

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

VERSLAGEN

V-328

G. J. Cats

**Analyse van de luchtdruk en
de geostrofische wind aan de grond
met behulp van de
optimale interpolatietechniek.**

De Bilt, 1979

PUBLIKATIENUMMER: K.N.M.I. V- 328(M.O.)

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

U.D.C.: 551.55 :

551.542

Analyse van de luchtdruk en de geostrofische wind aan de grond
met behulp van de optimale interpolatietechniek

G.J. Cats

1. Inleiding

Voor de analyse van de grondwind is een programma beschikbaar, gebaseerd op de optimale interpolatiemethode (Cats, 1978). Dit programma werd uitgebreid met de mogelijkheid de luchttemperatuur op 1.5 m hoogte (Cats, 1979) en de luchtdruk aan de grond te analyseren. Hier zal op de luchtdrukanalyse worden ingegaan. Omdat het analyseprogramma ook de gradiënt van de te analyseren grootheden oplevert, is naast de luchtdrukanalyse ook beschikbaar een analyse van de luchtdrukgradiënt, of, equivalent, de geostrofische wind, welke aan de grond meestal geowind wordt genoemd.

2. Optimale interpolatie van het luchtdrukveld

De in het analyseprogramma vereiste klimatologie (= lange-termijn-gemiddelde), variantie en correlatie van luchtdrukwaarnemingen werden afgeleid uit de 2400 GMT waarnemingen van 1971 tot en met 1974 op 19 Nederlandse stations. Ze werden geparametriseerd als functie van de breedtegraad van het station en als functie van de afstand tussen de stations, zoals in grote-schaal modellen gebruikelijk is. Vanwege de geringe afmetingen van Nederland werd de breedtegraad-afhankelijkheid lineair verondersteld. De regressieconstanten in de parametrisaties worden gegeven door:

1) Klimatologie:

$$\langle p_i \rangle = 1015.84 \text{ mbar} - 0.082 y_i / \lambda \quad (1)$$

(verklaarde variantie: 90%)

2) Variantie:

$$\langle (p_i - \langle p_i \rangle)^2 \rangle = 94.77 (\text{mbar})^2 + 1.24 y_i / \lambda \quad (2)$$

(verklaarde variantie: 74%)

3) Correlatie van de luchtdrukwaarnemingen:

$$r_{ij} = 0.99988 \exp(-r_{ij}^2 / (1185 \text{ km})^2) \quad (i \neq j) \quad (3)$$

(verklaarde variantie 92%)

Hierin is p_i de waargenomen luchtdruk op station i , y_i de y -coördinaat (oorsprong in Cabauw, y as van zuid naar noord), r_{ij} de afstand tussen stations i en j en $\lambda = 20$ km.

Uit (3) blijkt dat de correlatielengte (1185 km) van dezelfde orde is als in grote-schaal modellen en in de temperatuuranalyse. De grondluchtdruk wordt dus voornamelijk bepaald door synoptische systemen (zoals uiteraard al bekend was).

Uit (2) en (3) volgt (Cats, 1978) voor de meetfout in de luchtdruk een schatting van 0.1 mbar (r.m.s. waarde). Dit is ook ongeveer de fout in de klimatologie-parametrisatie (1) ten opzichte van de op de stations waargenomen gemiddelde luchtdruk. De laatste leidt tot onrealistische luchtdrukgradiënten (figuur 1 in Cats, 1977). Deze gradiënten kunnen worden veroorzaakt door ijkfouten, maar waarschijnlijk spelen verschijnselen als stuwdruk een belangrijke rol. In de gebruikte optimale interpolatiemethode worden ze verwerkt door een grotere "meetfout" voor te schrijven, zodat (3) wordt vervangen door

$$r_{ij} = 0.99960 \exp(-(r_{ij}/1185 \text{ km})^2) \quad (i \neq j) \quad (4)$$

Het optimale interpolatieschema met (1), (2) en (4) levert een geanalyseerde geowind, welke in het algemeen binnen een vectorverschil van 2 m/s overeenstemt met de geowind volgens een hoofdcomponentenanalyse (Cats, 1977). Het is niet bekend welke analyse de beste resultaten geeft. De onderlinge verschillen geven wel een indruk van de nauwkeurigheid van de berekende geowinden.

