

# **Het Gilde van Vrijwillige Molenaars**



## **INFORMATIE XXI**

### **Weercursus**

door **P.W. Rosier**  
**G.J. Pouw**

---

**Inhoudsopgave**

Inleiding.....	5
Voorwoord.....	6
1. INFORMATIE BETREFFENDE HET WEER.....	7
2. INLEIDING.....	8
3. LUCHTDRUK EN WIND.....	9
4. KRACHTEN IN DE ATMOSFEER.....	13
a. Gradiëntkracht: G.....	13
b. Corioliskracht: C.....	13
c. Wrijvingskracht: W.....	14
d. De vorming van wolken.....	18
5. ZELF WAARNEMEN.....	19
6. VERTICALE BEWEGINGEN.....	20
7. De ontwikkeling van een Cumulonimbus / zware buien en onweer.....	26
a. Theorie van "Latham en Mason".....	29
b. De inductie theorie.....	29
c. De waterval theorie.....	30
8. WEERSVERSCHIJNSELEN ONDER EN NABIJ EEN ONWEERSBUI.....	30
a. Luchtdruk en wind.....	30
b. Roterende bewegingen.....	31
c. Neerslag.....	31
d. Windstoten.....	32
e. Blikseminslag.....	32
9. LUCHTSOORTEN.....	33
10. EIGENSCHAPPEN VAN EEN KOUDE MASSA.....	36
11. EIGENSCHAPPEN VAN EEN WARME MASSA.....	36
12. TRANSFORMATIE VAN EEN WARME IN EEN KOUDE MASSA EN OMGEKEERD.....	38
13. LUCHTSTROMING OP GEMATIGDE BREEDTEN.....	39
14. FRONTEN.....	40
a. Frontvlak en front.....	40
15. FRONTTYPEN.....	42

---

a. Koufronten.....	42
b. Warmtefronten.....	42
c. Occlusies.....	43
16. VERTIKALE BEWEGINGEN LANGS FRONTVLAKKEN.....	45
17. HET WEER NABIJ FRONTEN.....	46
a. Warmte fronten.....	46
1. Voorzijde warmtefront.....	48
2. Tijdens de passage.....	48
3. Achterzijde warmtefront.....	48
b. Koufronten.....	48
1. Voorzijde koufront.....	50
2. Tijdens de passage.....	50
3. Achterzijde koufront.....	50
c. Karakteristieke verschillen warmte- en koudefront.....	51
18. HET ONTSTAAN VAN EEN DEPRESSIE AAN HET POLAIRE FRONT.....	51
19. WEERSVERSCHIJNSELEN TIJDENS HET PASSEREN VAN EEN GOLFOORMIGE DEPRESSIE...55	
20. ALGEMENE EN LOKALE AFWIJKINGEN VAN HET VOORGAANDE IN DE LOOP VAN EEN ETMAAL.....	57
a. Dagelijkse gang van de temperatuur.....	57
b. Dagelijkse gang van de massa-eigenschappen.....	58
c. Dagelijkse gang van de wind.....	58
d. Dagelijkse gang van de bewolking en neerslag.....	59
21. LOKALE AFWIJKINGEN VAN DE WIND.....	60
a. Land - zeewind verschijnsel.....	60
22. WIND BIJ DIJKEN EN ANDERE OBSTAKELS.....	62
23. AANVULLENDE OPMERKINGEN BIJ VERWACHTINGEN.....	65
24. DIVERSE INFORMATIEVE GEGEVENS.....	65
25. EIGENSCHAPPEN VAN DE WINDEN IN HET KORT.....	65
NOORDENWIND.....	65
NOORD-OOSTENWIND.....	65
OOSTENWIND.....	66
ZUID-OOSTENWIND.....	66
ZUIDENWIND.....	66
ZUIDWESTENWIND.....	66

---

WESTENWIND.....	66
NOORDWESTENWIND.....	66
26. WEERSYSTEMEN.....	67
27. BEAUFORTSCHAAL (Geldend voor gemiddelde windsnelheden).....	68
28. EENVOUDIGE WEERKUNDIGE WAARNEMINGEN.....	70
29. VERKLARENDE WOORDENLIJST WEERCURSUS.....	74
30. LITERATUUROVERZICHT METEOROLOGIE.....	83

In deze en andere “Informatie”-documenten staan soms verwijzingen naar bepaalde pagina’s op basis van de oorspronkelijk bladzijdenummers. Die bladzijdenummers zijn in de rechterkantlijn opgenomen in rechthoekige kaders met gele achtergrond.

1



## Inleiding

Tijdens het examen wordt ook aandacht besteed aan de kennis en inzicht die de kandidaat heeft met betrekking tot het weer.

Zijn of haar inzicht wordt vooral getest op het handelen naar de weersomstandigheden, die zich op een bepaald moment voordoen.

Het weer, de wolken en de wind zijn daarom ook zaken, welke de vrijwillige molenaar terdege in de gaten dient te houden. De weersverwachting kan men raadplegen via de telefoon, radio en t.v., dit is een bruikbare informatie maar voor de molenaar lang niet voldoende.

Maar wat te doen als het weer en dan vooral plaatselijk sterk afwijkt van de landelijke verwachting?

De wolken kunnen de molenaar reeds zeer veel vertellen, vooral op uiterst korte termijn van b.v. 10 á 20 minuten.

Via het KNMI hebben wij de heer P.W. Rosier, hoofdmeteoroloog bij de Centrale Weerdienst van het KNMI bereid gevonden een Informatie samen te stellen t.b.v. het Gilde.

Wij hopen en vertrouwen, dat deze nieuwe Informatie een goede leidraad kan zijn bij Uw studie. In verband met het informatieve karakter van wolkenformaties, adviseren wij U nog naast deze Informatie het boek "De wolken en het weer" aan te schaffen. Dit boek is geschreven door G.W.Th.M. de Bont, waarnemer bij het KNMI. Uitgever: Terra Zutphen.

DECEMBER 1986

## Voorwoord

Wat is er Nederlandser dan een molen onder een blauwe lucht met wolken? Al eeuwen geleden werd met de molen een klein deel van de enorme energie die in de weersysteem is opgeslagen dienstbaar gemaakt aan de mens. Ongeacht of de molen thans een economische waarde heeft of een meer recreatieve, de wind is van essentieel belang voor de molenaar. Kennis van het weer, en van de weerberichtgeving door het KNMI, kan hem of haar daarbij behulpzaam zijn.

Het initiatief van het Gilde van Vrijwillige Molenaars voor een weercursus ten behoeve van zijn leden kan het effectieve gebruik van het weer en het weerbericht alleen maar ten goede komen.

Het KNMI is dan ook met genoegen ingegaan op het verzoek behulpzaam te zijn bij de vernieuwing van het cursusmateriaal.

Moge deze cursus er toe bijdragen dat draaiende of malende molens tot in lengte van dagen karakteristiek zullen zijn voor het Nederlandse landschap.

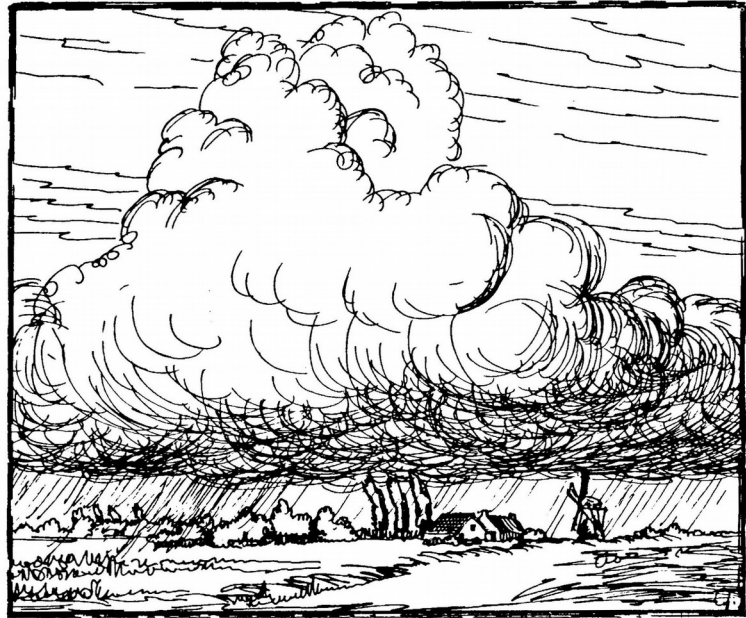
Tj.F. Landmeter, KNMI

A handwritten signature in black ink, reading 'Tj.F. Landmeter', written over a horizontal line.

Door P.W. Rosier.

Hoofd meteoroloog van  
de Centrale Weerdienst  
K.N.M.I.

Illustraties G.J. Pouw.



## 1. INFORMATIE BETREFFENDE HET WEER

### DE MOLENAAR EN HET WEER

Veel levende wezens op deze aarde zijn afhankelijk van datgene wat het 'weer' ons brengt. De een wat meer dan een ander, maar iedereen kijkt wel eens uit het raam om te constateren: "Bah, wat een rotweer" of "Hé, dat kan vandaag een lekker dagje worden." Er zijn echter ook groepen, die meer belang bij het weer hebben en één daarvan is de groep molenaars.

Het weer in, of liever boven ons land, is nu bepaald niet erg vast maar daarentegen erg veranderlijk. Met een goede weerkennis en vooral een dosis ervaring staat of valt de molen die U beheert. Dit is dan ook de reden, dat op het molenaarsexamen erg zwaar wordt getild aan het onderdeel weerkennis. Iedere molenaar, ook vrijwilligers, moeten als tweede natuur aankweken om op regelmatige tijden naar de lucht te kijken. En niet alleen als men die dag op de molen is, maar iedere dag weer.

Met andere woorden, het moet een gewoonte worden om voor jezelf te bepalen, wat het weer zou kunnen gaan doen de eerstkomende uren en soms minuten.

Een windvlaag, die mee komt met een bui mag U nooit verrassen, men moet hier op voorbereid zijn. Dergelijke uitschieters van de wind kunnen ongelukken, die veel geld en zelfs meer kosten, veroorzaken.

De mens is wat het waarnemen en interpreteren van het weer betreft erg afgestompt. Reden hiervan is het gemak van radio, televisie en telefoon.

1

2

Alle drie informatiebronnen geven weervoorspellingen en stormwaarschuwingen voor een gebied, dat soms ons hele land bestrijkt. Lokaal kunnen deze echter sterk afwijken, waardoor U verrast kunt worden. De leek is gauw geneigd te zeggen "In De Bilt weten ze er ook niets van".

Nogmaals, maak er een gewoonte van om steeds, dag in - dag uit, van uur tot uur naar de lucht te kijken. Met behulp van deze eigen waarnemingen gesteund door enige kennis van wolken en gecombineerd met de weerberichten van radio, televisie en/of telefoon, komt U een heel eind.

Na verloop van één á twee jaar, al naar gelang de getoonde interesse, zult U merken, dat U echt enige kijk op het weer krijgt.

Beoordelen van het weer in Uw eigen omgeving kunt U alleen onder de knie krijgen met behulp van een goede barometer en thermometer. Men is dan veelal sneller geïnformeerd omtrent de op handen zijnde veranderingen.

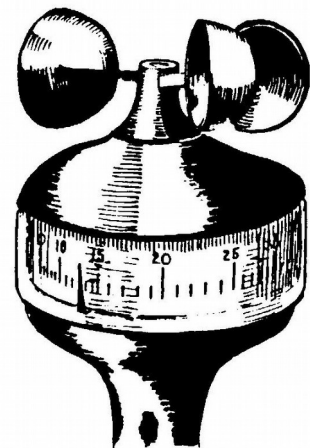
## 2. INLEIDING

3

De onderste 8 á 12 kilometer van de dunne luchtschil, die onze aarde omspant, is zeer belangrijk. Dit deel van onze dampkring heet de troposfeer. In deze laag speelt het weer zich af. Het 'weer' is namelijk niets anders dan de toestand van de dampkring op een bepaald ogenblik; alle weersverschijnselen zoals wolken, wind enz. spelen zich geheel af binnen deze dampkring.

Hier vindt de verwarming en afkoeling plaats, die weer gepaard gaat met het uitzetten en krimpen van de luchtmassa's. Dit laatste kan men constateren aan het toe- en afnemen van de druk gemeten door de barometer. Door deze thermische schommelingen in de troposfeer, wordt voortdurend de gehele laag door elkaar geroerd en dit gaat soms met veel geweld gepaard.

Door kortgolvlige zonnestraling wordt de aarde verwarmd. Deze op zijn beurt zendt daarop langgolvlige straling die de lucht plaatselijk verwarmt, hetgeen uitzetting tot gevolg heeft. Dit grotere volume lucht gaat stijgen door gewichtsverlies per volume eenheid. De luchtdruk daalt ter plekke. Daarom aanvoer van lucht langs het aardoppervlak. Er is dus wind ontstaan. Hoe groter het temperatuurverschil, des te sneller de luchtstroom. De snelheid kan een ieder vaststellen, maar officieel geschiedt dit met een anemometer, waarop in meters/seconde de windsnelheid is af te lezen.



### 3. LUCHTDRIK EN WIND

Een kolom lucht vertegenwoordigt een bepaald gewicht en veroorzaakt dus een druk op het aardoppervlak. Deze luchtdruk, die voor één plaats niet constant is, wordt van oudsher gemeten met een kwikbarometer. In verband hiermee wordt de druk dikwijls uitgedrukt in centimeters of inches kwik. In de meteorologie gebruikt men als eenheid van druk de millibar (mbar).

Zeer recent is deze eenheid veranderd in hecto Pascal: 1 mbar = 100 hPa.

Tussen mm kwik en millibar bestaat de volgende relatie:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ mbar} &= 3/4 \text{ mm kwik} && \text{of} \\
 4/3 \text{ mbar} &= 1 \text{ mm kwik.}
 \end{aligned}$$

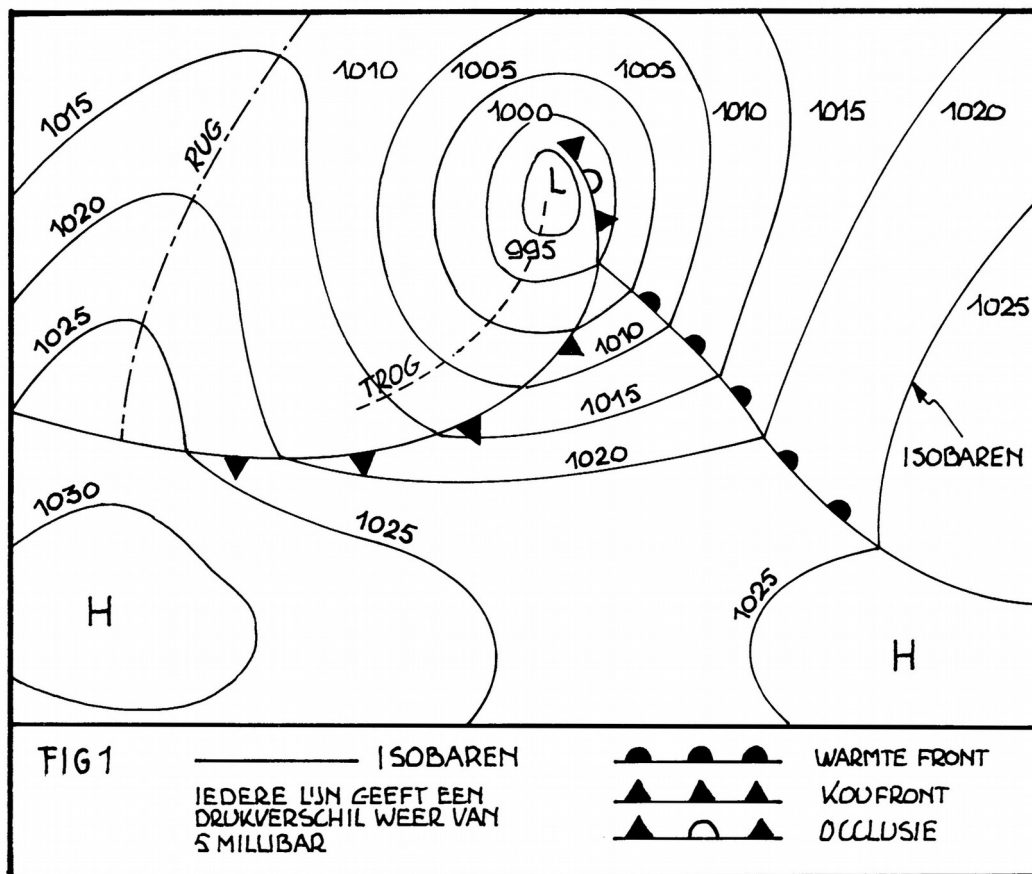
De luchtdrukverdeling aan het aardoppervlak op een bepaald moment dient als basis bij het interpreteren van het weer en het opstellen van weers-voorwachtingen. Deze luchtdrukwaarden worden op een weerkaart ingeschreven.

4

Op een aldus bewerkte weerkaart kunnen lijnen worden getekend, die plaatsen met gelijke druk verbinden: de isobaren.

Wanneer de drukverdeling in een horizontaal vlak wordt aangegeven met isobaren, dan krijgt men een duidelijk inzicht in de ligging van de verschillende druksystemen.

(zie figuur 1).



Men onderscheidt de volgende druksystemen:

a) **Lagedrukgebied of depressie**

Een dergelijk systeem wordt ook wel een minimum genoemd.

Hierbij vormen de isobaren gesloten lijnen om een punt waar de luchtdruk een minimumwaarde heeft. De kern wordt aangeduid met een L of D.

De isobaren rond een lagedrukkern vertonen in het algemeen een cyclonale kromming, d.w.z. de holle zijde is naar de lagere druk gekeerd.

5

b) **Hogedrukgebied**

Andere benamingen, die worden gebruikt, zijn anticycloon en maximum. Ook hier vormen de isobaren gesloten lijnen, maar nu om een punt waar de luchtdruk een maximumwaarde heeft. Het centrum van een 'hoog' wordt aangeduid met een H.

De isobaren zijn meestal anticyclonaal gekromd, wat wil zeggen, dat de bolle zijde naar de lagere druk is gekeerd.

c) **Trog**

Een trog maakt deel uit van een depressie. Het is een uitloper van de depressie en heeft als kenmerk een afwijking in het isobarenpatroon. De afwijkingen zijn de isobarenafstand, belangrijk voor de wind, en de sterkere cyclonale krommingsweersverschijnselen.

d) **Rug**

De rug van hoge druk vormt een tegenhanger van de trog.

