat. Bovendien zal het systematisch vergelijken van Meteosat-beelden met analyses leiden tot verbeterde interpretatie daarvan en daarmee, via de "black box" tot integratie in de meteorologische besluitvorming.

ISSN 0169-1708

technische rapporten

Overzicht van de tot nu toe gepubliceerde titels in deze serie. Voor inlichtingen over de verkrijgbaarheid kunt U zich wenden tot de KNMI Bibliotheek, postbus 201, 3730 AE DE BILT.

1. Verslag van de voordrachten gehouden op het synoptisch symposium te De Bilt, november 1980 / C.Lemcke, S.Kruizinga en J. Oerlemans. 1981.
2. Stormen aan de Nederlandse kust / B.Augustijn en H.A.Buddingh. 1981.
3. PDPMON: een besturingsprogramma voor de PDP configuratie in gebruik voor zeegaand oceanografisch onderzoek / G.J. Prangsma. 1981.
4. Verifikatie van de windverwachting voor de lokatie K-13 / R.Borgart en D.A.Reedijk. 1981.
5. Stationsbeschrijving windwaarneming Schiphol periode 1937-1980 / B.Oemraw. 1981.

5a. Stationsbeschrijving windwaarneming Schiphol periode 1937-1980, 2e herz.dr. / B.Oemraw. 1982.