3. Vergelijking van analysemethoden

In figuur 1 worden deze objectieve analysemethoden vergeleken met een subjectieve. De analyse op basis van optimale interpolatie komt goed overeen met de subjectieve analyse, maar vertoont een iets kleinere kromming in de isobaren. De hoofdcomponentenanalyse

daarentegen leidt tot iets sterker gekromde isobaren. De kromming in de subjectieve analyse komt overeen met die in de grondkaart-analyse van West-Europa. De optimale interpolatie en de subjectieve analyse geven een geostrofische windsnelheid van 9 m/s in het centrum van Nederland, de hoofdcomponentenanalyse 7.6 m/s. Uit de gradient van de geostrofische windsnelheid en -richting blijkt dat de hoofdcomponentenanalyse verschijnselen met kleine horizontale afmetingen kan detecteren; de subjectieve analyse vlakt iets meer af, en de optimale interpolatie "ziet" alleen synoptische systemen.

In figuur 2 wordt optimale interpolatie vergeleken met een subjectieve analyse in een situatie met een zwakkere luchtdruk-gradiënt. De subjectieve analyse leidt tot een geostrofische wind van 8 m/s, de optimale interpolatie geeft 5.5 m/s in het westen van Nederland. In het centrum van Nederland zijn deze getallen respectievelijk 6 en 5 m/s. De subjectieve analyse toont een sterk gekromd isobarenpatroon. Deze kromming is vooral gebaseerd op de verwerping van de waarneming op Terschellingerbank (1026.2 mbar). De optimale interpolatie daarentegen middelt de waarnemingen van Terschellingerbank en West-Terschelling (1027.1 mbar). Ook hier blijkt weer, dat de optimale interpolatie alleen de synoptische systemen ziet.

Van een aantal stations is bekend, dat de gemiddelde luchtdruk afwijkt van het landelijk patroon (Cats, 1977, fig. 1). Deze stations worden in een subjectieve analyse verworpen. Nu is het voordeel van de optimale interpolatie boven de hoofdcomponenten-analyse dat niet een lange reeks van waarnemingen is vereist voor de invoering van een nieuw station. (In de hoofdcomponenten-analyse is zo'n reeks nodig om de hoofdcomponenten te vormen; daar staat dan als voordeel tegenover, dat de kennis van de klimatologie van de stations, indien aanwezig, wordt benut in de hoofdcomponentenanalyse). Om het voordeel van de optimale interpolatiemethode te behouden, zal een eventueel verwerpingscriterium niet op klimatologie gebaseerd mogen zijn.

Als objectief verwerpingscriterium, dat aan deze eis voldoet, werd gebruikt: De waarneming, die het meest afwijkt van het resultaat van de analyse in het waarnemingspunt, wordt verworpen.

Daarna wordt opnieuw geanalyseerd. Deze procedure wordt herhaald tot alle afwijkingen tussen analyse en waarneming kleiner dan 0.3 mbar zijn.

In de situatie van figuur 2 leidde dit criterium tot de verwerping van vier waarnemingen. De resulterende analyse wordt in figuur 3 gegeven. Het verwerpingscriterium zorgt er dus voor, dat twee, subjectief goed geachte, stations in het noorden van Nederland worden verworpen ten gunste van het - volgens de subjectieve analyse en de klimatologie - slechte station. De analyse na verwerping toont hetzelfde patroon als voor verwerping; de geanalyseerde luchtdruk over het gehele land, behalve het zuidoosten, is ongeveer 0.1 mbar lager geworden, omdat de verworpen waarnemingen alle boven de oorspronkelijke analyse lagen.