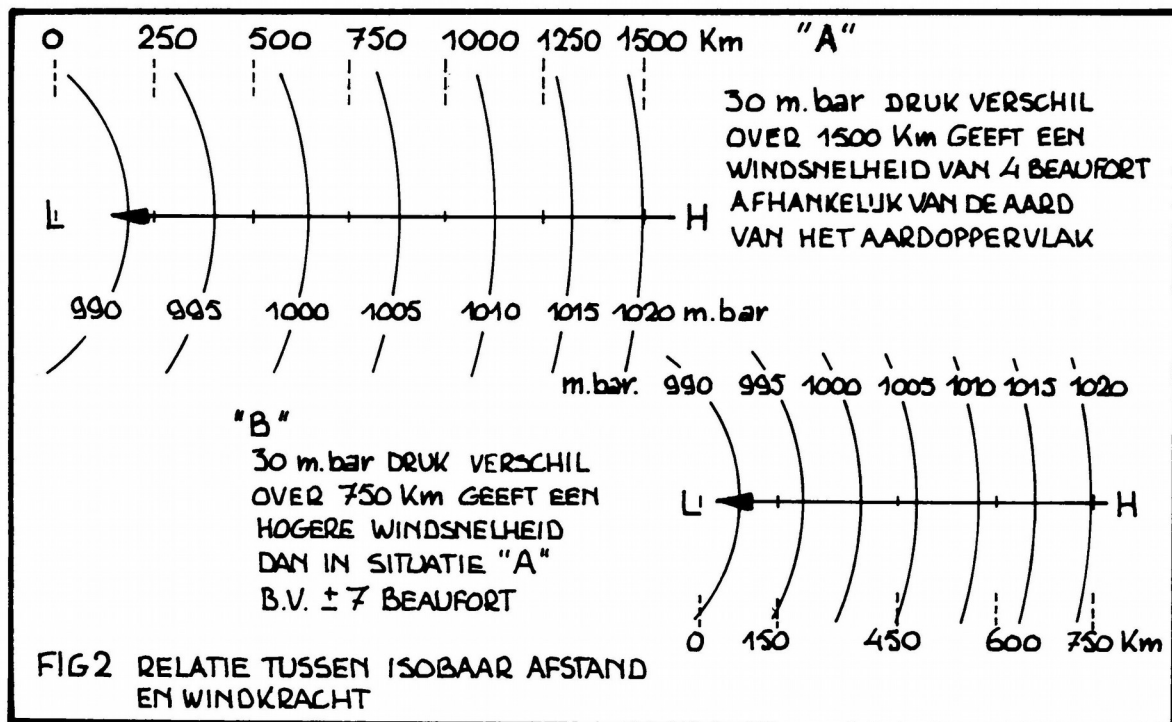
Een rug is de uitloper van een hogedrukgebied en heeft een anticyclonale kromming.

Door de horizontale luchtdrukverschillen gaan de luchtmassa's over het aardoppervlak bewegen. Dit verschijnsel noemt men WIND.

De windsnelheid is des te groter naarmate de drukverschillen, gerekend over dezelfde afstand, groter zijn.

In verband hiermee heeft men de horizontale luchtdrukgradiënt gedefinieerd. Hieronder verstaat men het luchtdrukverval loodrecht op de isobaren per afstandseenheid.

De wind is deste sterker naarmate de horizontale luchtdrukgradiënt groter is, dus naarmate de afstand tussen de isobaren kleiner is. (zie figuur 2).



De luchtdruk is maar zelden constant in een druksysteem. Meestal daalt of stijgt de luchtdruk. Daalt de luchtdruk in een hogedrukgebied, dan spreekt men van afnemen van het hogedrukgebied, stijgt de luchtdruk in het hoog, dan zegt men dat het hogedrukgebied opbouwt.

Bij een lagedrukgebied spreekt men van opvullen als de luchtdruk stijgt en van uitdiepen als de luchtdruk in dit gebied daalt.

In het dagelijks leven maakt men veel gebruik van de eigenschap dat lucht via de kortste weg beweegt van plaatsen van hoge druk naar plaatsen van lage druk (denk hierbij aan het oppompen van een fietsband). Men zou verwachten, dat de luchtmassa's aan het aardoppervlak ook bewegen van de hogedrukgebieden naar de lagedrukgebieden.

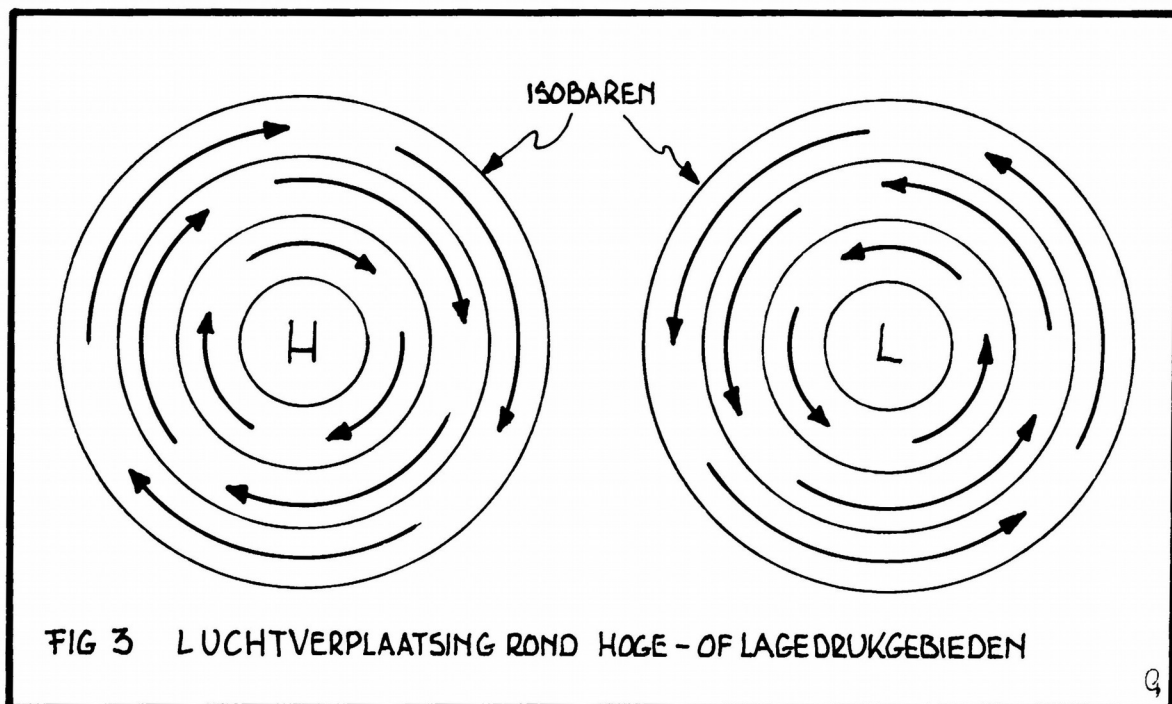
Zou dit inderdaad in de atmosfeer het geval zijn, dan zou het 'hoog' snel afnemen en het 'laag' opvullen, net zo lang tot er geen luchtdrukverschillen meer zouden bestaan. De ervaring leert echter, dat druksystemen zich lange tijd kunnen handhaven. Er zijn dus blijkbaar invloeden waardoor een rechtstreekse stroming van 'hoog' naar 'laag' in de atmosfeer niet plaatsvindt.

6

Wanneer we een weerkaart bekijken en letten op de aangegeven windrichting (=luchtverplaatsing), dan zien we dat de lucht ongeveer evenwijdig aan de isobaren beweegt, met name op zee.

Rond een hogedrukgebied stroomt lucht in een richting, die overeen komt met de beweging van de wijzers van een uurwerk; rond een depressie in een richting, tegengesteld aan die van de wijzers van de klok (zie figuur 3).





Op het zuidelijk halfrond is de bewegingsrichting t.o.v. de hoge- en lagedrukgebieden tegengesteld aan die op het noordelijk halfrond. In het vervolg bespreken we uitsluitend de situatie op het noordelijk halfrond.

Het blijkt dat de langs het aardoppervlak voorkomende luchtbeweging tot stand komt als gevolg van drie factoren, t.w.

- a = luchtdrukverschillen
- b = aardrotatie (draaiing van de aarde)
- c = wrijving

Deze factoren worden merkbaar, omdat ze op de luchtdeeltjes krachten uitoefenen. In de meeste gevallen heffen deze krachten elkaar op, of, wat hetzelfde is: de resulterende kracht = 0.

7

Uit de natuurkunde weten we dat een lichaam, waarop krachten werken die elkaar opheffen, in rust is of een eenparige rechtlijnige beweging heeft. Dit is ook van toepassing op luchtdeeltjes met als gevolg dat het òf windstil is, òf dat de wind geruime tijd met een nagenoeg constante snelheid waait.

Aan de op een luchtdeeltje werkende krachten kan een grootte en een richting worden toegekend.



---

## 4. KRACHTEN IN DE ATMOSFEER

De horizontale luchtbewegingen zijn een gevolg van een aantal krachten op de luchtdeeltjes. Deze krachten zijn:

### a. Gradiëntkracht: G

Gradiëntkracht is die kracht, die ontstaat o.i.v. de drang van hogedruk af te vloeien naar lagedruk. De gradiëntkracht werkt dus ten gevolge van de horizontale luchtdrukverschillen. Hij is gericht van de hoge naar de lage druk, staat loodrecht op de isobaren en is deste groter naarmate de horizontale luchtdrukgradiënt groter is, ofwel de isobaren dichter bij elkaar liggen. Als G de enig werkende kracht zou zijn, zouden de luchtdeeltjes gaan bewegen in de richting van de gradiëntkracht, dus rechtstreeks in een rechte lijn van de hoge naar de lage druk, waardoor de bestaande luchtdrukverschillen snel zouden zijn genivelleerd. Dit stemt niet overeen met de werkelijkheid die we waarnemen. Er moeten dus nog meer krachten zijn, die de beweging rechtstreeks van hoge naar lage druk beïnvloeden.

8

### b. Corioliskracht: C

Zodra een luchtdeeltje zich verplaatst blijkt dat de draaiing van de aarde een zekere invloed heeft op de horizontale beweging van het luchtdeeltje. Dit wordt veroorzaakt door iets, wat men de corioliskracht noemt. Het verschijnsel kan worden ingezien door de volgende voorbeelden te beschouwen:

1. Een waarnemer (fig. 4) staat op de noordpool N en werpt een bal in de richting r. Het kost de bal enige tijd om het punt A te bereiken en wanneer de bal zover is, KIJKT de waarnemer, door de draaiing van de aarde, inmiddels IN DE RICHTING A. Voor hem schijnt de bal dus naar rechts te zijn afgeweken, schijnt een kracht naar rechts te hebben ondervonden.
2. Een waarnemer (fig. 5) constateert aan de hand van zijn kompas, dat een luchtdeeltje zich naar ZO beweegt. Wanneer verondersteld wordt, dat het assensetstel (het kompas) tegen de wijzers van de klok in om een vast punt P roteert, terwijl het luchtdeeltje in zijn beweging volhardt, schijnt het, alsof de bewegingsrichting van het luchtdeeltje een afwijking vertoont. Door de rotatie verandert de lineaire snelheid niet, doch de richting wel, hetgeen betekent, dat een versnelling op dat deeltje werkt, welke versnelling naar rechts is gericht. Het is dus alsof een kracht naar rechts werkt.

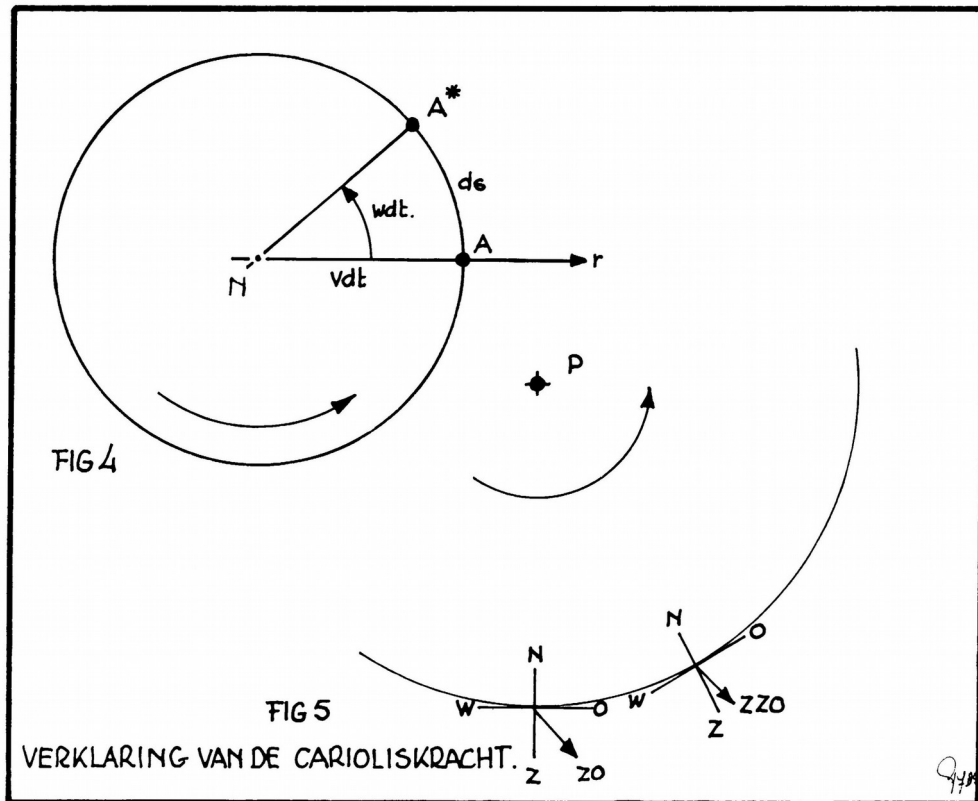
9

Eigenlijk moeten we concluderen, dat er helemaal geen kracht heeft gewerkt, maar dat de baan van het deeltje t.o.v. de aarde eenvoudigweg door de traagheid naar rechts is afgebogen. Deze schijnkracht noemen we Corioliskracht.

Een deeltje, dat zich t.o.v. het aardoppervlak verplaatst, ondervindt op het Noordelijk halfrond een kracht naar rechts, loodrecht op zijn bewegingsrichting

(op het Zuidelijk halfrond is de kracht naar links gericht).

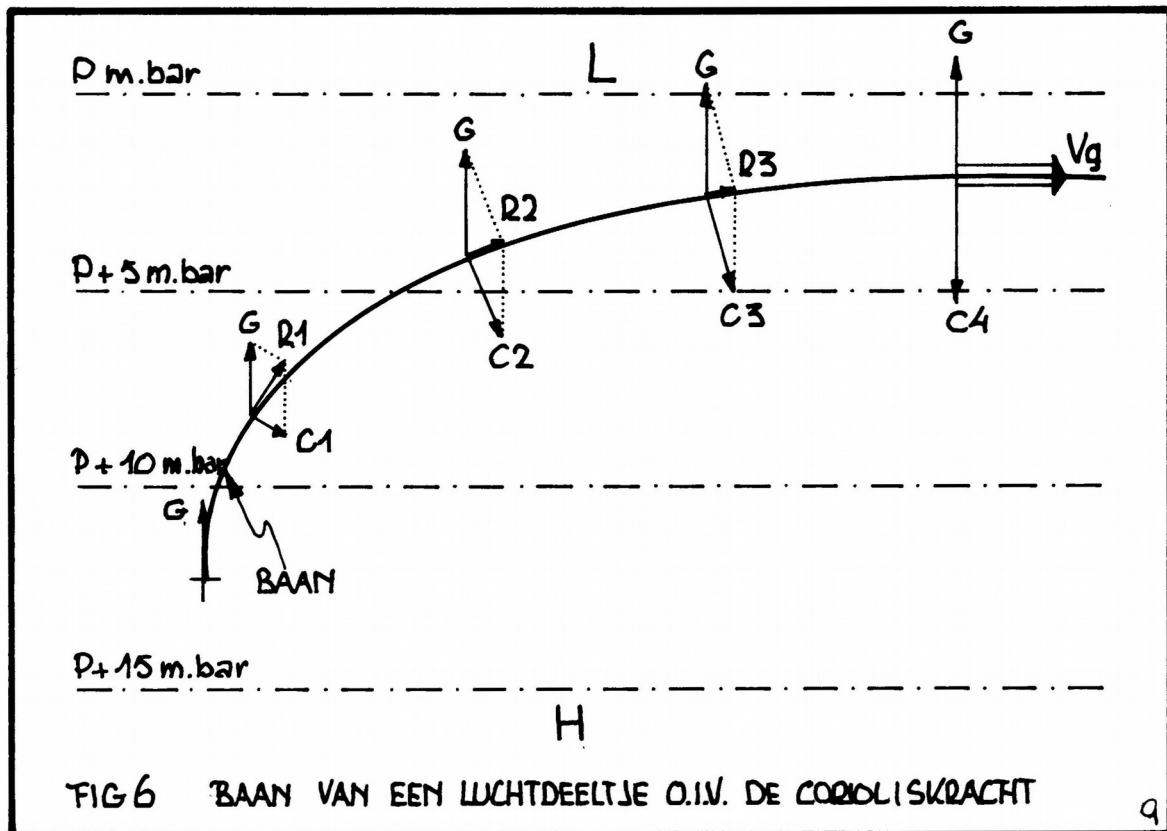
De Corioliskracht is recht evenredig met de snelheid van het lucht-deeltje waarop hij werkt en is afhankelijk van de plaats op aarde. Aan de polen is de Corioliskracht maximaal, aan de evenaar is deze kracht niets.



### c. Wrijvingskracht: W

Nabij het aardoppervlak worden de luchtdeeltje in hun beweging gehinderd door obstakels, zoals huizen, bomen e.d. Hoewel de invloed het duidelijkst merkbaar is in de onderste 10-tallen meters, kunnen we tot een hoogte van 1 km nog van een zekere wrijvingsinvloed spreken. De wrijvingsinvloed kan voorgesteld worden door een kracht W waarvan de richting tegengesteld is aan de windrichting, terwijl de grootte ongeveer evenredig is met de windsnelheid.

Een luchtdeeltje, dat zich op het Noordelijk halfrond aanvankelijk in rust bevindt, komt als gevolg van de horizontale drukverschillen, in beweging (zie fig. 6). Het deeltje beweegt eerst in de richting van G, de gradiënt-kracht. Spoedig zal het echter enige snelheid hebben verkregen en de Corioliskracht treedt in werking, ten gevolge waarvan het deeltje naar rechts zal worden afgebogen.



Indien geen wrijving optreedt zal de luchtbeweging eenparig versneld zijn zolang  $G$  een component heeft in de richting van de snelheid; de snelheid neemt voortdurend toe en derhalve de Corioliskracht ook.

10

De beweging wordt dus steeds naar rechts afgebogen, waardoor de component van  $G$  in de richting van de snelheid steeds kleiner wordt en uiteindelijk tot nul nadert.

Na verloop van tijd zal het luchtdeeltje dus met constante snelheid langs de isobaren bewegen met de hoge luchtdruk aan de rechterkant. In deze evenwichtstoestand is  $C$  even groot als  $G$ , doch tegengesteld gericht.