6. Een waarschuwingsverwachting t.b.v. een vergunningsveleningsprocedure voor bodemontsmetting met methylbromide / H. van Dop, A.A.M.Holtslag en J.F.den Tonkelaar. 1981.
7. "FRAME 81", verslag over de vaartocht a/b Hr.Ms.Tydeman in de periode v/m 10 augustus t/m 7 september 1981 / G.J. Prangsma. 1981
8. Voorlopige ijkopstelling voor barometers in het luchtdruk-ijklaboratorium (kamer 170)/P.C.T.van der Hoeven. 1981.
9. Controlemeting van twee hevelbarometers / P.C.T.van der Hoeven. 1981.
10. De verwerking van golfmetingen ter berekening van golfspektra / E.Bouws. 1981.
11. An evaluation of the KNMI operational wave model GONO for the period October 1980-April 1981/ E.Bouws ea. 1982.
    Suppl.: Time series diagrams for the KNMI operational wave model GONO.
12. Historical sea surface termperature data (HSSTD) project / C.G.Korevaar. 1982.
13. Wiskundige modellen en het weer / A.P.M.Baede. 1982.
14. Beschrijving van in 1981 op het KNMI aanwezige kwikbarometers / P.C.T. van der Hoeven. 1982.
15. Chemical composition of precipitation collected on a weather ship in the North Atlantic : preliminary results : a joint KNMI-ECN-IMOU-RIV project / T.B.Ridder ea. 1982.
16. De invloed van een berg op een ondiep-water-model van de atmosfeer, lineair en niet-lineair beschouwd / A.E. Kranenburg. 1982.
17. Beschrijving van een gradiënt-, luchtdruk- en hoogteverifikatieprogramma van KNMI, UKMO, NMC en ECMWF prognoses / G.W. Brouwer en L.A.F.Godschalk. 1982.
18. Over de mogelijkheden van mesoschaalmodellering op het KNMI: verslag van de adviesgroep mesoschaalmodellen / voorz. J. Reiff. 1982
19. Controle en afregeling van de temperatuurprofielen te Cabauw in najaar 1981 / J.A.M.Louwers. 1982.
20. Verslag van voordrachten gehouden op het synoptisch symposium te De Bilt, november 1981 / H.A.F.M.Otten ea. 1982.
21. Eigenschappen en wederwaardigheden van de nog steeds in gebruik zijnde Becker-comparator van Krecke / P.C.T. van der Hoeven. 1982.
22. Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1981-april 1982 / E.Bouws ea. 1982.
    Suppl.: Tijdreeksen van het KNMI operationele golfmodel GONO.
23. Rapport betreffende de weerberichtgeving voor de bouwnijverheid in de winter 1980-1981 / J.J.Allan, A.P.A.Kleintjes en D.M. van der Woude. 1982.
24. Beschrijving van een lichtchopperversterker t.b.v. temperatuurmeting met behulp van thermokoppels voor Cabauw / J.A.M. Louwers 1982.
25. Bekende punten en richtingen op het KNMI: rijksdriehoekspunten, richtingen, peilmerken, zwaartekrachtpunten en aardmagnetisme / P.C.T. van der Hoeven. 1982.
26. Maandsommen en jaarsommen van enkele langjarige neerslagreeksen in Nederland / T.A.Buishand. 1982.
27. Systematische fouten ten gevolge van diverse bewerkingsmethoden bij het bepalen van temperatuurverschillen met thermokoppels / S.H.Muller. 1982.
28. Stationsbeschrijving windwaarneming Leeuwarden (VB) periode 1949-1980 / B.Oemraw. 1982.
29. Stationsbeschrijving windwaarneming Eindhoven (VB) periode 1949-1980 / B.Oemraw. 1982.
30. Optimum analyse model voor het KNMI "limited area model" / J.F.M. van der Tol. 1982.
31. On the calibration of the CTD data colected by "KNMI" during JASIN-78 / P.Kruseman and G.J.Prangsma. 1983.
32. De KNMI-windtunnel / W.A.A.Monna. 1983.
33. Onderzoek naar een toekomstig communicatienetwerk / H.Daan, G.D.G.Folkers en A.T.F.Grooters. 1983.
34. Operationele meteorologie / C.Floor. 1983.
35. Het gebruik van trajektoriën bij een korte termijn verwachting / P.W.Rosier ea. 1983.
36. Organized microscale structure of the windstorm of 12 May 1983 in Utrecht and vicinity / G.S.Forbes. 1983.
37. Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1982-april 1983 / E.Bouws ea. 1983.
    Suppl.: Tijdreeksen van het KNMI operationele golfmodel GONO, oktober 1982-april 1983.
38. Quantielklassifikatie en presentatie van maand-, seizoen- en jaargemiddelde temperaturen van De Bilt over het tijdvak 1881-1982 / A.F.V. van Engelen. 1983.
39. Een onderzoek naar eigenschappen van het ECMWF-model m.b.v. het P27-systeem/R. de Bruyn. 1983.
40. Watertemperatuur- en zoutgehaltewaarnemingen nabij het Loodijksegat (Oosterschelde) 1921-heden = observations of surface watertemperature and salinity in the eastern part of the Easterscheldt 1921 till present / P.C.T. van der Hoeven en J. Muijsert. 1983.
41. Overzicht van publikaties over het Nederlandse windklimaat / J.Wieringa. 1983.
42. Stationsbeschrijving windwaarneming Den Helder periode 1843-1972; De Kooy periode 1955-1980 / B.Oemraw. 1984.
43. Was de storm van 12 mei (Hemelvaartsdag) 1983 voorspelbaar ? / C.Floor en G.S.Forbes. 1983.
44. De storm van 12 mei (Hemelvaartsdag) 1983 / C.Floor en G.S.Forbes. 1983.
45. Meteorologische begeleiding van de Oosterscheldewerken / A.W.Donker. 1983.

46.A scheme for mass and wind analysis on a limited area using multivariate threedimensional optimum interpolation : scientific documentation and first evaluation / G.J.Cats. 1984.

47.Een klimatologie van graaddagen in Nederland over het tijdvak 1961-1980 / J.Westerik. 1984.

48.Inzameling en opslag van Cabauw-metingen : een systeemvoorstel / A.C.M.Beljaars ea. 1984.

49.Operationele numerieke voorspellingen: overzicht en verifikatie over de periode 1978-1983 / H.Timmerman, L.C.Heijboer en A. van der Hoek. 1984.

50.Het sneeuwdek in Midden Nederland: dagelijkse metingen van de sneeuwhoogte 1950-1984 / J.J.Piekema. 1984.

51.Sneeuwdekhoogte in Nederland naar metingen van de synoptische stations 1956-1977 / J.van der Horst. 1984.

51A.(aanvulling) Idem ; 1955 en 1978-1984. 1986.

52.Beschuttingscorrectie wind / B.Oemraw. 1984.