In figuur 4 wordt het resultaat getoond van de optimale interpolatie, als Terschellingerbank en Hoek van Holland vooraf, dus op subjectieve en/of klimatologische gronden, worden verworpen. De analyse lijkt nu op de subjectieve, hoewel de luchtdrukgradiënt en de isobarenkromming nog steeds kleiner zijn. (Geowind in het midden van Nederland: 5 m/s). Dezelfde figuur geeft nog de analyseresultaten indien, na de subjectieve verwerping van bovengenoemde stations, nog het objectieve verwerpingscriterium wordt toegepast. Twee extra stations worden dan verworpen. Het resultaat toont een nog kleinere luchtdrukgradiënt (geowind 4.6 m/s) in het midden van Nederland.

4. Conclusies

Geconcludeerd wordt, dat in een gebied met veel waarnemingen de optimale interpolatie van de grondluchtdruk tot schattingen van de geostrofische wind leidt, welke goed overeenkomen met subjectieve schattingen en met de hoofdcomponentenanalyse. Aan de randen van het gebied treden grote afwijkingen op, omdat de optimale interpolatie te veel afvlakt. De hoofdcomponentenanalyse kan kleinere systemen beschrijven. Bovendien gebruikt de hoofdcomponentenanalyse gegevens van de waarnemingsstations, welke in het verleden zijn verkregen.

Indien een langere meetreeks beschikbaar is, verdient daarom een hoofdcomponentenanalyse voor de luchtdruk de voorkeur. Als zo'n

meetreeks niet bestaat, moet optimale interpolatie worden gebruikt, waarbij nog moet worden onderzocht of, en zo ja welke, waarnemingen moeten worden verworpen. Een eenvoudig objectief verwerpingscriterium blijkt tot twijfelachtige resultaten te leiden, zodat een verwerpingscriterium subjectief zal moeten zijn, of informatie over de klimatologie van een station zal moeten bevatten.