Het verband tussen wind en drukverdeling is door Buys Ballot in 1857 het eerst gelegd in de naar zijn naam genoemde wet, die voor het noordelijk halfrond als volgt luidt:

"Legt men zich in de richting van de wind met de rug naar de plaats vanwaar hij komt, zo heeft men de laagste druk aan de linkerhand, evenals bij de orkanen."

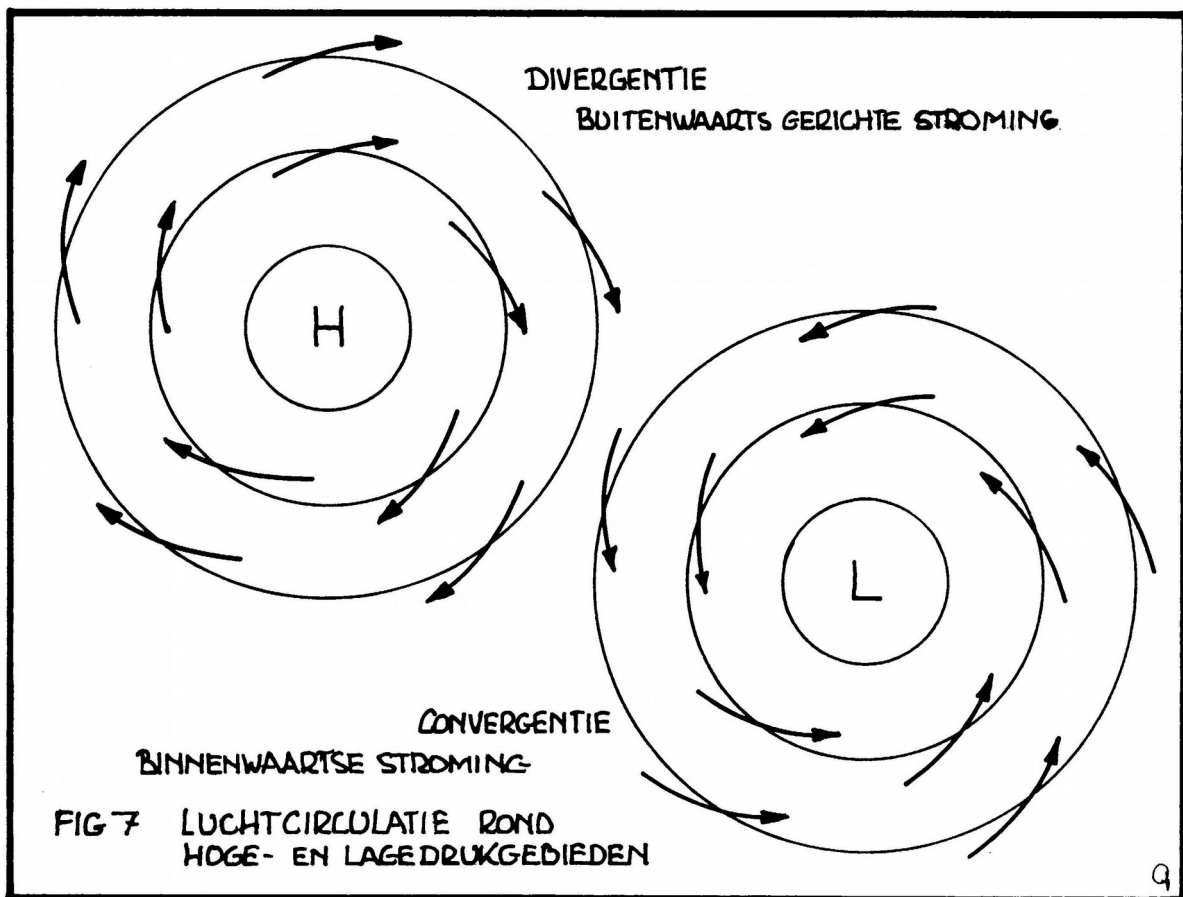
In de onderste 1000 m moet ook met de werking van de wrijvingskracht  $W$  rekening gehouden worden. Nabij het aardoppervlak werken dus op een luchtdeeltje de krachten  $G$ ,  $C$  en  $W$ .

De ervaring leert, dat ook onder deze omstandigheden de luchtbeweging in het algemeen geen versnelling of vertraging ondergaat. Dit houdt weer in, dat bij rechtlijnige beweging de drie krachten met elkaar in evenwicht zijn, terwijl bij een kromlijnige beweging een naar het

11

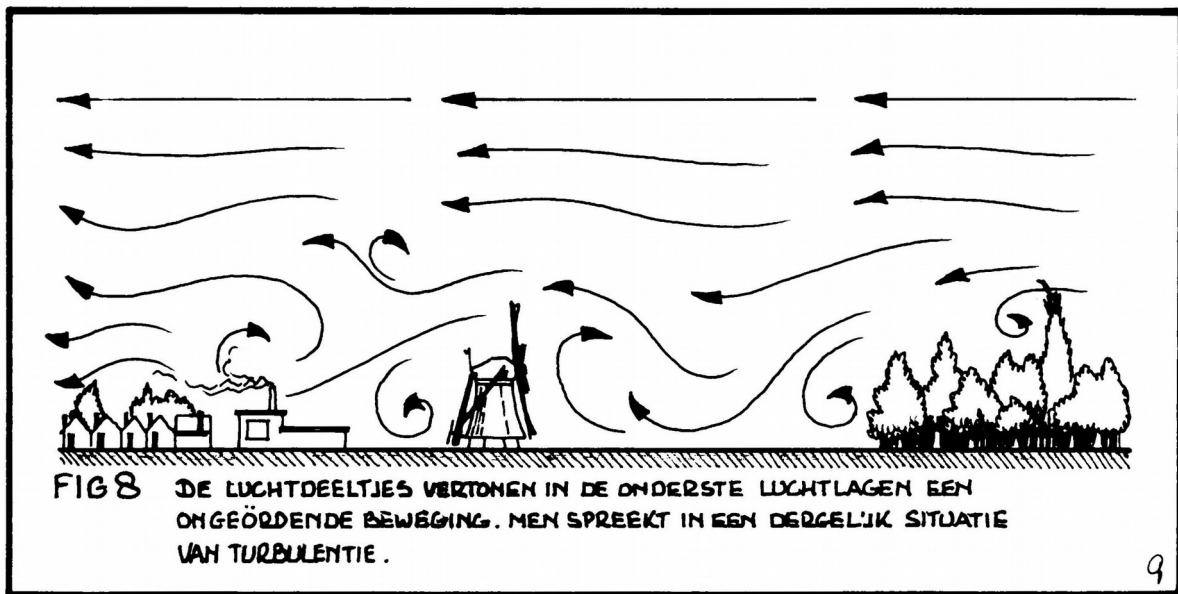
middelpunt gerichte kracht moet overblijven om de deeltjes in hun gekromde baan te houden.

Zonder tot in detail in te gaan op de richting, waarin de diverse krachten werken, kan gemakkelijk worden ingezien, dat, evenals bij rechte isobaren, de lucht onder invloed van de wrijving afbuigt naar de lagere luchtdruk. Er ontstaat een spiraalbeweging, waarbij in een hogedrukgebied de lucht zich van het centrum verwijdt, terwijl bij een depressie de lucht spiraalsgewijs naar het centrum toestroomt (zie fig. 7).

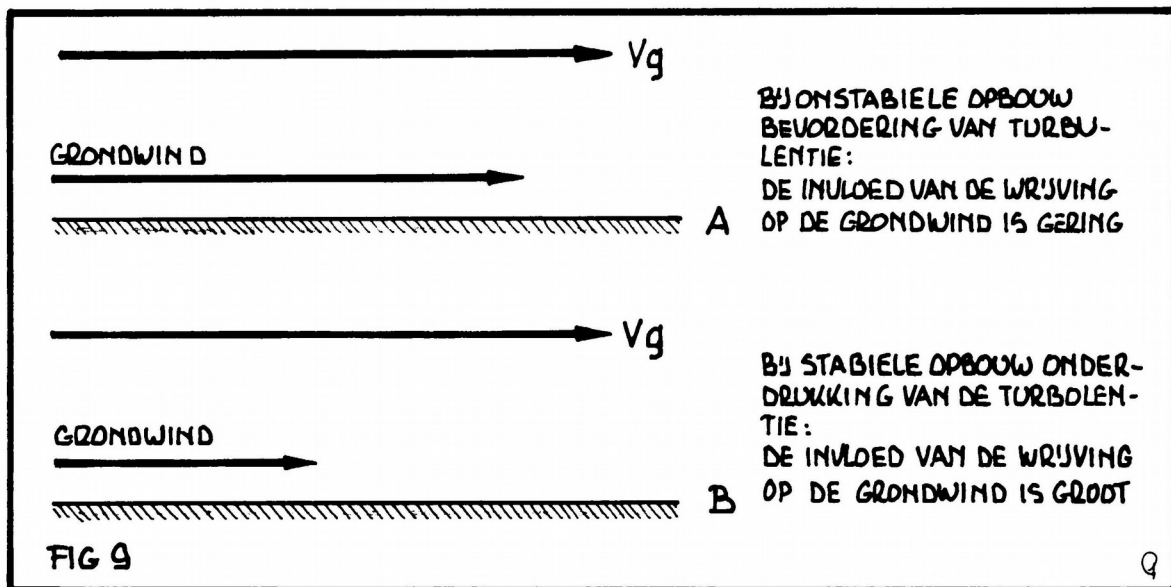


Het zal duidelijk zijn, dat de invloed van de wrijving dichtbij het aardoppervlak het grootst is. Met toenemende hoogte neemt de wrijvingsinvloed af tot de top van de wrijvingslaag, waar de wrijving verwaarloosbaar klein is. Omdat  $W = 0$  aan de top van de wrijvingslaag, zal, uitgaande van het aardoppervlak, de wind met toenemende hoogte in de wrijvingslaag, ruimen en de snelheid neemt daarbij toe.

Hoewel de gemiddelde windrichting en -snelheid in het algemeen in een niet te lange periode redelijk constant zijn, treden er meestal voortdurend variatie op rond deze gemiddelde waarden. De variaties worden o.a. door turbulentie veroorzaakt (zie fig. 8)



Zie figuur 9 voor wrijving bij stabiele en onstabiele opbouw. Stabiel en onstabiel wordt behandeld in hoofdstuk 3.



Turbulentie ontstaat als gevolg van snelheidsverschillen van de lucht op verschillende hoogten en door eventuele convectie. Convectie vindt plaats boven gebieden waar de onderste luchtlagen door een sterke verwarming van het aardoppervlak, absoluut onstabiel zijn geworden.

Het luchttekort, dat hierdoor boven deze plaatsen zou ontstaan, wordt aangevuld door een neerwaartse stroming aan weerszijden van het stijgstroomgebied. In deze zogenaamde

tegenstromingen is de lucht vrijwel altijd onverzadigd, vandaar dat convectieve bewolking praktisch nooit in een gesloten laag optreedt. (Hierover meer bij ontstaan van bewolking).

Door de turbulentie kunnen luchtdeeltjes, die op een bepaalde hoogte boven het aardoppervlak bewegen, aan het aardoppervlak komen en daar voor een tijdelijke windsnelheidstoename zorgen. Bovendien zal hierdoor de windrichting tijdelijk veranderen.

Wanneer de fluctuaties sterk ontwikkeld zijn, zegt men dat de wind buiig is. De hierbij voorkomende positieve snelheidsveranderingen noemt men windstoten of uitschieters. In het algemeen gaat men van uitschieters spreken als deze een snelheid hebben van 5 m/sec of meer boven de gemiddelde windsnelheid.

#### d. De vorming van wolken

De dikte van de troposfeer, waarin vrijwel alle weersverschijnselen plaatsvinden, is niet constant en afhankelijk van verschillende factoren. Hij varieert van ongeveer 8 - 15 km.

Deze luchtlaag is dikker naarmate wij ons op lagere breedte (evenaar) bevinden. In het warme jaargetijde ligt de tropopauze hoger dan in het koude jaargetijde. Dit is ook het geval boven gebieden van hoge druk in vergelijking met lagedrukgebieden.

In de troposfeer neemt in het algemeen de temperatuur met de hoogte af, gemiddeld 6,5° C per km.

De tropopauze vormt de overgang van de troposfeer naar de stratosfeer. De stratosfeer is een dikke laag, waarin de temperatuur met de hoogte constant blijft of geleidelijk toeneemt. In de troposfeer geldt o.a. de wet van Boyle / Gay - Lussac:

$$p \cdot V = M \cdot R \cdot T \quad \text{of} \quad V = (M \cdot R \cdot T) / p$$

waarin:  $p$  = druk,  $V$  = Volume,  $T$  = temperatuur,  $R$  = gasconstante.

Als we het begrip dichtheid,  $Q$ , is massa - per volume eenheid invoeren,

$$\text{dus } Q = M / V, \text{ dan wordt de formule: } Q = P / (R \cdot T), \text{ ofwel } Q \cdot (P / T)$$

Dus: De dichtheid van een bepaalde hoeveelheid gas is recht evenredig met de druk en omgekeerd evenredig met de temperatuur.

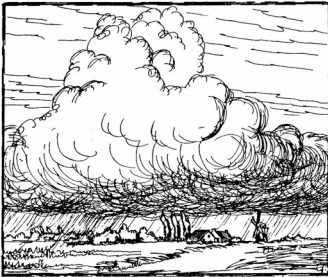
Wanneer een luchthoeveelheid een temperatuur heeft, die een hogere waarde heeft dan zijn omgeving, die dezelfde druk heeft, zal deze 'luchtbel' dus een kleinere dichtheid hebben dan de omgeving en derhalve een stijgende beweging maken.



Enige eenvoudige voorbeelden:

Warme lucht boven een kachel zal omhoog gaan, evenals rook van een sigaret en van een schoorsteen of een luchtvaartballon met brander.

Daar de luchtdruk met de hoogte afneemt, zal een stijgende luchtbel in een omgeving met lagere druk terechtkomen. De luchtbel zet uit. Deze uitzetting kost energie, die in de vorm van warmte door de stijgende lucht zelf zal worden geleverd, daar er, omdat lucht een slechte warmtegeleider is, geen warmteuitwisseling met de omgeving plaatsvindt.



## 5. ZELF WAARNEMEN

15

1. De ruiming van de wind met de hoogte kunt u zelf waarnemen als u let op de rook van een fabrieksschoorsteen en de richting hiervan vergelijkt met die aan de grond.
2. Dit verschijnsel is ook zichtbaar door de drift van lage bewolking. Let erop dat u deze drift niet kunt vereenzelvigen met de richting van de grondwind.
3. Kijk regelmatig op de huisbarometer. Ga na of er inderdaad een verband bestaat tussen de luchtdruk en weer. De beschrijving bij een bepaalde stand is klimatologisch wel juist, maar afwijkingen zijn zeer zeker mogelijk. Schenk veel aandacht aan het oplopen of dalen van de luchtdruk.
4. Als u de beschikking over een eenvoudige barometer hebt, dan is het te proberen een idee te krijgen over de druksystemen in uw omgeving (radiopraatje en/of krant kunnen hierbij zeer nuttig zijn). Voorbeeld: gisteren hadden we een noordwestelijke wind van ongeveer 6 Bft. Dus de isobaren lagen hier tamelijk dicht bij elkaar en de druk was in het noordoosten het laagst. Vandaag is de wind zuid, 3 Bft., dus de isobaren moeten verder uit elkaar liggen en de lage druk ligt in het westen.

Conclusie: misschien is er een rug van hoge luchtdruk gepasseerd en komt er een nieuwe depressie uit het westen.

## 6. VERTICALE BEWEGINGEN

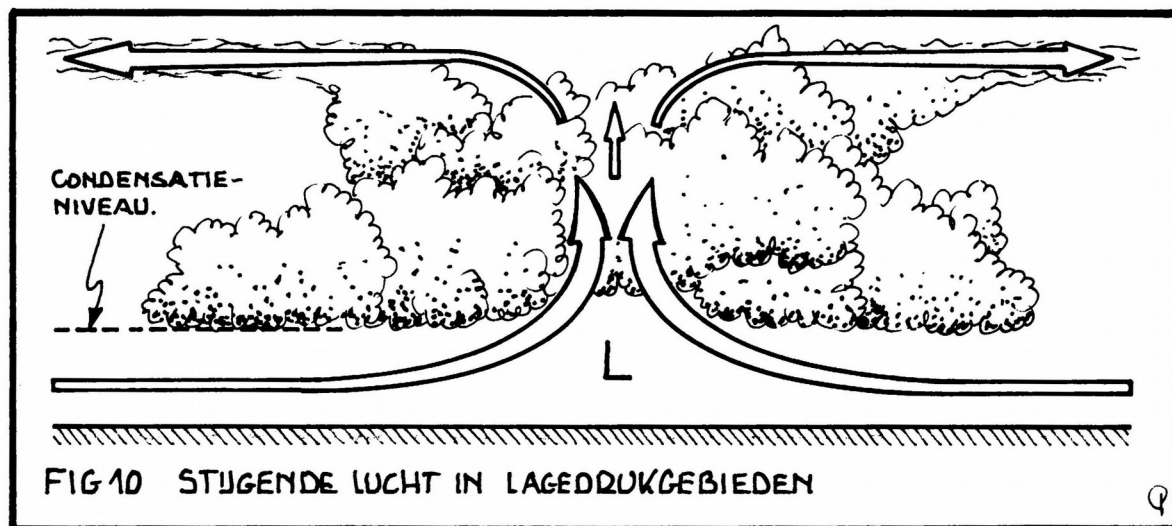
Als het verloop van de temperatuur in de verticaal bekend is, kan worden nagegaan of de atmosfeer in dat geval onstabiel van opbouw is.

De temperatuur van de ongestoorde lucht op verschillende hoogten kan door metingen (radiosonde oplatingen of gegevens van weersatellieten) verkregen worden.

Is de temperatuur op grotere hoogte veel lager dan onderin de troposfeer, dan spreekt men van onstabiel. Zo niet, dan van stabiel of neutraal.

Is bijvoorbeeld de temperatuur boven in de molen hoger dan in de basis, dan spreekt men van een stabiel temperatuurverloop. Er is dan geen vertikaal luchttransport.

Is het in tegenstelling daarvan onder in de molen warmer dan in de kap dan vindt transport naar hoven plaats, de toestand is dan onstabiel.



EEN WOLK is een verzameling van uiterst kleine, nauwelijks met het oog afzonderlijk waarneembare waterdruppeltjes, ijskristalletjes of vaste deeltjes zoals stof en rook, of een mengsel daarvan.

De meeste wolkendruppeltjes hebben een doorsnede van 1/100 tot 1/200 mm, slechts enkele zijn groter dan 1/50 mm.