53.Een vergelijkend onderzoek van drie commerciële radiosonde systemen /K.H.Annema ea. 1984.

54.Development of guidance forecasts at KNMI;
I.General information / C.Lemcke and S.Kruizinga. 1984.
II.Extreme windspeed IJmuiden / C.Lemcke. 1984.
III.Probability of thunderstorm activity / S.Kruizinga. 1985.

55.De invloed van monstermethoden en analysetechnieken op gemeten chemische concentraties in regenwater / T.B.Ridder, J.H. Baard en T.A.Buishand. 1984.

56.Evaluatie van de golfberekening met GONO over de periode oktober 1983-april 1984 / E.Bouws ea. 1984.
Suppl.: Tijdreeksen van het KNMI operationele golfmodel GONO oktober 1982-april 1984.

57.Over de aanpassing van het nationale verspreidingsmodel van luchtverontreiniging voor hoge bronnen / A.A.M.Holtslag, F.T.M.Nieuwstadt en M.P.Scheele. 1984.

58.On the relationship between maximum surface temperature and various parameters : with reference to objective forecasting A.W.Hanssen. 1984.

59.Eerste bevindingen bij oceanografisch gebruik van IR-HRPT beelden / H.Wallbrink en G.J.Prangsma. 1984.

60.Handleiding voor het computerprogramma van het Gaussisch pluimmodel met percentiel berekeningen / M.P.Scheele en A.A.M. Holtslag. 1985.

61.Het landbouwweerbericht voor de IJsselmeerpolders in het zomerseizoen 1984: een verificatierapport / E.Schreuder. 1985.

62.Beoordeling van golfgegevens van het Meetnet Noordzee bewerkt door het nieuwe CIC-systeem (1984) in Hoek van Holland / E.Bouws. 1985.

63.Het effect van de wind in de Eemsmond op hoogwaterstanden in Delfzijl / J.Vinke. 1985.

64.Procedures in the boundary layer height and wind analysis for the PHOXA-project: final report of the KNMI contribution to the PHOXA-project / G.J.Cats, J.Reiff and C.A.Engeldal. 1985.

65.Modellering van de dagsommen van de globale straling in een aantal spectrale banden met behulp van in Ukkel uitgevoerde metingen / W.H.Slob. 1985.

66.Deposition of sulphur in Europe: methods to construct unbiased source-receptor matrices from data of a limited period (1976-1982) : a meteorological contribution to the IIASA RAINS model / J.F.den Tonkelaar. 1985.

67.A CO_2 laser scintillometer for C_n^2 measurements over a many kilometer path / W.Kohsiek. 1985.

68.MesoGers 1984, the dataset of station C8 / A.C.M.Beljaars, W.A.A.Monna and J.G. van der Vliet. 1985.

69.Het AMT model : winterexperimenten / R.C.van den Berg en J.Reiff. 1985.

70.Onderzoek naar de homogeniteit van reeksen zonneschijnduren in Nederland gedurende het tijdvak 1951-1980 / A.Denkema. 1985.

71.De temperatuurinversie van de nachtelijke grenslaag : een test van verschillende typen parameterisaties / A. van Pul en J.Reiff. 1985.

72.Het landbouwweerbericht voor de IJsselmeerpolders in 1983 en 1984 : verslag van een project / E.Schreuder. 1985.

73.Stationsbeschrijving windwaarneming IJmuiden periode 1919 - 1980 / B.Oemraw. 1985.

74.Meteorologisch werkstation METIS : een blik in de toekomst / G.D.G.Folkers en J.M.Terpstra. 1985.

75.Watertemperatuurwaarnemingen in Nederland sedert 1860 : beschrijving van de band met gegevens = observations of surface watertemperature in the Netherlands from 1860 : description of the datafile / P.C.T. van der Hoeven. 1985.

76.Foutencontrole bij meteorologische metingen / J.J.M.van Gorp en H.M. van der Kolk. 1985.

77.A computer program to process Vaisala RS 21-12 C radiosonde data / W.A.A. Monna and J.J.M. den Braber. 1985.

78.Stationsbeschrijving windwaarneming Eelde periode 1945 - 1980 / B.Oemraw. 1985.