Dankbetuiging

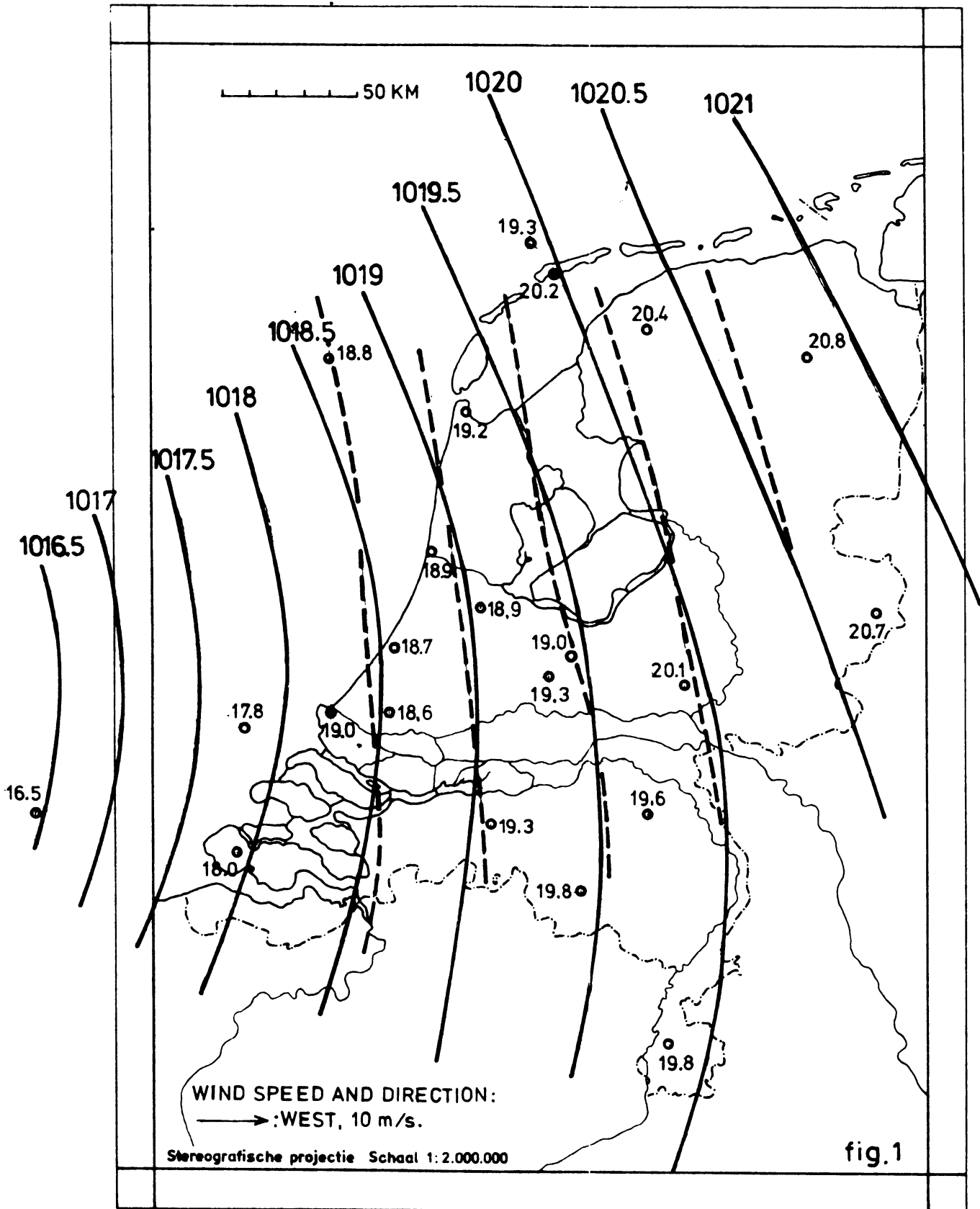
Ik dank J. van Maanen en A.P. van Ulden voor adviezen en J.F. den Tonkelaar voor het vervaardigen van de subjectieve analyses.