Een wolk, die uit vloeibare waterdruppeltjes bestaat, is dus feitelijk niets anders dan een geweldige mistdeken, die niet op de aarde rust. Omgekeerd is een mistveld niets anders dan een wolk op de grond. Wolken kunnen ontstaan als lucht t.g.v. een stijgende beweging afkoelt en deze afkoeling zover doorgaat, dat de in de lucht aanwezige waterdamp condenseert. Op die hoogte - het condensatie-niveau - ontstaan wolken. De hoogte van dit condensatieniveau is afhankelijk van de vochtigheid van die opstijgende lucht.

Condensatie gebeurt echter alleen als er in de atmosfeer stofdeeltje, zg. condensatiekernen, aanwezig zijn. Condensatiekernen zijn bijvoorbeeld heel kleine gronddeeltjes (in de atmosfeer gebracht door stof- en zand-stormen), zeezoutdeeltjes (door stormen op zee),



asdeeltjes (door bos-branden en vulkaanuitbarstingen), micro-organismen en stuifmeelkorrels. De grootte van de condensatiekernen ligt tussen 0,1 en 0,0001 mm.

Boven het condensatieniveau krijgt een wolk energie erbij t.g.v. de vrij-komende condensatiewarmte; de wolk kan verder groeien.

De afkoeling van een hoeveelheid lucht kan bij verder stijgen zover gaan dat de temperatuur beneden het vriespunt daalt. Er vormen zich ijskristallen. Hiervoor moet de temperatuur dalen tot beneden  $-10^{\circ}\text{C}$ .

De ijskristalletjes vormen zich evenmin spontaan als de waterdruppeltjes. Vrieskernen zijn een bijzondere soort condensatiekernen, zij hebben een kristallijne structuur.

Samengevat zien we dat er nodig is voor wolkenvorming:

waterdamp, opstijgende luchtbewegingen (of een andere vorm van afkoeling van lucht), condensatiekernen en vrieskernen.

17

De soort bewolking is afhankelijk van de verticale evenwichtstoestand (=temperatuursverloop) van de atmosfeer.

Deze kan zijn (zie ook fig. 15):

a. Onstabiel. Bij een onstabiel verticaal evenwicht zullen zich stapelwolken ontwikkelen van het geslacht CUMULUS of CUMULONIMBUS (= Cu of Cb).

b. Stabiel. Als de atmosfeer stabiel is, zal er veelal gelaagde bewolking gevormd worden van het geslacht NIMBOSTRATUS, ALTOSTRATUS of CIRROSTRATUS.

Op lagere niveaus STRATUS of STRATOCUMULUS.

Bij Cirrostratus ziet men vaak een witte cirkel om de zon, een halo-verschijnsel. Het verschijnsel ontstaat door breking van zonlicht in ijskristallen en gaat soms gepaard met zogenaamde 'bijzonnen' links of rechts van de zon.

Op enige hoogte in de troposfeer vindt wolkenvorming vrijwel uitsluitend plaats door afkoeling als gevolg van stijgende luchtbewegingen. De opwaartse beweging van een hoeveelheid lucht kan het gevolg zijn van ongelijkmatige verwarming van het aardoppervlak, waardoor luchtbellen ontstaan, die warmer zijn dan hun omgeving, van gedwongen opstijging tegen bergruggen of van het schuiven van de ene luchtmassa over of onder de andere.

Het laatste vindt plaats bij FRONTEN van depressies.

FRONTEN hebben te maken met de horizontale temperatuurverdeling op de aarde. De temperatuur neemt niet gelijkmatig af van de evenaar naar de polen.

Er zijn nl. gebieden, waarin de temperatuur betrekkelijk constant blijft en er zijn ook plotselinge scherpe overgangen van temperatuur. In die gebieden van min of meer homogene temperatuur heeft men te maken met een bepaalde luchtsoort, de scherpe

overgangen komen voor op de grenzen tussen twee luchtsoorten, die fronten worden genoemd.

In de hoofdstukken "fronten" wordt daar nader op ingegaan.

Bij een geordende stijgende beweging gaan uitgestrekte luchthoeveelheden langzaam omhoog. Het ontstaan van wolken kunnen we nog verdelen in oorzaken van stijging, t.w.

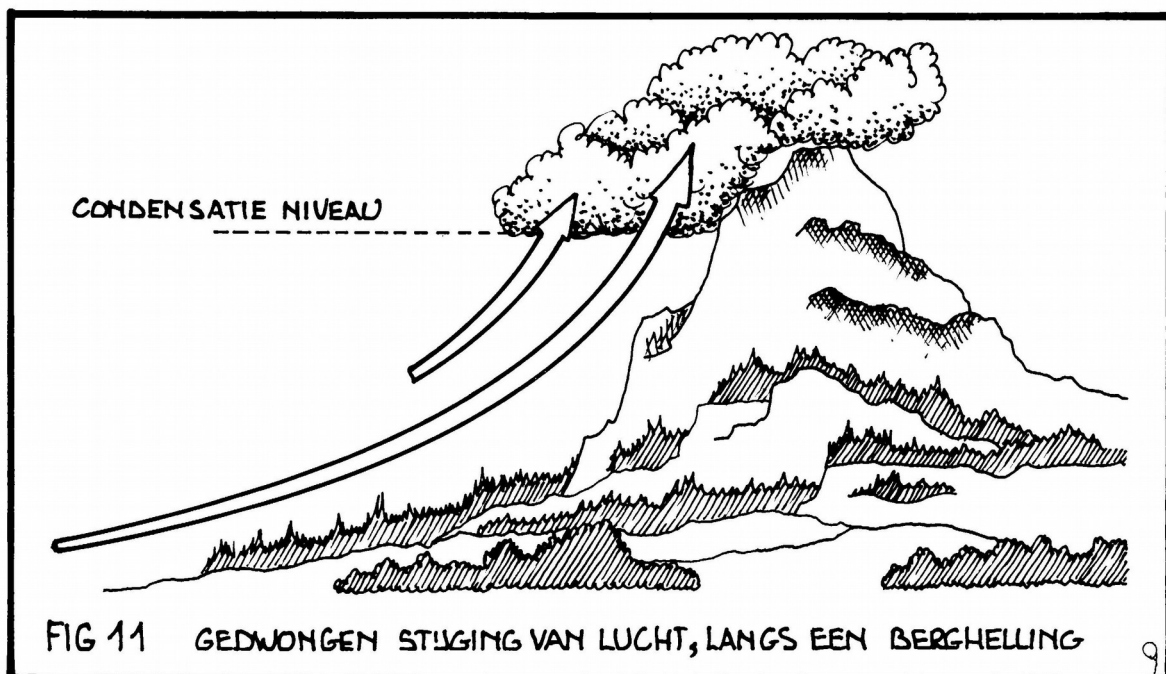
a. **Stijgende beweging in lagedrukgebieden**

Tengevolge van convergentie, d.i. de toestroming van lucht langs het aardoppervlak naar het centrum ontstaat in de depressie een stijgende luchtstroom (zie fig. 10), die aanleiding geeft tot een meestal uit-gestrekt wolkensysteem. De soort bewolking is afhankelijk van de stabiliteit van de lucht.

b. **Stijgende lucht tegen een heuvelrug of bergheiling**

Stijgende beweging, die ontstaat wanneer de lucht gedwongen wordt een bergrug te passeren. Er zullen dikwijls aan de loefzijde van de berg wolken ontstaan (zie fig. 11).

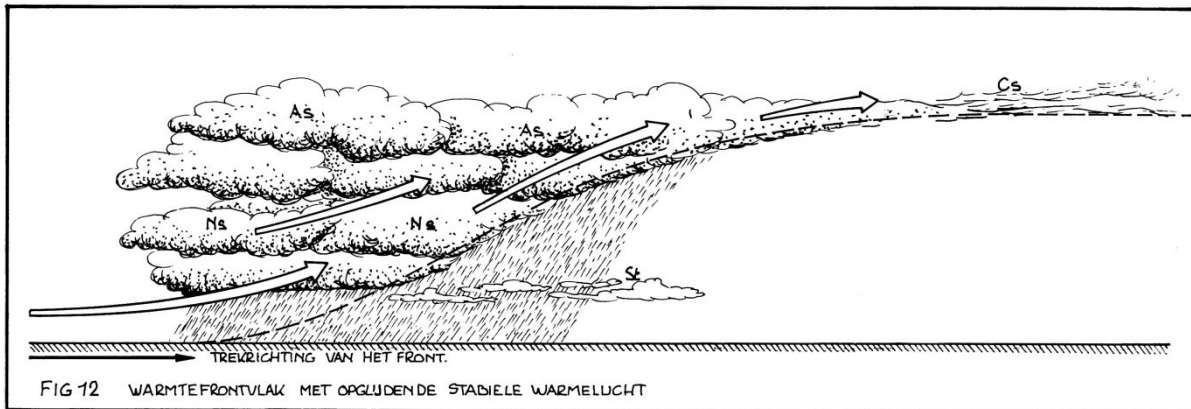
18



c. **Stijgende beweging langs frontvlakken**

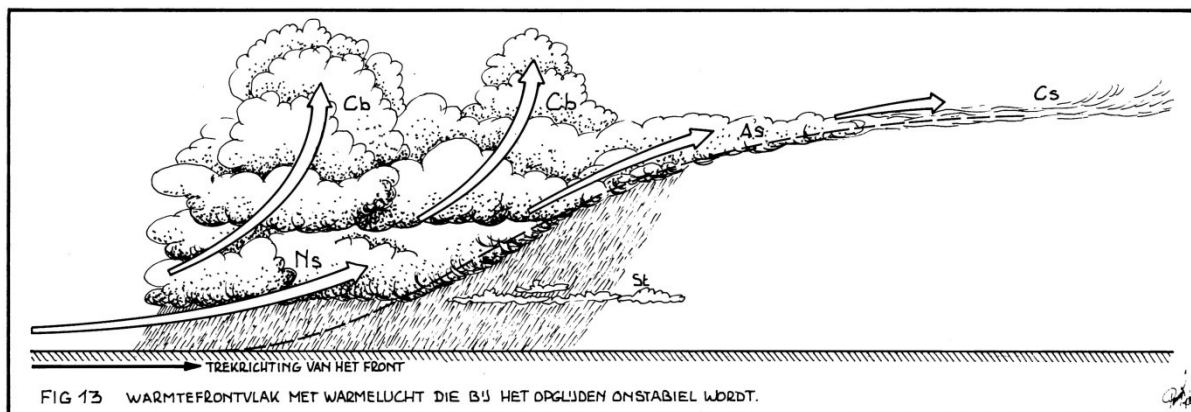
In het voorgaande is summier iets gezegd over plotselinge temperatuur-overgangen tussen 2 luchtsoorten. Warmere en koudere lucht ontmoeten elkaar. De warmere lucht zal tegen de koudere lucht opgliden.

-- Is en blijft de warmere lucht bij het opgliden stabiel, dan strekt zich langs het opglidingsvlak een Nimbostratus (Ns) - Altostratus (As) - Cirrostratus (Cs) systeem uit, waarbij men aan de onderzijde vaak stratusflarden aantreft. (zie fig. 12).



21

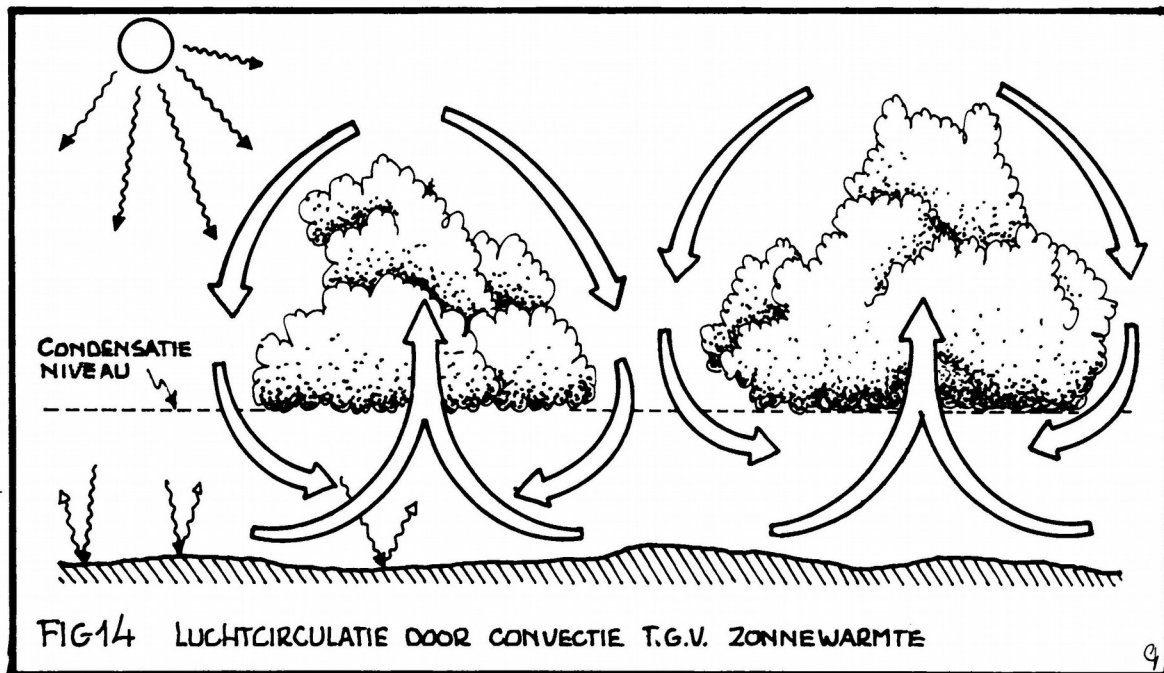
- Een stabiele luchtlaag, waarin de vochtigheid onder in de laag hoger is dan bovenin, kan bij opstijging onstabiel worden. Zo'n stabiele luchtlaag, die op grond van zijn vochtigheidsverdeling bij optilling onstabiel wordt, noemt men potentieel (of voorwaardelijk) onstabiel. Als potentieel onstabiel opgebouwde lucht stijgt, zal in eerste instantie (afhankelijk van de vochtigheid) een Ns - As - Cs -systeem gevormd worden, waarna zich, zodra de laag voorwaardelijk onstabiel is geworden, in dit systeem Cumulonimbus(Cb) gaan ontwikkelen. Aan de sterk wisselende neerslag-intensiteit en ook aan het uiterlijk van de hemel kan de waarnemer gewaar worden, dat zich in het Ns - As - Cs -systeem verscholen Cb's bevinden, e.e.a. schematisch weergegeven in figuur 13.



Een andere vorm van min of meer geordend stijgende beweging is de CONVECTIE.

Wanneer overdag de aarde zonnestraling absorbeert, zal het aardoppervlak in temperatuur stijgen en kan de onderste luchtlaag absoluut onstabiel worden. In deze situatie kunnen zich spontaan sterke verticale luchtstromingen van beperkte omvang ontwikkelen. Deze verticale bewegingen noemt men convectie, zie fig. 14.

Bij deze convectie koelen de luchtballen één graad C per 100 meter stijging af, waardoor de vochtigheidsgraad toeneemt.



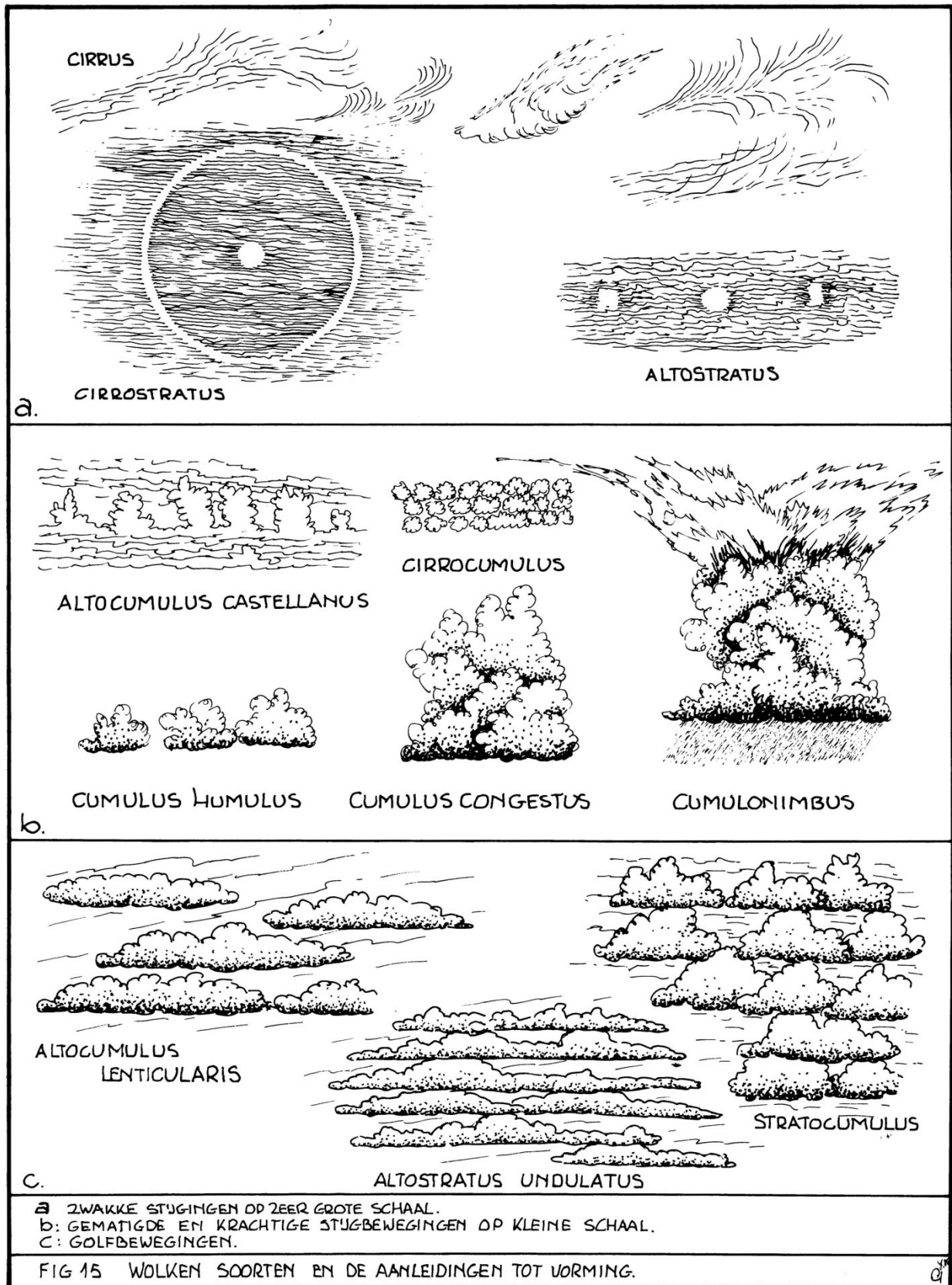
Deze temperatuurdaling geldt voor onverzadigde lucht.