79.Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1984-april 1985 / E.Bouws ea. 1985.
Suppl.: Tijdreeksen van het KNMI operationele golfmodel GONO oktober 1984-april 1985.

80.Bedrijfseconomische analyse Bureau Routering / M.J.M. Saraber. 1986.

81.Terreinclassificatie voor regionale verspreidingsmodellen / G.H.L. Verver. 1986.

82.A baroclinic two-layer ocean model on an equatorial β-plane / A.J.M. Verhaar. 1986.

83.Ruwe schatting van de grootte van te detecteren trends in de chemische samenstelling van de neerslag door middel van regressie-analyse / T.A. Buishand. 1986.

84.RVR-documentatie van de civiele luchthavens in Nederland / A.H.C. Stalenhoef. 1986.

85.Runway Visual Range : aantal en duur van RVR-runs voor RVR-waarden minder dan 225m / A.H.C. Stalenhoef. 1986.

86.Stationsbeschrijving windwaarneming Terschelling periode 1949-1980 / B. Oemraw. 1986.

87.The KNMI Lyman-alpha hygrometer / W. Kohsiek. 1986.

88.Technical description of the Air Mass Transformation Model / W.M. Remmers. 1986.

89.De atmosferische grenslaag / J. Wieringa. 1986.

90.Actieve en passieve pluimverspreidingsmodellen in de convectieve grenslaag met large eddy simulatiemodel / P. de Valk. 1986

91.Lengen en korten van de dagen / J. den Heijer. 1987.

92.A device for measuring fast temperature fluctuations / W.Kohsiek. 1987.

93.Verwachtingen voor waterstandsafwijkingen Deltawerken : Zierikzee november 1981 - februari 1986 / A.W. Donker. 1987.

~~94.Guide for the program EXACT-NL / G.Ph. van Vledder and G.L. Weber~~ Teruggenomen / withdrawn ~~1987.~~

95.Het beoordelen van automatische barometers met als voorbeeld de NAKAASA barometer / A. van Londen. 1987.

96.Evaluatie van de golfberekeningen met GONO over de periode oktober 1985-april 1986 / E.Bouws ea. 1986.
Suppl.: Tijdreeksen van het KNMI operationele golfmodel GONO oktober 1985-april 1986

97.Rapport van de Projectgroep Beslissystemen / D.Blaauboer ea. 1987.

98.Gegevens Meetnet Noordzee / P.C.T.van der Hoeven.
I. Bewerking en opslag van de gegevens op het KNMI 1987.
II. Beschrijving archiefbanden met 10-minutengegevens 1987.
III. Beschrijving van de band met geselecteerde uurgegevens 1987.
IV. Het computerprogramma : afdruk en korte toelichting 1987.

99.Het voorspellen van trekroutes van sprinkhanenzwermen met hulp van trajectoriënmodellen : een oriëntatiestudie / J.H. de Boer en J.Reiff. 1987.

100.Een controleprogramma voor globale stralingsmetingen / W.R. Raaff en C.A. Velds . 1987.

101. Meteorologische berichtgeving voor de stormvloedkering Oosterschelde / red. C. Floor. 1987.

102.Implementatie van en eerste resultaten met het NEDWAM model, een derde generatie golfverwachtingsmodel voor de Noorzee / B. Karssen. 1987.

103.Wind-chill / B.Zwart. 1987.

104.Energiedissipatie van monochromatische zeegolven in de turbulente bodemgrenslaag / M.Visser . 1988.

105.Description of the Cabauw turbulence dataset 1977-1979 / C. Hofman. 1988.

106.Automatische detektie van inversies met Sodar / A.C.M.Beljaars en R.Agterberg. 1988.

107.Numerieke atmosfeermodellen / A.P.M.Baede. 1988.

108.Inpassing van Meteosat informatie in de meteorologische besluitvorming / J.Roodenburg. 1988.

NOAA CENTRAL LIBRARY
CIRC QC989.N4 T4 no.109
Roodenburg, Inventaris van Marknoest, inf
3 8398 0005 3668 4

postbus 201
3730 AE de bilt
wilhelminalaan 10
tel. (030) 766911
telex 47096