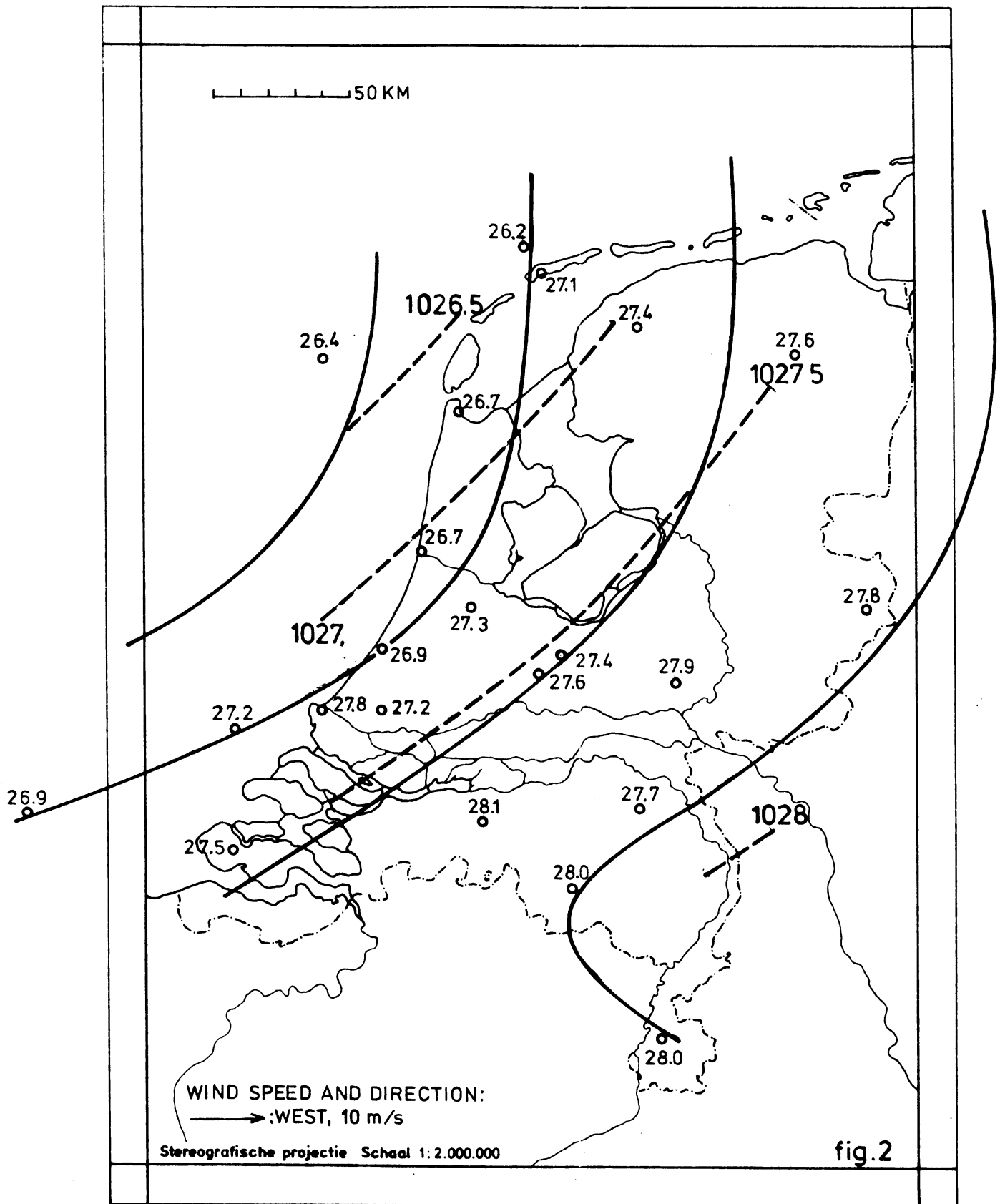
Verwijzingen

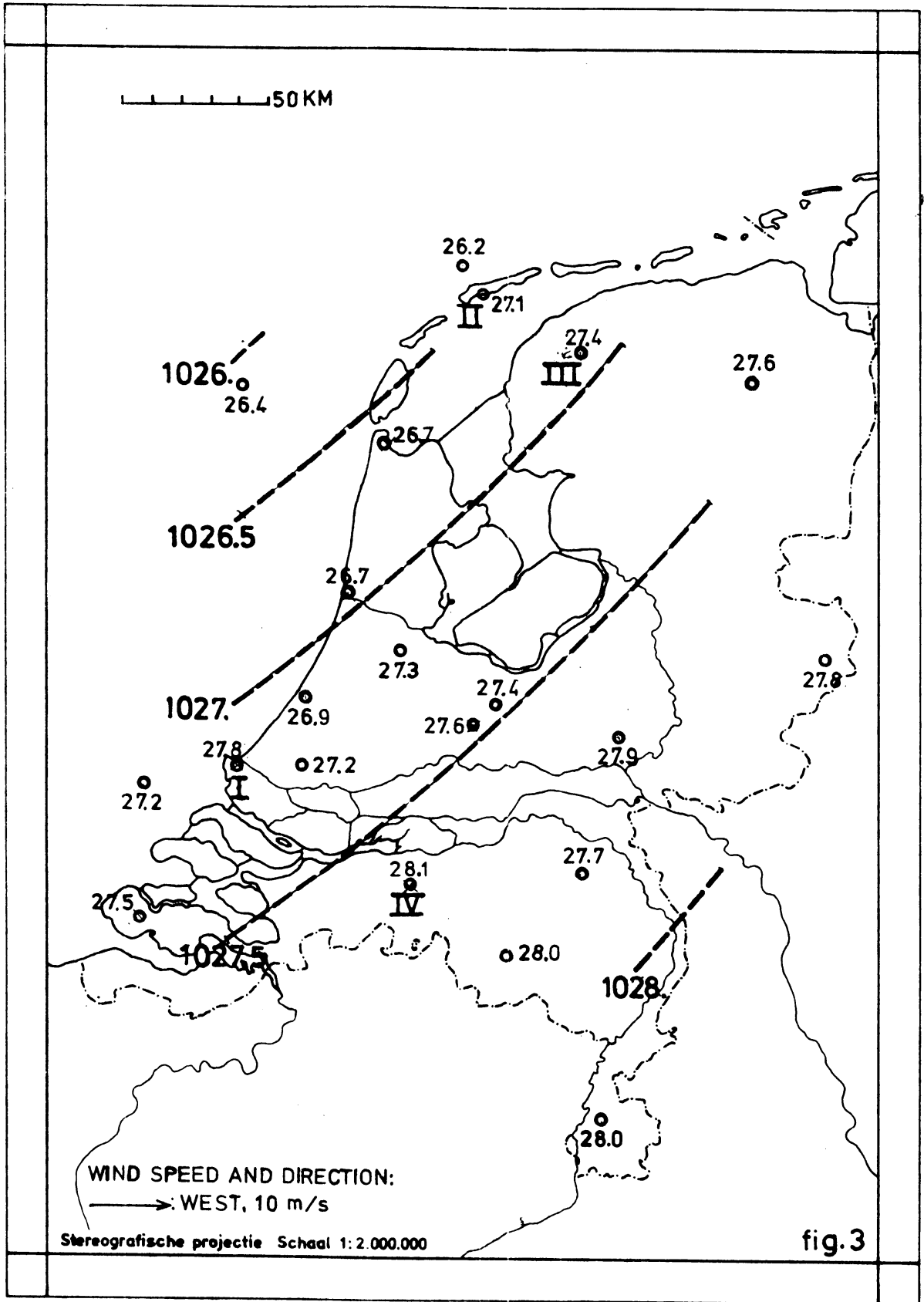
- Cats, G.J., 1977: Berekening van de geowind. KNMI WR 77-2.
- Cats, G.J., 1978: Surface wind analysis over-land in the Netherlands, based on an optimum interpolation method. KNMI WR 78-17.
- Cats, G.J., 1979: Thermal wind estimates from synoptic air temperature observations. KNMI V-Verslag V-324.

Figuuronderschriften

- Fig. 1 Subjectieve en objectieve analyse op 0000 GMT, 14 januari 1973. De subjectieve analyse (getrokken lijnen) werd vervaardigd door J.F. den Tonkelaar op basis van alleen de geplote waarnemingen (getallen in mbar, met weglating van het 1000-tal) en synoptische ervaring. De gebroken lijnen volgen uit een analyse op basis van optimale interpolatie; de pijlen geven de geostrofische wind zoals volgt uit hoofdcomponentenanalyse.
- Fig. 2 Als fig. 1, voor 0000 GMT, 2 januari 1973. (hoofdcomponentenanalyse niet getekend).
- Fig. 3 De situatie van fig. 2, na verwerping van enkele stations volgens het in de tekst beschreven criterium. De Romeinse cijfers geven de stations die zijn verworpen en in welke volgorde.
- Fig. 4 De situatie van fig. 2, na verwerping van twee stations (aangeduid met S) op subjectieve en klimatologische gronden (getrokken lijnen). De stippellijnen geven de analyse na verwerping van de stations S en na toepassing van het objectieve criterium, dat nu leidt tot de additionele verwerping van de stations I en II (in deze volgorde). Ter vergelijking is ook de analyse uit fig. 3 opgenomen (onderbroken lijnen).