Als de lucht verzadigd raakt door afkoeling, dan treedt condensatie op. Er komt dan condensatiewarmte vrij, die ten goede komt aan de stijgende luchthoeveelheid. In deze situatie koelen de 'natte' luchtballen, wolken dus, nog ongeveer  $0,6^{\circ}\text{C}$  per 100 meter af. Als bij convectie wolkvorming optreedt, meestal cumulus of mooiweer-wolken genoemd, dan spreekt men in de zweefvliegerij van 'natte-thermiek'.

Als de atmosfeer te droog is, zodat geen condensatie optreedt of de wolk verdampt weer snel, dan spreekt men van 'droge-thermiek'.

Convectie vindt plaats boven gebieden waar de onderste luchtlagen door een sterke verwarming van het aardoppervlak absoluut onstabiel zijn geworden. Het luchttekort, dat hierdoor boven deze plaatsen zou ontstaan, wordt aangevuld door een neerwaartse stroming aan weerszijden van het convectiegebied. De dalende lucht wordt verwarmd, tengevolge waarvan eventuele wolkendruppels zullen verdampen. In deze zgn. tegenstromingen is de lucht vrijwel altijd onverzadigd, vandaar dat convectieve bewolking praktisch nooit in een gesloten laag optreedt (zie fig. 15)

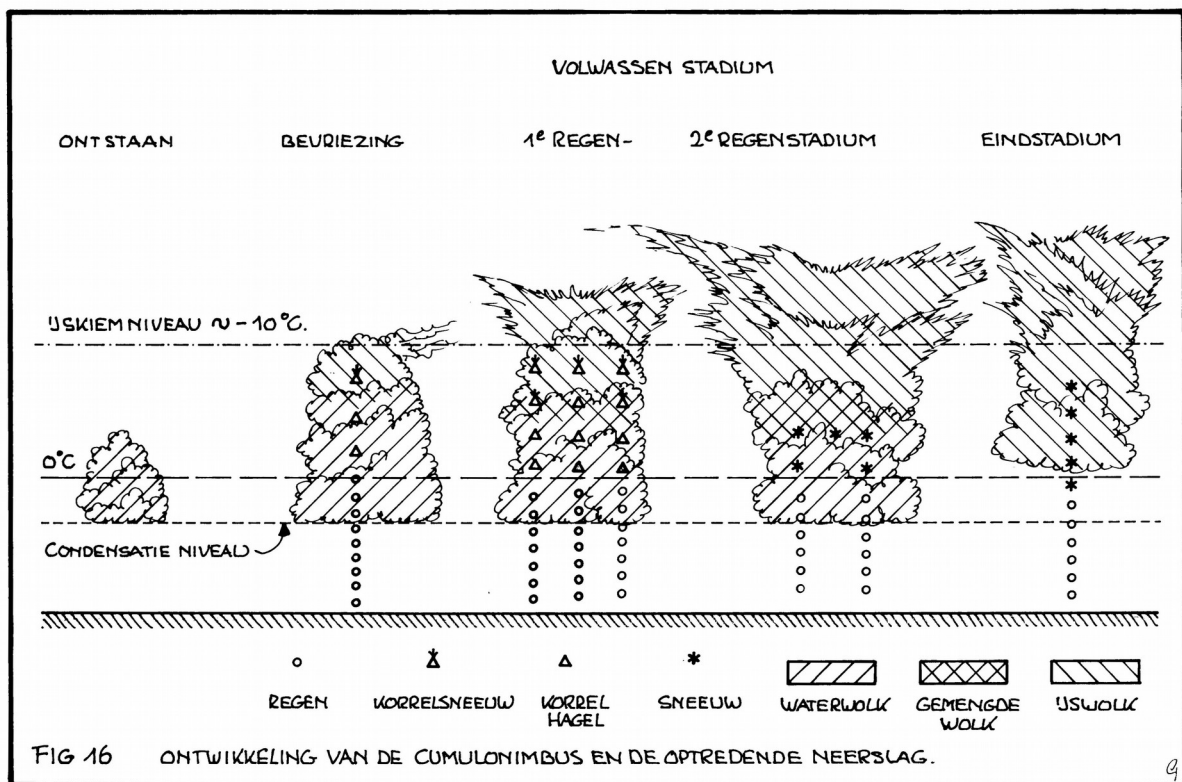




Men spreekt van een cumulonimbus als de top van de wolk ijsdeeltjes bevat. Dit is in het algemeen het geval als de wolken top boven het  $-10^{\circ}\text{C}$  niveau uitgroeit, omdat bij nog lagere temperaturen onderkoelde wolke druppels gaan bevriezen. Een Cb kan men gemakkelijk herkennen aan zijn cirruskop, soms in de vorm van een aambeel. Zie figuur 15, en tabel 1 voor de indeling van wolken naar wijze van ontstaan.

### 7. De ontwikkeling van een Cumulonimbus / zware buien en onweer.

In de ontwikkeling van een Cumulus ('mooi weer wolkje') tot een Cumulonimbus zijn nog verschillende stadia te onderscheiden (zie fig. 16).



- Cumulusstadium:** de cumulus reikt juist tot boven het 0°C - niveau en bevat nog uitsluitend vloeibaar water.  
De cumulus groeit door en gaat bovenin steeds meer ver-ijzen. Zodra dit proces is te onderkennen, is het volwassen stadium aangebroken.
- Volwassenstadium:** het aantal ijskristallen neemt toe en de vorming van neerslagelementen neemt een aanvang.  
De gevormde korrelsneeuw en korrelhagel dringen steeds meer naar beneden door, het gemengde gedeelte van de wolk breidt zich uit.

De neerslagelementen verlaten de wolk en geven aanleiding tot een bui. Aan het einde van het volwassenstadium is het aantal onderkoelde waterdruppeltjes steeds kleiner geworden, vooral de kleinere drup-peltjes zijn overgebleven en in de wolken vormen zich sneeuwvlokken, die bij het bereiken van het aardoppervlak regen of sneeuw geven.

- c. **Oplossingsstadium:** de ontwikkeling is ten einde, de cumulonimbus is overgegaan in altocumulus en cirrus: de neerslagvorming is opgehouden.

Tabel 1		SCHEMA VAN DE INDELING VAN WOLKEN NAAR HOOGTE LIGGING EN WIJZE VAN ONTSTAAN.	
Hoogte ligging	ONTSTAAN DOOR	ONTSTAAN DOOR	ONTSTAAN DOOR
hoog niveau ( hoger dan 6 km. )	opwaartse bewegingen op kleine schaal ( convectieve bewolking )	opwaartse bewegingen op kleine schaal ( convectieve bewolking )	zwakke opwaartse bewegingen op zeer grote schaal ( stratiforme bewolking )
middelbaar niveau ( 2 tot 6 km )	krachtig	gematigd	
laag niveau ( lager dan 2 km )	cumulus cumulonimbus	cirrocumulus altocumulus stratocumulus	cirrostratus altostratus stratus

INDELING VAN DE WOLKEN NAAR DE WIJZE VAN HUN ONTSTAAN. (Zie fig.15)	
We kunnen de indeling maken in een viertal groepen t.w.:	
1. Wolken ontstaan door zwakke stijgbewegingen op grote schaal. Meiklucht Cirrostratus. Egaal grijze lucht Altostratus. Gruw grijze regenlucht Nimbostratus.	3 Wolken ontstaan door golfbewegingen in een luchtlag. Lenswolken Hoge golfwolken Lage golfwolken Altostratus lenticularis. Altostratus undulatus. Stratocumulus undulatus.
2. Wolken ontstaan door krachtige stijgbewegingen op kleine schaal. Schaapjeswolken Kanteelwolken Stapelwolken Buienwolken Cirrocumulus of altocumulus Altostratus castellanus Cumulus cumulonimbus	4. Wolken ontstaan door afkoeling van een luchtlag of menging daarvan. Zeer laag egaal grijs wolkendek Mist Stratus. Stratus aan het aardoppervlak.

De neerslagintensiteit is het grootst bij de overgang van het cumulusstadium naar het volwassenstadium. De grote hoeveelheid vallende neerslag maakt dan een einde aan de stijgkracht van de nog opwaarts bewegende luchtmassa's die zij op haar weg ontmoet. In de wolk komt een sterke dalende luchtstroom tot ontwikkeling, die aan het aardoppervlak aanleiding kan geven tot windstoten. In het oplossingsstadium regent de wolk uit en lost op. De levensduur van dergelijke enkelvoudige Cumulonimbuswolken bedraagt ongeveer een half uur.

Het blijkt dat onweersbuien dikwijls een langere levensduur bezitten dan de bovengenoemde 30 minuten. Dit is het geval wanneer er sprake is van een buien-complex. Zo'n complex kan ontstaan door samenklontering van meerdere Cumulus- en Cumulonimbus-wolken, cellen genaamd.

Hoewel deze afzonderlijke cellen een levensduur hebben van ongeveer een half uur, worden voortdurend oplossende cellen vervangen door nieuwe, waardoor de levensduur van het complex als geheel aanzienlijk langer kan zijn.

Deze samenklontering van cellen kan het gevolg zijn van het feit, dat de koude dalende luchtstroom, die veroorzaakt wordt door de vallende neerslag, zich aan het aardoppervlak uitspreidt; hierdoor wordt de warme lucht in de nabijheid opgetild, hetgeen aanleiding heeft tot de vorming van een nieuwe cel.

Dit wordt in figuur 18 schematisch weergegeven.

Bij een normale situatie, waarbij de wind ruimt met de hoogte, vindt de instroming en dus ook de aangroeiing plaats aan de rechterszijde van de wolk. In veel gevallen verplaatsen buien zich onder deze omstandigheden daar ook naar rechts t.o.v. de gemiddelde wind. Wanneer buien vergezeld gaan van bliksem en donder spreekt men van onweer. De donder is het geluid van de bliksemontlading en aangezien de snelheid van het geluid en die van het licht aanmerkelijk verschillen, zal de donder bij een verwijderd onweer aanzienlijk vertraagd zijn t.o.v. de bliksem.

De afstand van een naderend onweer is af te leiden uit het tijdsverschil tussen het zien van bliksem en het horen van de bijbehorende donder. Daar de snelheid van het geluid ongeveer 330 meter per seconde is, kan

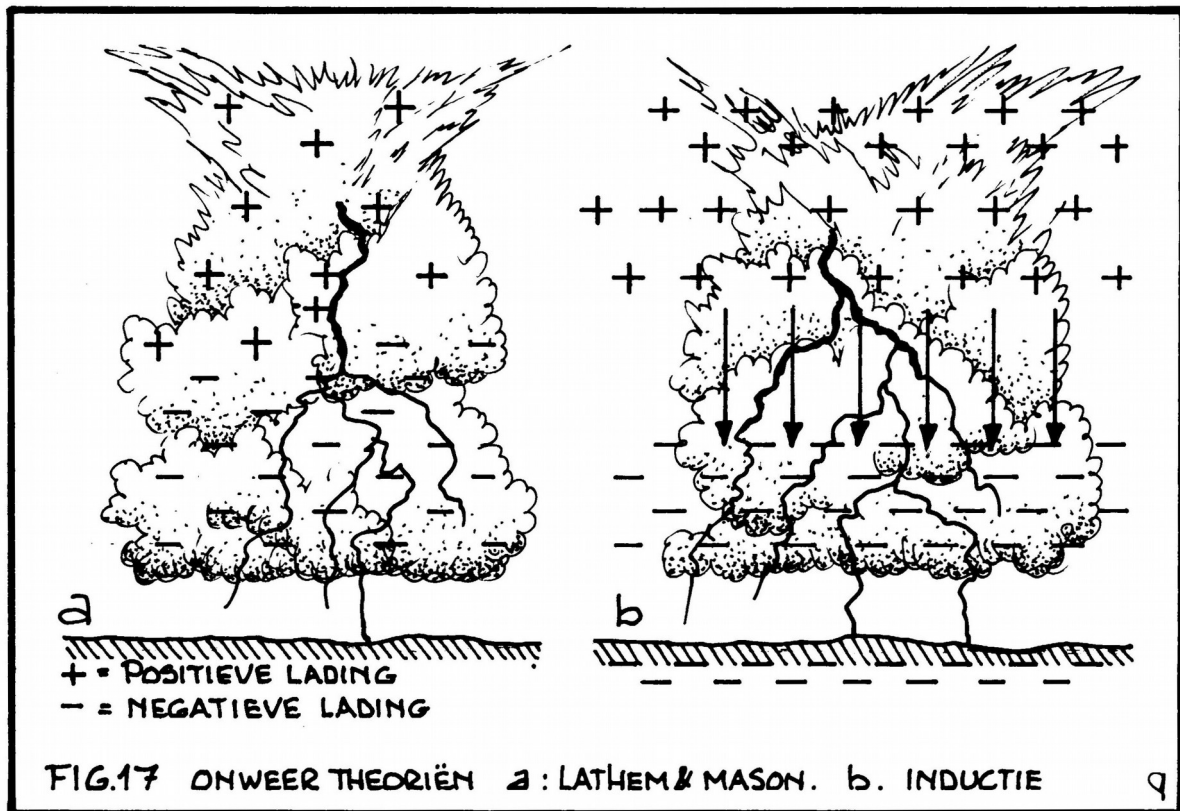
men het tijdsverschil delen door 3 en men heeft de afstand in kilometers. De weersverschijnselen, die een onweer begeleiden, zijn spectaculair en kunnen tot ongevallen en schade aanleiding geven, zodat aan het fenomeen onweer al sedert eeuwen aandacht is geschonken.

Aangezien in feite een onweersbui weinig meer is dan een zware 'gewone' bui waarbij dan echter elektrische ladingen worden waargenomen, geldt de in dit hoofdstuk behandelde materie vrijwel altijd, niet alleen voor onweer doch ook voor goed ontwikkelde Cumulonimbi waarbij geen ontladingsverschijnselen voorkomen.

De ontladingen, die tussen een wolk en de aarde, tussen verschillende delen van een wolk of tussen twee wolken kunnen optreden, zijn vanzelfsprekend het gevolg van een plaatselijk



zeer hoog opgelopen veldsterkte. Deze veldsterkte kan vlak voor een ontlading enkele duizenden volts per cm bedragen. Het mechanisme van de ladingsseparaties en de er op volgende ontlading vormt (nu nog) een boeiend onderwerp voor onderzoekers en heeft tot verscheidene lijnrecht tegenover elkaar staande theoriën geleid.



Om een idee te geven van de richtingen, waarin men denkt en om tevens duidelijk te maken hoe volkomen verschillend men het probleem wel kan benaderen, volgen hierna summier enkele onweerstheorieën.

**a. Theorie van "Latham en Mason"**

Een onweerswolk kenmerkt zich door een negatieve lading in de onderste helft en een positieve lading in de bovenste helft. Voor de verklaring van deze ladingsverdeling gaan de Engelsen Latham en Mason uit van de zgn. thermo-electriciteit in ijs. Essentieel voor deze theorie is de aanwezigheid van ijs in de wolk. Aangezien - met name in de tropen - ook onweerswolken voorkomen, die in hun geheel warmer zijn dan 0° C, geeft deze theorie geen universele verklaring.

27

**b. De inductie theorie**

Een van de theorieën, waarin de aanwezigheid van ijs in een wolk géén rol speelt, is de inductietheorie. Deze gaat uit van het normaal in de atmosfeer aanwezige elektrische veld. Over de gehele wereld bezitten de hogere luchtlagen een positieve potentiaal

t.o.v. het aardoppervlak, oftewel: de aarde heeft een negatieve elektrische spanning t.o.v. hogere luchtlagen.

Dit elektrisch veld laat de geheel of gedeeltelijk vloeibare wolken en neerslag-elementen niet onberoerd. Het veroorzaakt daarin t.g.v. inductie een zodanige ladingsverdeling dat de positieve electriciteit aan de onderzijde en de negatieve aan de bovenzijde wordt geconcentreerd. Door de positief geladen onderzijde van de vallende deeltjes worden negatieve atmosferische ionen aangetrokken en ingevangen.

De positieve atmosferische ionen worden afgestoten.

Op deze wijze bereiken vele negatieve ionen en bijna geen positieve ionen de vallende deeltjes, die daardoor geleidelijk een steeds grotere negatieve lading verkrijgen. Zo vindt een geleidelijke scheiding van electriciteit in de wolk plaats. De vallende deeltjes voeren immers een negatieve lading naar beneden, terwijl op grotere hoogten met de positieve ionen een positieve lading overblijft.

### c. De waterval theorie

Uit proeven is gebleken dat waterdruppels met een doorsnede groter dan 4 mm zich niet kunnen handhaven. Hun valsnelheid wordt zo groot, dat ze breken. Daarbij splitsen zich, vooral als de lucht erg turbulent is, vele kleine druppeltjes van een grote druppel af.

De kleine druppeltjes zijn negatief, de overblijvende grote druppels positief geladen.

Door de grotere valsnelheid van de grote druppels zal zich tijdens neerslag aan de wolkenbasis positieve electriciteit verzamelen. Deze positieve lading in het gedeelte van de wolk, waaruit de grootste druppels vallen, wordt inderdaad waargenomen.

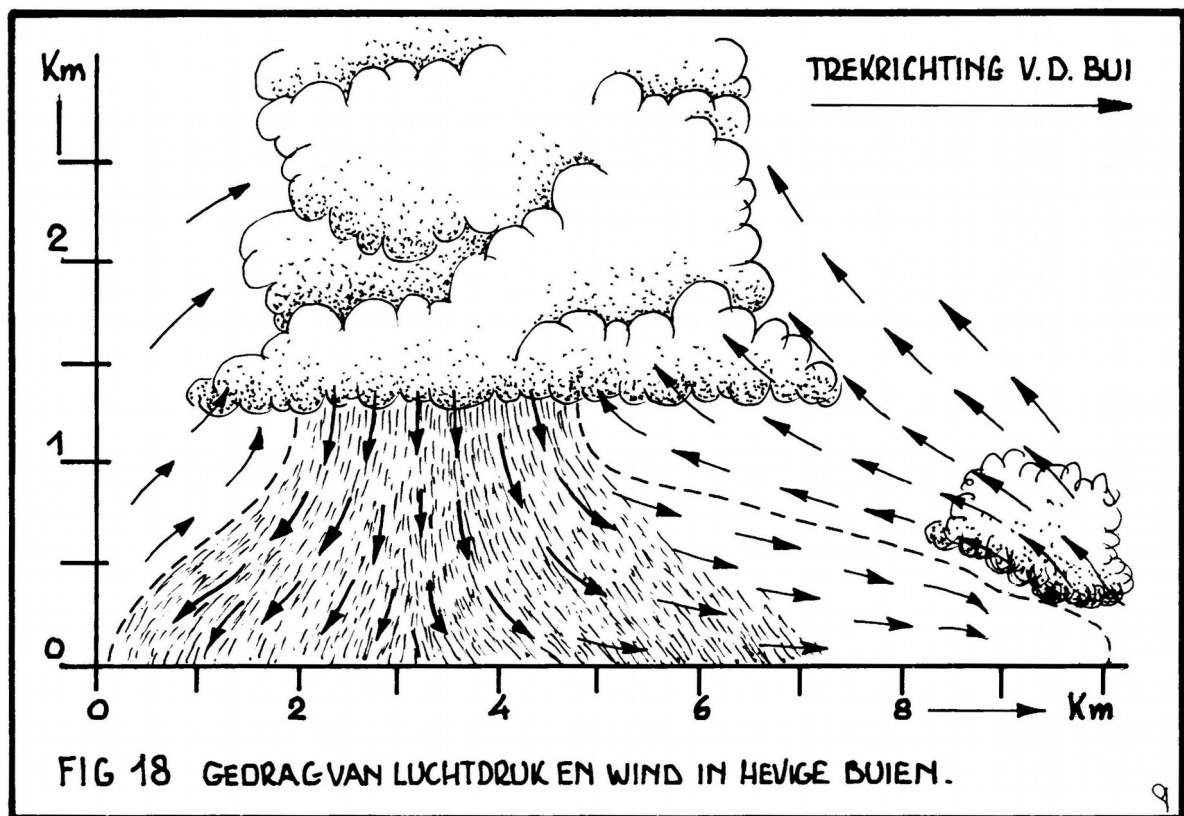
Men noemt de verklaring de 'waterval-theorie'.

## 8. WEERSVERSCHIJNSELEN ONDER EN NABIJ EEN ONWEERSBUI

28

### a. Luchtdruk en wind

Bij heftige buien treden naast stijgende ook zeer krachtige dalende luchtstromingen op. Hiermee worden grote hoeveelheden van grote hoogte afkomstige en koude lucht naar beneden getransporteerd. De temperatuur in deze lucht blijft ondermeer laag door, de in deze betrekkelijk droge lucht, verdampende neerslag. Onder deze koude lucht ontstaat aan het aardoppervlak een zeer snelle stijging van de luchtdruk, die op een barogram zichtbaar is als een zgn. onweersneus. De dalende koude luchtstromingen breiden zich aan het aardoppervlak horizontaal uit en geven aanleiding tot de vorming van een miniatuur koufront, waarlangs en waarachter dikwijls zware windstoten optreden, zie figuur 18.



### b. Roterende bewegingen

1. Vooral bij sneltrekkende buien kunnen aan het grensvlak tussen de uitstromende koude lucht en de instromende warme lucht, dus boven het miniatuur koufront, t.g.v. de richtingsverschillen van de lucht-stromingen roterende bewegingen ontstaan. Deze geven aanleiding tot het ontstaan van een zgn. rolwolk.
2. Hozen ontstaan in principe op dezelfde manier, namelijk door het optreden van roterende bewegingen, nu echter met een verticale as, op plaatsen waar de circulatie in de wolk daartoe geschikt is. Ze doen zich dan voor als trechtervormige uitstulpsels van de wolken-basis en reiken al of niet tot het aardoppervlak. De doorsnee is als het ware niet meer dan een meter of tien.

29

### c. Neerslag

De neerslag komt voor in de vorm van: regen, hagel, sneeuw of regen en sneeuw. Sneeuwval treedt uiteraard uitsluitend op in het koude seizoen. Hagel ontstaat door het snelle aangroeien van neerslag-elementen in wolken, waarin een zeer hoge concentratie van vloeibaar water aanwezig is. Door het groot aantal botsingen met onderkoelde druppels (= waterdruppels onder het vriespunt, maar nog niet bevroren) dat onder deze omstandigheden optreedt, kunnen de afmetingen van vallende ijsdeeltjes zeer snel

toenemen en kunnen deze het aardoppervlak bereiken met een doorsnede die enkele centimeters kan bedragen.

Aangezien de waterinhoud van de wolk het grootst is wanneer de temperatuur aan de wolkenbasis het hoogst is, treden zware hagelbuien vooral 's zomers op bij temperaturen boven 22 - 24 °C.

**d. Windstoten**

Statistisch is bewezen, dat vrijwel alle buien gepaard gaan met wind-stoten. Alleen in die gevallen waarbij ze zijn waargenomen of berekend geeft het K.N.M.I. "buien , die gepaard gaan met flinke windstoten." De sterke stijgwind en vooral de heftig dalende beweging, die ontstaat bij het inzetten van zware neerslag, geven aanleiding tot windstoten. Zeer vaak gaan windstoten gepaard met tijdelijke veranderingen in de windrichting.

Figuur 19 laat duidelijk de invloed van een passerende onweersbui op de verschillende registreringen zien.

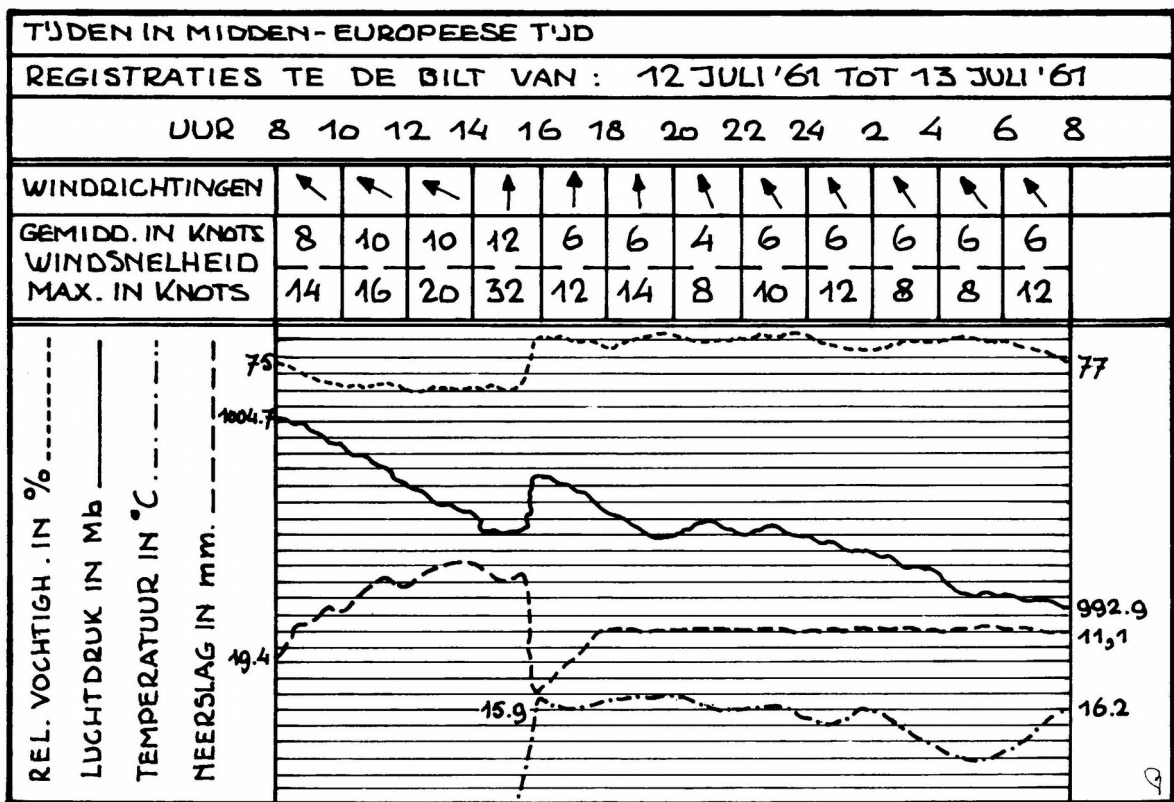


FIG 19 WEERREGISTRATIE

**e. Blikseminslag**

Blikseminslag vindt meestal plaats op uitstekende objecten, zoals alleenstaande bomen, kerktorens en molens.

Metalen uitsteeksel hebben hierbij de voorkeur.

Aangezien bliksem toch enige geleiding nodig heeft, geven buien met een laaghangend wolkendeck en neerslag veelvuldiger een verticale bliksem (wolk-aarde) dan buien met een hoge wolkenbasis en nauwelijks regen. In het laatste geval heeft men veel ontladingen tussen wolken. Omdat onweersbuien in de winterperiode vaak met lage wolken en neerslag gepaard gaan, geven deze buien relatief meer blikseminslag dan onweersbuien in de zomer.

Relatief, omdat er in de winter minder voorkomen.

Het gemiddeld aantal onweersdagen per maand te Den Bilt bedraagt:

jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec
0	1	1	2	4	5	6	6	3	2	1	1

hetgeen neerkomt op 32 dagen per jaar.

Tengevolge van de grotere onstabieleit van de atmosfeer boven land in de zomer is de onweersfrequentie boven land groter dan bij zee. Niettemin komt 's nachts, vooral in het najaar, boven zee vaak onweer voor.

Eenvoorbode van onweer zijn de ALTOCUMULUS CASTELLANUS, die reeds aangeven dat de atmosfeer op enige hoogte onstabiel is, zie figuur 15.

30

## 9. LUCHTSOORTEN

31

Men verstaat onder een luchtsoort een hoeveelheid lucht met horizontale afmetingen van tenminste enige honderden kilometers en met een verticale afmeting van tenminste 1 km; daarbij moet zo'n luchthoeveelheid in elk horizontaal vlak ongeveer dezelfde eigenschappen vertonen voor wat betreft temperatuur en vochtigheid.

Luchtsoorten ontstaan in brongebieden. Dit zijn gebieden waar het aardoppervlak gelijk van aard (homogeen) is en waar de lucht tenminste enige dagen kan vertoeven.

Eigenschappen van een luchtsoort worden bepaald door de plaats waar de luchtsoort ontstaat: Geografische breedte en gesteldheid van het onderliggende aardoppervlak. De lucht kan slechts dan voldoende lange tijd boven een brongebied vertoeven, wanneer er zich boven dat gebied een stilliggend hogedrukgebied of een zeer uitgebreid gebied, waar de luchtdruk laag is, bevindt. Vooral een hogedrukgebied is voor het vormen van een luchtsoort erg geschikt.

Op grond van de algemene luchtdrukverdeling op de aarde kunnen luchtsoorten als volgt worden ingedeeld:

1. EQUATORIALE LUCHT (E L)      ontstaat op en nabij de evenaar of equator.



- 
- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 2. TROPISCHE LUCHT (T L) | ontstaat in de subtropen, b.v. in het "Azoren hoog", Atlantische Oceaan, boven de Sahara of Zuid-Europa.  |
| 3. GEMATIGDE LUCHT (G L) | ontstaat op gematigde breedten (tussen 45 ° en 60 °), Midden en Noord-Europa  |
| 4. POLAIRE LUCHT (P L)   | ontstaat op hoge breedten, b.v. Noord-Atlantische Oceaan (noordelijk gedeelte), Westelijk en Noordelijk Canada, Zuid- en Centraal Rusland en Zuidelijk Siberië, waar in de winter boven de met sneeuw en ijs bedekte gebieden in Canada, Rusland en Siberië zich hogedrukgebieden voordoen. |
| 5. ARCTISCHE LUCHT (A L) | ontstaat rond de Noordpool.   |

Een luchtsoort, die boven zee is gevormd, wordt maritieme lucht genoemd. Ligt het brongebied boven het vaste land, dan wordt van continentale lucht gesproken.

Een gevormde luchtsoort zal, onder invloed van luchtdrukwijzigingen, na enige tijd het brongebied verlaten en zich naar andere gebieden verplaatsen die een andere oppervlaktegesteldheid kunnen hebben dan het brongebied. Hierdoor kan, tijdens het transport, de luchtsoort langzamerhand andere eigenschappen krijgen; de luchtsoort wordt getransformeerd. Een naar het zuiden bewegende luchtsoort zal, door het warmere aardoppervlak geleidelijk worden verwarmd, eerst in de onderste luchtlag, later, door convectie, ook in de hogere niveau's.

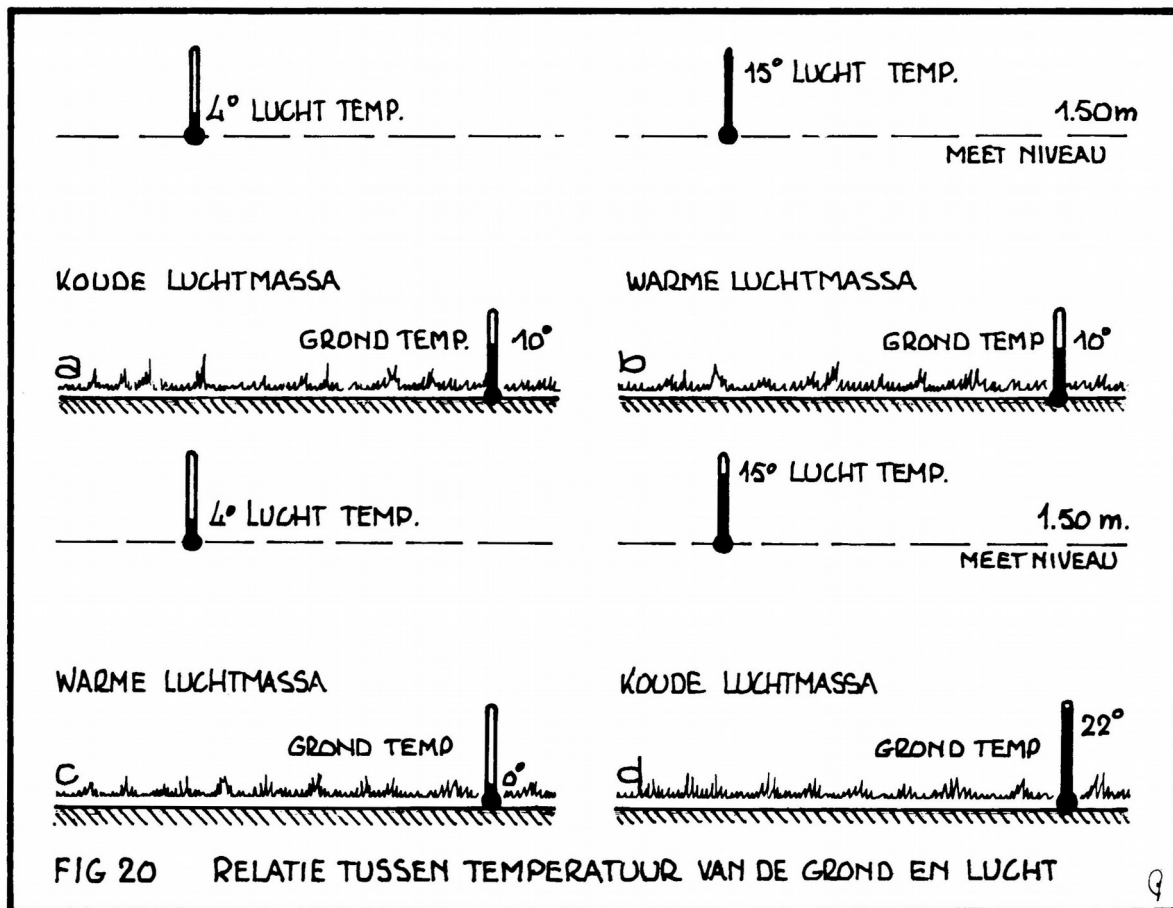
32

Anderzijds zal een luchthoeveelheid, die naar het noorden beweegt, afkoelen. De eigenschappen van een luchtsoort worden (naast de temperatuur en vochtigheid) in sterke mate bepaald door het verticale evenwicht in de onderste niveau's: stabiel of onstabiel.

Op grond hiervan kan een luchtsoort weer worden onderverdeeld in (fig. 20):

- |                |  |
|----------------|--|
| 1. WARME MASSA | als de temperatuur op normale waarnemingshoogte (1,50 m) hoger is dan de temperatuur van het onderliggend aard-oppervlak. (B en C) |
| 2. KOUDE MASSA | als de temperatuur op normale waarnemingshoogte lager is dan de temperatuur van het onderliggend aardoppervlak.                    |

Volgens bovenstaande kan worden gesteld, dat in de onderste niveau's het verticale evenwicht in KOUDE massa onstabiel is en in WARME massa stabiel.



Hierdoor kunnen in een koude massa spontaan krachtige verticale bewegingen ontstaan, zodat er transport van warmte en waterdamp plaats vindt naar hogere luchtlagen (convectie).

Ongeordende luchtbewegingen (turbulentie) zullen in een koude massa worden bevorderd, vooral bij flinke windsnelheden. Daarentegen is er in een warme massa geen convectie en turbulentie wordt door de stabiele opbouw tegengewerkt.

Dit verschil in stabiliteit is er de oorzaak van dat t.a.v. weerselementen zoals: bewolking, neerslag, zicht en wind duidelijk verschillen bestaan tussen een koude en een warme massa.

## 10. EIGENSCHAPPEN VAN EEN KOUDE MASSA

### a. Bewolking en neerslag

Door convectie kan bewolking van het geslacht CUMULUS en/of CUMULONIMBUS (fig. 15) ontstaan, mits de temperatuur in het condensatieniveau hoger is dan de temperatuur van de omgeving op dezelfde hoogte.

Tijdens de stijgende beweging koelen de luchtbelllen af, waardoor de relatieve vochtigheid toeneemt en op een bepaald niveau een waarde van 100 % kan krijgen. Op dit niveau (CONDENSATIENIVEAU) zal de wolkenvorming beginnen.

Uit deze bewolking kunnen buien ontstaan, waarbij de soort en intensiteit afhangen van de temperatuurverdeling in de wolk en de mate van onstabieleit.

### b. Het zicht

Door de convectie en werveling worden druppeltjes en stofdeeltje omhoog gevoerd en verspreid over een dikke laag, waardoor de concentraties (aantal deeltjes per m<sup>3</sup>) aan het aardoppervlak kleiner wordt.

Het zicht zal derhalve in een koude massa goed zijn, behoudens in buien.

### c. Windrichting en snelheid

Lucht wordt bij horizontale beweging nabij het aardoppervlak door de wrijving afgeremd. In de onderste lagen doet deze remmende werking zich het meeste voelen; naar boven toe neemt de invloed ervan geleidelijk af, zodat er een continu verloop is en geen scherpe overgang tussen de windsnelheid aan de grond en een grotere windsnelheid daarboven.

Reeds eerder is aangetoond, dat, onder invloed van de wrijving, de lucht bij zijn beweging over het aardoppervlak bovendien in richting afwijkt van de GRADIENTWIND: De wind wijkt af in de richting van de lage druk. Aangezien de invloed van de wrijving met toenemende hoogte kleiner wordt, zal ook de afwijking minder worden. Afwijkingen van het bovenstaande, door bijv. dagelijkse gang, zal later behandeld worden.

## 11. EIGENSCHAPPEN VAN EEN WARME MASSA

### a. Bewolking en neerslag

Bij een hoge vochtigheid zal in een warme massa de hemel nagenoeg geheel bedekt zijn met STRATUS of STRATOCUMULUS.