50 KM

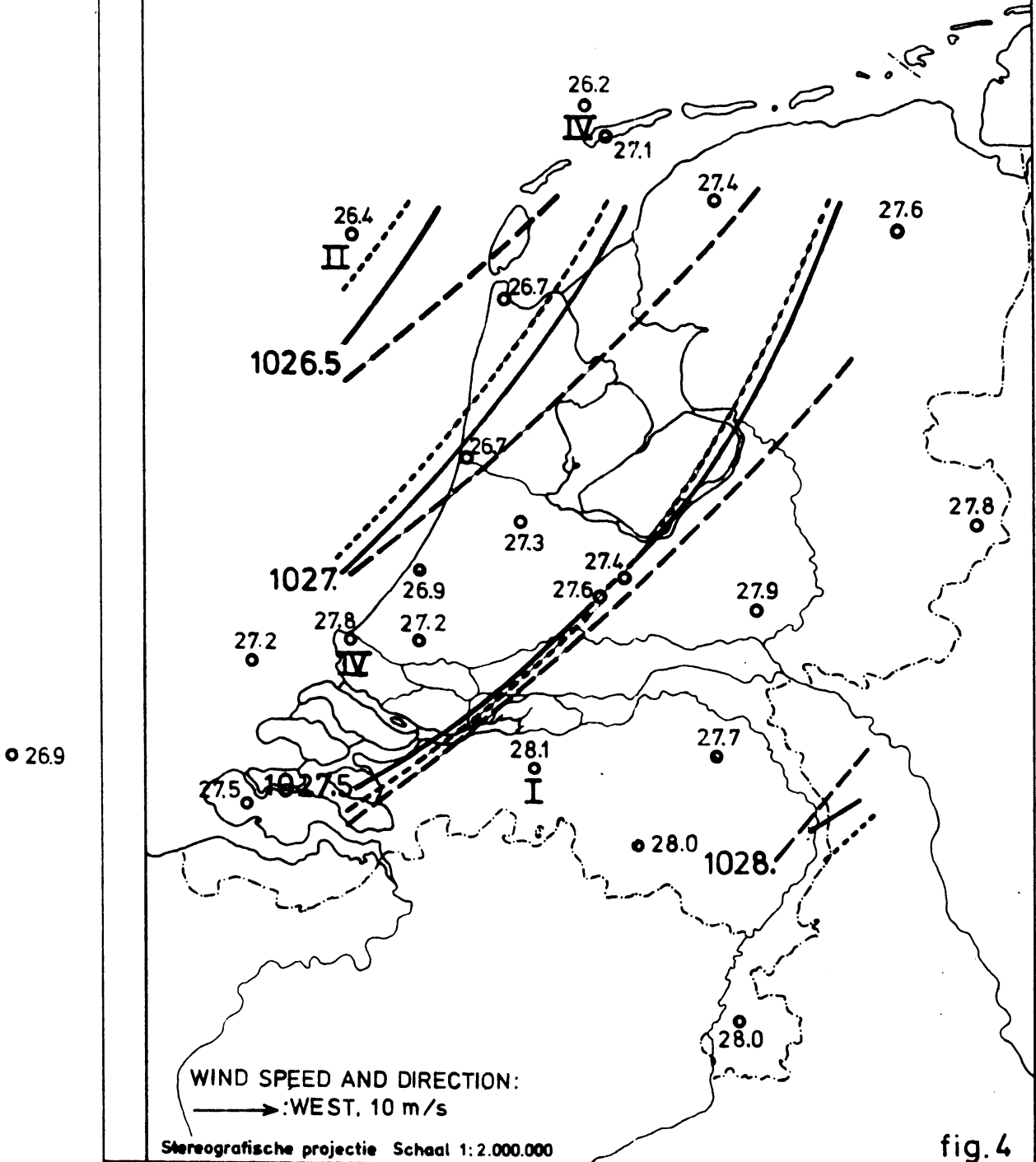


fig. 4