Hieruit kan bij voldoende dikte lichte neerslag vallen (geen buien!) Bij een laag vochtigheidsgehalte van de lucht zal het in een warme massa onbewolkt zijn.

### b. Het zicht

In een warme massa hopen alle stof- en vochtdeeltjes zich in de onderste luchtlaag op en kunnen niet ontwijken naar hogere luchtlagen.



Het zicht is dan ook meestal matig of slecht. Mist komt (vooral in de wintermaanden) vaak voor en kan dan zeer hardnekkig zijn.

Bij turbulentie wordt de alleronderste laag, de zogenaamde menglaag, zodanig opgebouwd dat een zogenaamde WRIJVINGSINVERSIE ontstaat. (zie ook figuur 9).

Onder een inversie neemt de temperatuur met de hoogte toe in plaats van af. Een dergelijke wrijvingsinversie kan buitengewoon hardnekkig zijn, waardoor dagenlang geen uitwisseling kan plaatsvinden met de lucht boven de menglaag. Dergelijke situaties gaan dan ook gepaard met rustig weer en lange perioden met slecht zicht. (Denk aan smogvorming in industriegebieden).

c. Windrichting en snelheid

Door de geringe turbulentie is er weinig uitwisseling tussen luchtmassa's op verschillende hoogten in de menglaag. Hierdoor blijft de invloed van de wrijving hoofdzakelijk beperkt tot de onderste luchtlagen, waardoor de schommelingen rond de gemiddelde wind gering zijn; de verschillen tussen de windrichting en -snelheid aan de grond en die in hoger gelegen lagen, zullen dus groot zijn.

In warme massa neemt de windsnelheid sterk met de hoogte toe, terwijl de wind bovendien sterk met de hoogte ruimt.

Voor een overzicht van de verschilpunten tussen koude en warme massa, zie tabel 2.

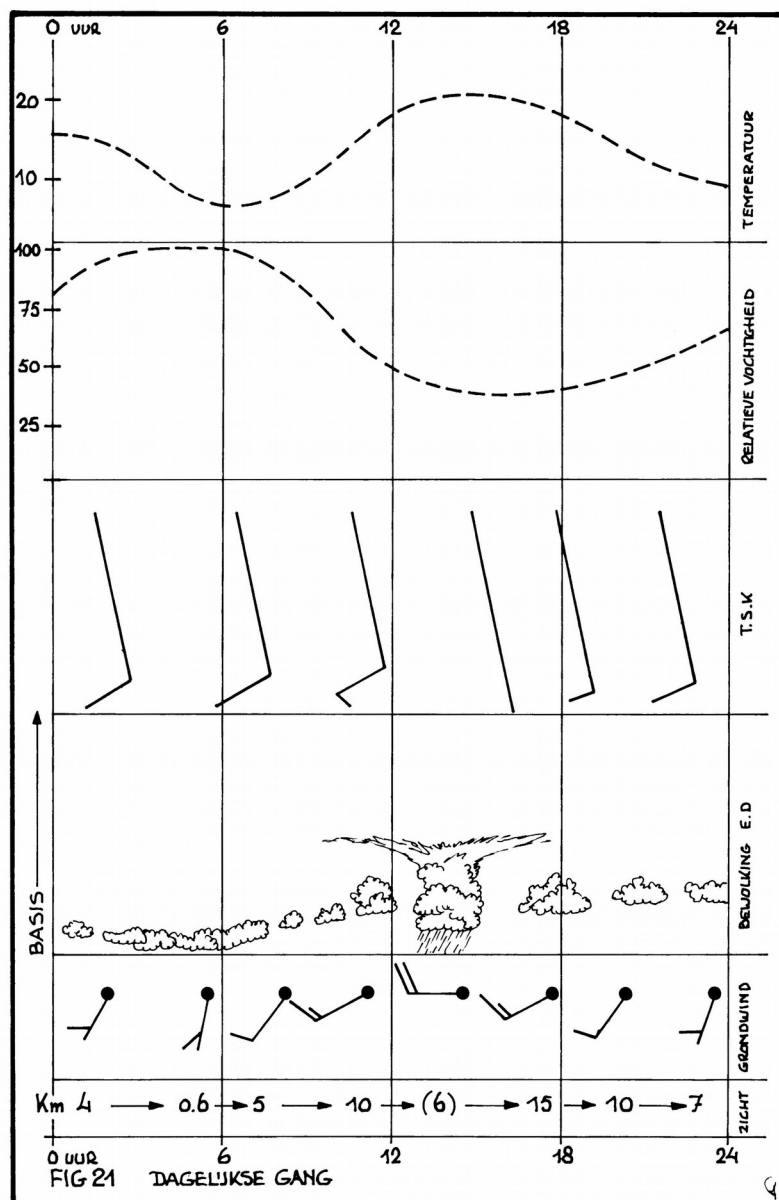
Tabel 2		Schematisch overzicht van de verschilpunten tussen koude en warme massa	
		KOUDE MASSA	WARME MASSA
vertikale opbouw onderste laag		onstabiel	stabiel
convectie		ja	neen
turbulentie		heftige turbulentie mogelijk	ten hoogste licht
lage wolken	droge lucht	0/8 of 1-2/8 Cu hum.	0/8
	vochtige lucht	4-7/8 Cu/Cb	7-8/8 St/Sc
neerslag		uit Cb: Buien	eventueel gelijkmatige neerslag
hagel		mogelijk	nooit
onweer		mogelijk	nooit
zicht		goed	matig, vaak mist
grondwind	richting	buiig	gestadig
	snelheid	eventueel uitschieters	gestadig
hoek tussen grondwind en wind boven wrijvingslaag z.g bovenwind		klein	groot
ruiming van de wind met de hoogte in de wrijvingslaag		gering	sterk

## 12. TRANSFORMATIE VAN EEN WARME IN EEN KOUDE MASSA EN OMGEKEERD

### a. Dagelijkse gang

Boven land kan een gedurende de nacht gevormde warme massa overdag overgaan in koude massa wanneer het aardoppervlak in temperatuur stijgt. Dit is het geval wanneer de dagelijkse gang in de stralingsbalans aan de grond groot is. De verandering van enkele weersverschijnselen bij de overgang van warme in koude massa en omgekeerd 's ZOMERS boven land is in figuur 21 schematisch weergegeven. De dagelijkse gang van de temperatuur boven zee is te verwaarlozen.

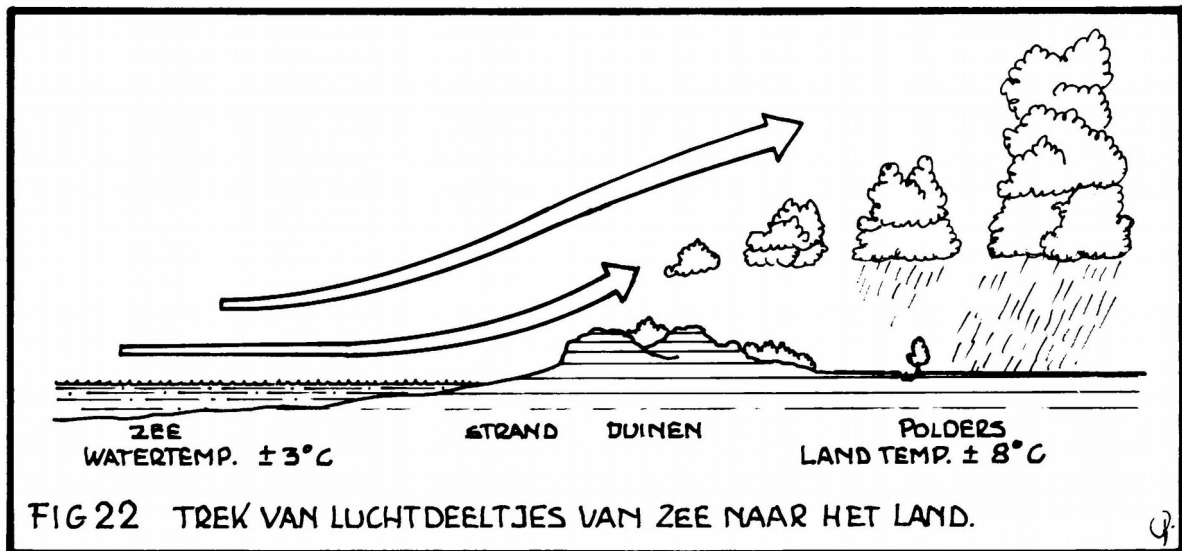
38



## b. Advectie

Een warme massa, die in het voorjaar of de zomer van zee naar land beweegt, kan overgaan in een koude massa omdat dan de landtemperaturen hoger zijn dan die van het zeewater-oppervlak.

Dit gaat dan gepaard met een duidelijke verandering van het weerbeeld. Een voorbeeld hiervan geeft figuur 22.



### 13. LUCHTSTROMING OP GEMATIGDE BREEDTEN

39

Op gematigde breedten wordt het weer gekenmerkt door een grote mate van veranderlijkheid. Bij bestudering van dagelijkse weerkaarten blijkt dat cyclonale en anticyclonale wervels geen vaste plaats hebben en dat daarom het stromingspatroon voortdurend aan het veranderen is. Nieuwe wervels ontstaan, andere verdwijnen; kleinere worden in grotere opgenomen.

Het blijkt echter ook, dat er toch wel sprake is van enige systematiek.

Enkele conclusies:

- Een depressie heeft gemiddeld een belangrijk kortere levensduur dan een hogedrukgebied. Varieert de periode tussen het ontstaan en verdwijnen van een depressie van 3 tot 10 dagen, een hogedrukgebied kan zich soms wel 3 weken lang handhaven.
- Depressies verplaatsen zich in het algemeen snel, soms met een snelheid van 1500 á 2000 km per dag. Hogedrukgebieden veranderen vaak nauwelijks van plaats.

- c. De depressies volgen aan het aardoppervlak een koers, die bepaald wordt door de luchtstroming in de hogere luchtlagen. Een westelijke lucht-stroming in de bovenlucht is er daarom de oorzaak van dat depressies, komende van de Atlantische Oceaan, het weer in West-Europa vaak beïnvloeden.
- d. Gebieden met hoge windsnelheden komen vrijwel uitsluitend voor rond de kern van een depressie. In hogedrukgebieden waait meestal slechts een zwakke wind.
- e. De intensiteit, doorsnede en treksnelheid van depressies en kleinere hogedrukgebieden zijn gemiddeld in de winter groter dan in de zomer.
- f. Gemiddeld volgen de depressies in de winter een wat zuidelijker gelegen koers dan in de zomer (bijv. via Frankrijk).

## 14. FRONTEN

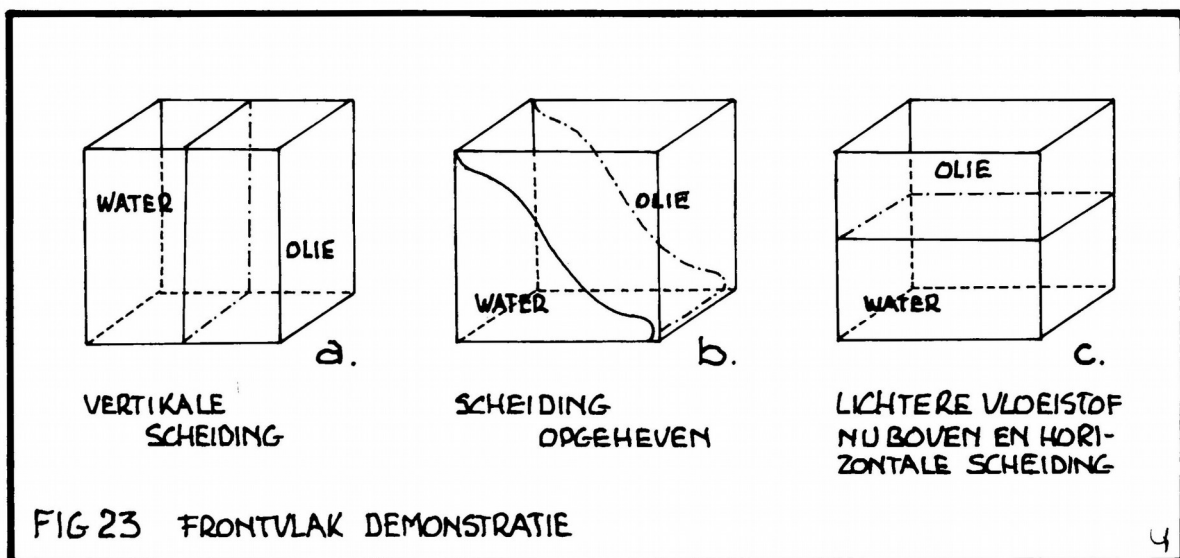
40

### a. Frontvlak en front

In een vat (figuur 23 a) met een wegneembare tussenwand bevinden zich aan weerszijden vloeistoffen, die t.o.v. elkaar in dichtheid verschillen; b.v. in het linker gedeelte water en rechts van de tussenwand olie.

Wordt de tussenwand weggenomen, fig 23b dan bevindt na enige tijd de lichtere vloeistof, dus de vloeistof met de geringere dichtheid, zich boven het water, de vloeistof met de grotere dichtheid.

De olie drijft dus op het water, figuur 23 b.



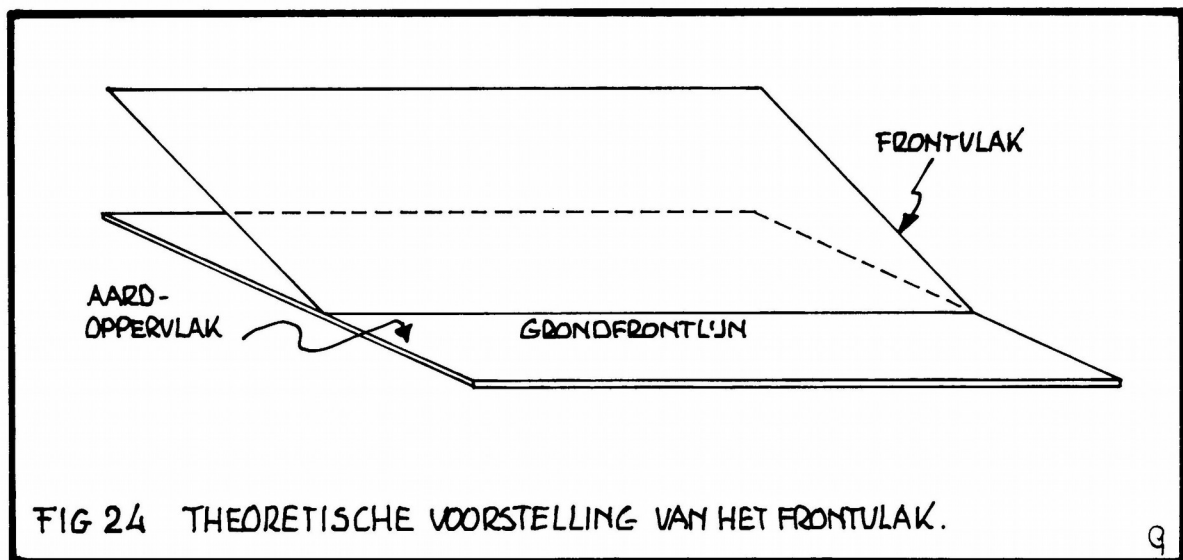
In de atmosfeer vindt iets soortgelijks plaats, wanneer verschillende luchtsoorten elkaar ontmoeten. Bijvoorbeeld wanneer warm-vochtige maritiem tropische lucht met zuidwestelijke winden noord-oostwaards wordt getransporteerd en in contact komt met maritiem arctische of polaire lucht, die met noordelijke winden zuidwaarts wordt gevoerd.

De arctische of polaire lucht is kouder dan de tropische lucht. Door dit temperatuurverschil hebben de luchtsoorten een verschillende dichtheid. De luchtsoorten vertonen de neiging door een grensgebied gescheiden te blijven. De koudste en zwaarste lucht kruipt onder de warmere en lichtere lucht. Het grensvlak tussen beide luchtsoorten wordt frontvlak genoemd. Dit vlak ligt niet horizontaal, zoals bij het vloeistofvoorbeeld, maar helt enigszins (oorzaak: aardrotatie).

De helling van het front is niet groot. Gemiddeld bedraagt de helling 1 op 25 tot 1 op 100, d.w.z. dat op 25, respectievelijk 100 km afstand van het grondfront het frontvlak zich op een hoogte van 1 km bevindt.

Het frontvlak ligt dus toch tamelijk horizontaal, maar wordt terwille van de duidelijkheid in de figuren onder een veel grotere hoek met het aardoppervlak getekend. (zie figuur 24).

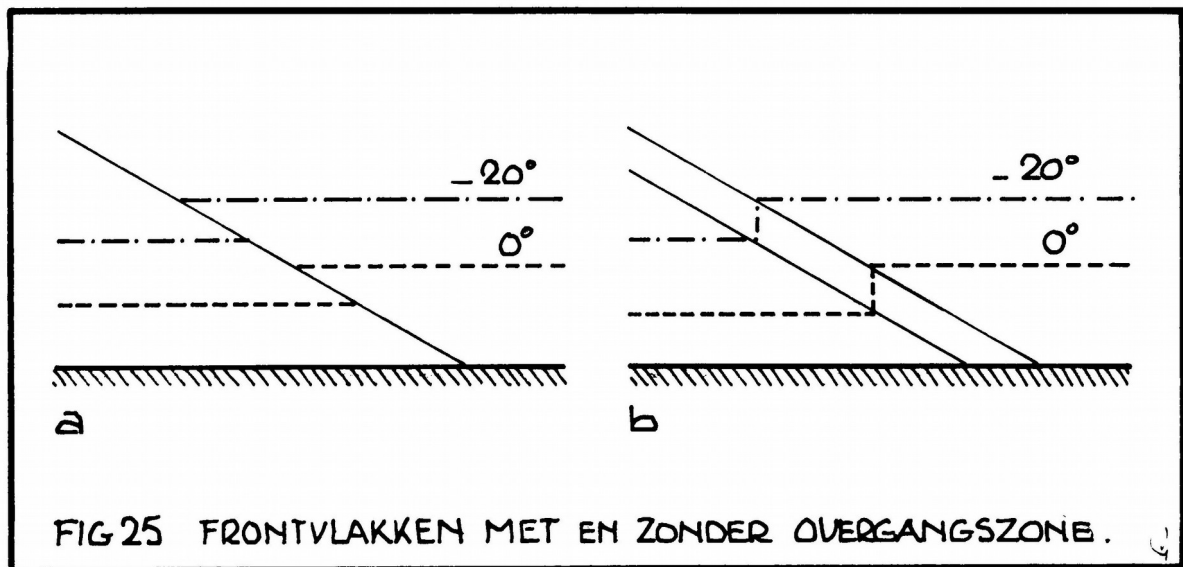
41



Met grondfront of kortweg front wordt bedoeld de denkbeeldige snijlijn van het frontvlak met het aardoppervlak. De hoek, die het frontvlak met het aardoppervlak maakt dus de helling van het frontvlak - is onder meer afhankelijk van het temperatuurverschil tussen beide luchtsoorten en van de geografische breedte.

Hoewel frontvlakken en fronten als mathematisch scherpe vlakken en lijnen voorgesteld kunnen worden (figuur 25a), bestaan in de atmosfeer dergelijke scherpe overgangen tussen twee luchtsoorten niet.





Door turbulentie heeft de overgangslaag een dikte van enkele kilometers en daarom kan beter van een frontale (overgangs)-zone gesproken worden (zie figuur 25b).

In de figuren is tevens het verloop van de temperatuur geschetst:

Bij een ideaal frontvlak in figuur 25a en bij een werkelijk frontvlak in figuur 25b.

In weerkaarten (en kaartjes in kranten) tekent men in de meeste gevallen geen frontale zones, maar fronten, daar de kleine schaal van de weer-kaarten een dergelijke nauwkeurige analyse niet toelaat.

42

## 15. FRONTTYPEN

Men onderscheidt de volgende fronten:

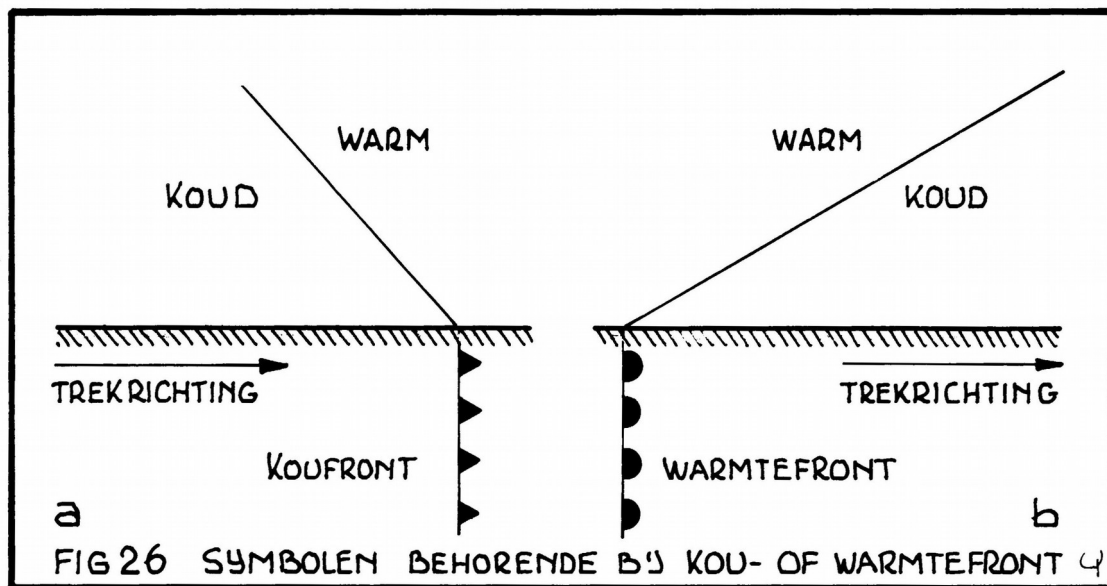
### a. Koufronten

Bij de passage van een koufront komt een waarnemer op het aardoppervlak van de warme in de koude lucht. Een koufront wordt op de weerkaart als een blauwe lijn aangegeven. Als men niet de beschikking heeft over kleuren - zoals in de krant - wordt een koufront aangegeven met een zwarte lijn met aan de voorzijde een aantal zwarte driehoekjes (figuur 26a).

### b. Warmtefronten

Bij de passage van een warmtefront komt een waarnemer van de koude in de warme lucht. Op de weerkaart geeft men een warmtefront met een rode lijn aan, in de zwart-wit notatie met een zwarte lijn voorzien van een aantal zwarte halve cirkeltjes aan de voorzijde (figuur 26b).

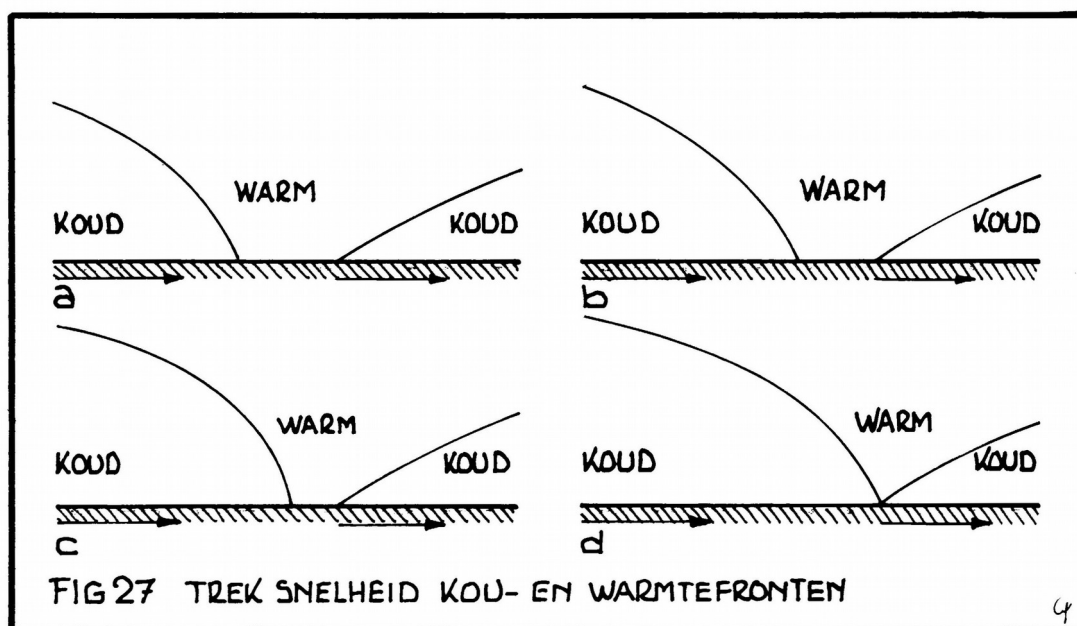
43



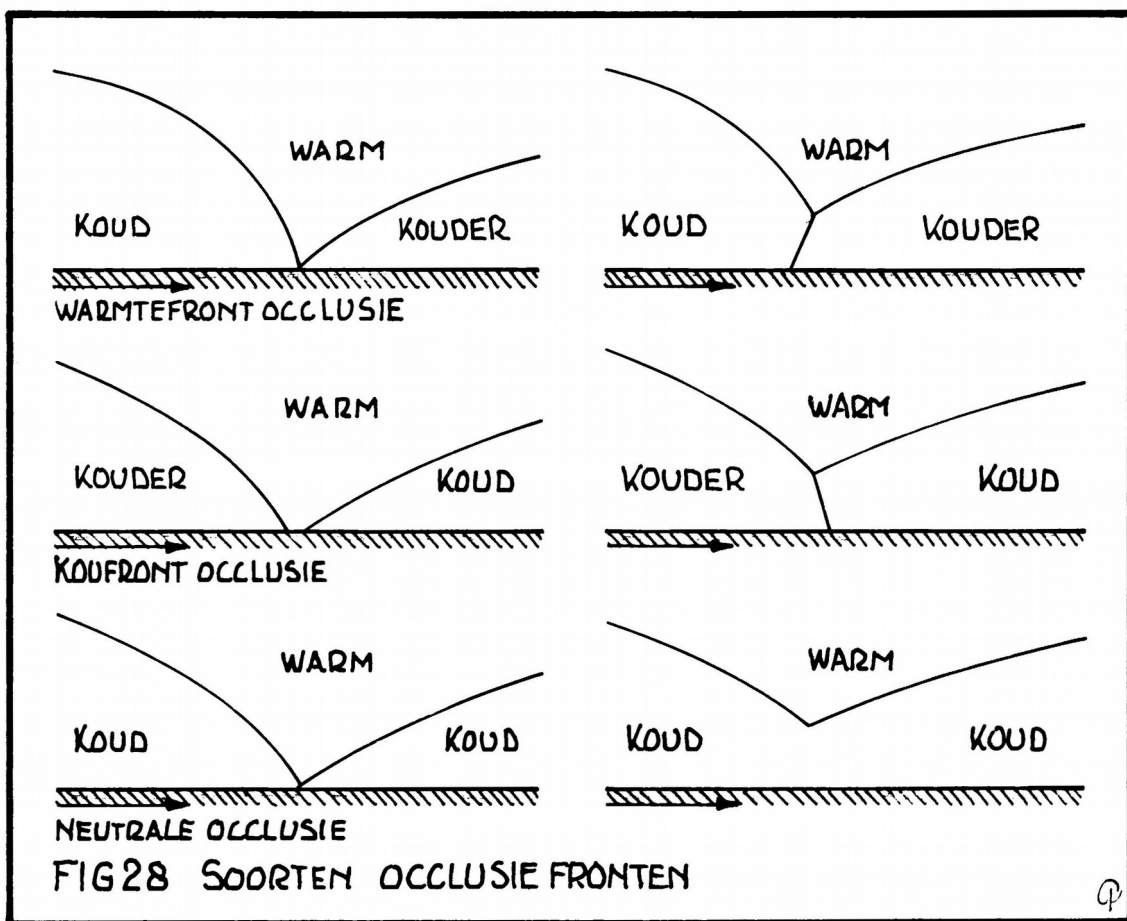
**c. Occlusies**

Onder gelijke omstandigheden beweegt een koufront namelijk sneller dan een warmtefront. Dit is wel in te zien, omdat de lucht achter een kou-front onstabiel is dan de lucht achter een warmtefront, waardoor het wrijvingseffect van de lucht met het aardoppervlak bij een koufront van minder invloed zal zijn dan bij een warmtefront.

Wanneer een koufront sneller beweegt dan een warmtefront zal het warmtefront na verloop van tijd door het koufront worden ingehaald (figuur 27).



Het gebied, dat bedekt is met warme lucht wordt tijdens het inhaalproces steeds kleiner en op het moment waarop het koufront het warmtefront heeft ingehaald, is de warme lucht geheel van het aardoppervlak verdrongen. Wat er vanaf dat moment gaat gebeuren is afhankelijk van het temperatuur-verschil tussen de beide koude luchtsoorten. Er zijn nu immers drie luchtsoorten naast elkaar, waarvan de koudste en dus de zwaarste, aan het aardoppervlak wil blijven, terwijl de warmste luchtsoort - die tussen de beide frontvlakken - het lichtst is en steeds verder door de beide andere luchtmassa's wordt opgetild.



Er kunnen zich bij dit proces drie gevallen voordoen: (zie fig 28)

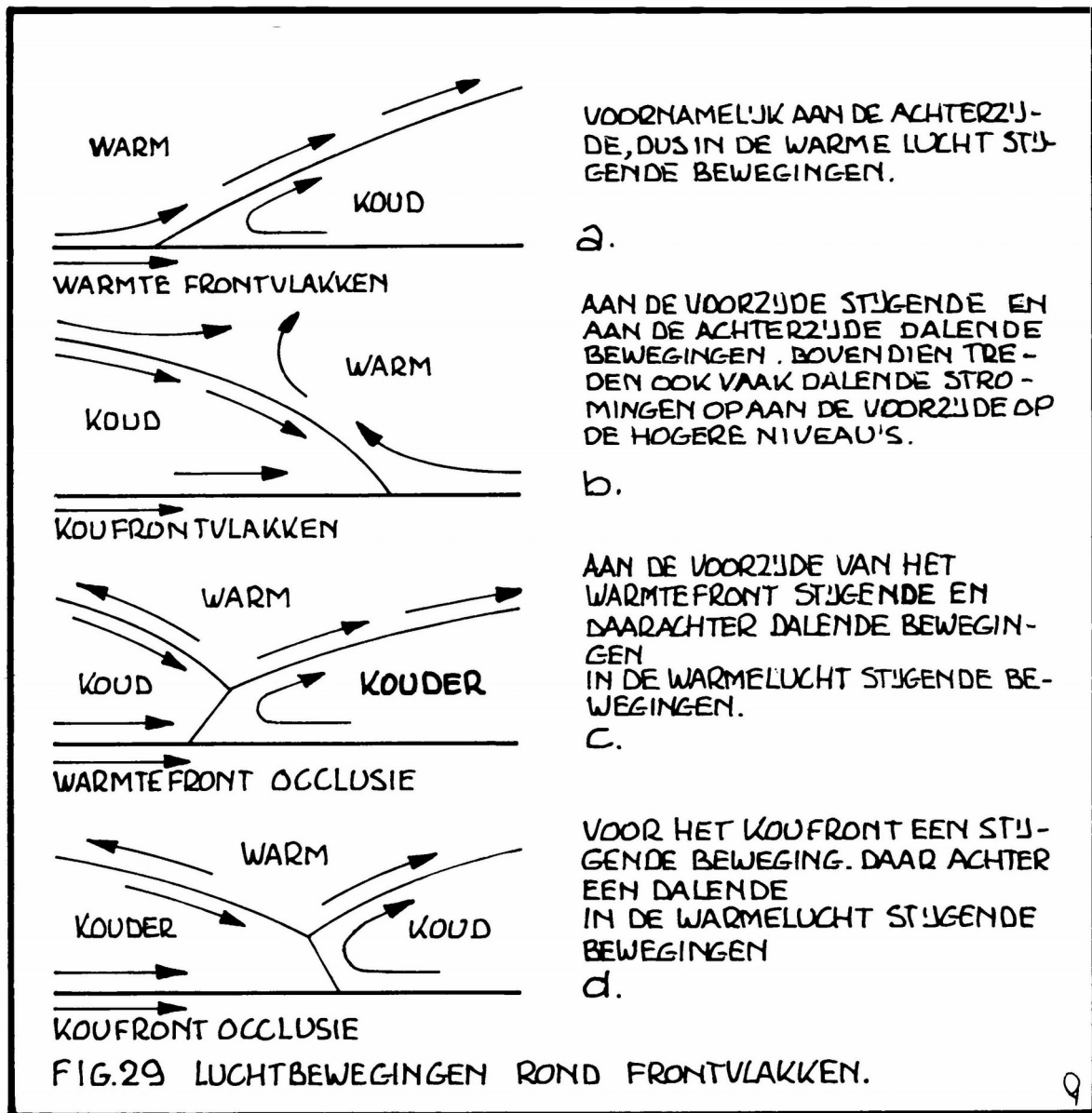
1. Warmtefront-occlusie, d.i. de koudste lucht bevindt zich vóór het warmtefront.
2. Koudefront-occlusie, d.i. de koudste lucht bevindt zich achter het koufront.
3. Neutrale occlusie, d.i. de lucht voor het warmtefront is even koud als de lucht achter het koufront.

## 16. VERTIKALE BEWEGINGEN LANGS FRONTVLAKKEN

Bij frontvlakken beweegt in het algemeen de warmste en lichtste lucht langzaam (met een verticale snelheid van enkele centimeters per seconde) over de koudste en zwaarste lucht omhoog, terwijl de koudste lucht dikwijls de neiging heeft om langs het frontvlak een dalende beweging door te maken. Verder worden verticale bewegingen veroorzaakt door luchtdrukveranderingen bij hellingsveranderingen van het frontvlak.

Voor de meeste fronten in onze omgeving kan men het schema aanhouden voorgesteld door de figuren 29 a, b, c en d.

Voor de vorming van wolken, zie hoofdstuk 3, wolkenvorming bij frontvlakken met de figuren 11 en 12.



## 17. HET WEER NABIJ FRONTEN

Met nadruk dient nog te worden gesteld, dat het in deze informatie slechts mogelijk is van modellen uit te gaan, die een min of meer ideale toestand weergeven. In werkelijkheid vertonen de weersystemen zich in ontelbare variaties op deze modellen. Gaat men dan echter bij de beschouwingen uit van het ideale model, dan vallen deze variaties betrekkelijk gemakkelijk te herkennen en te verklaren.

### a. Warmte fronten

In figuur 30 a wordt nog eens een schematische voorstelling gegeven van de doorsnede dwars op het warmtefront.

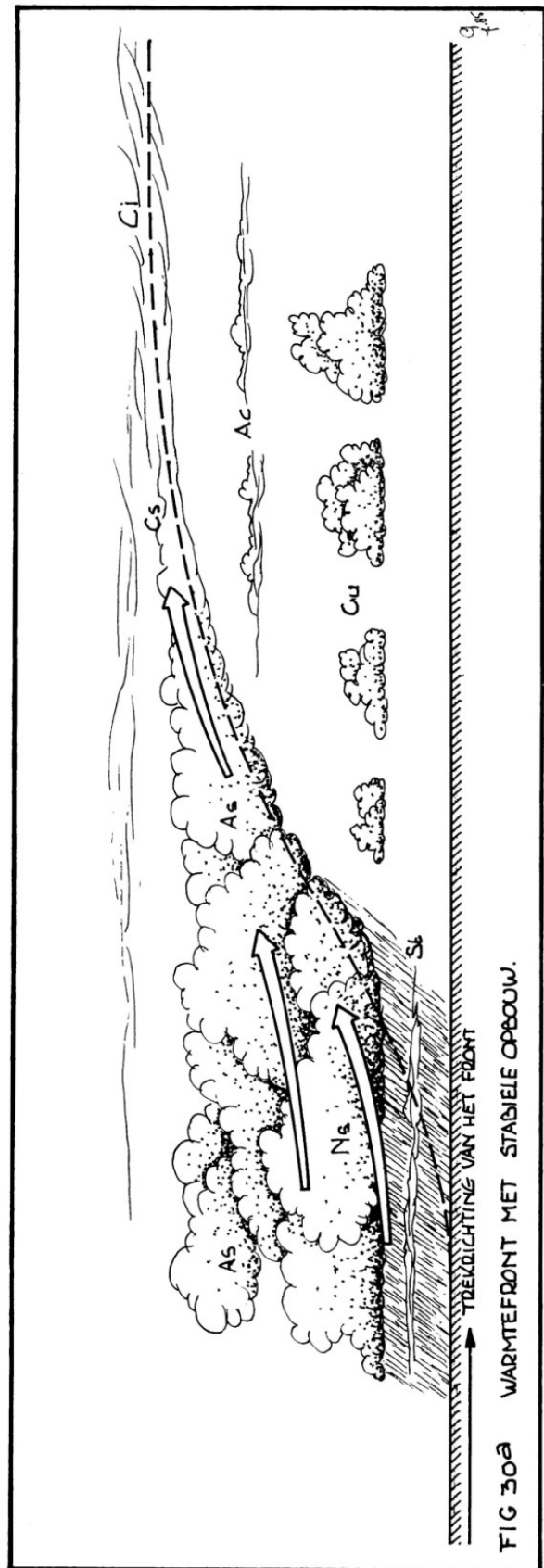
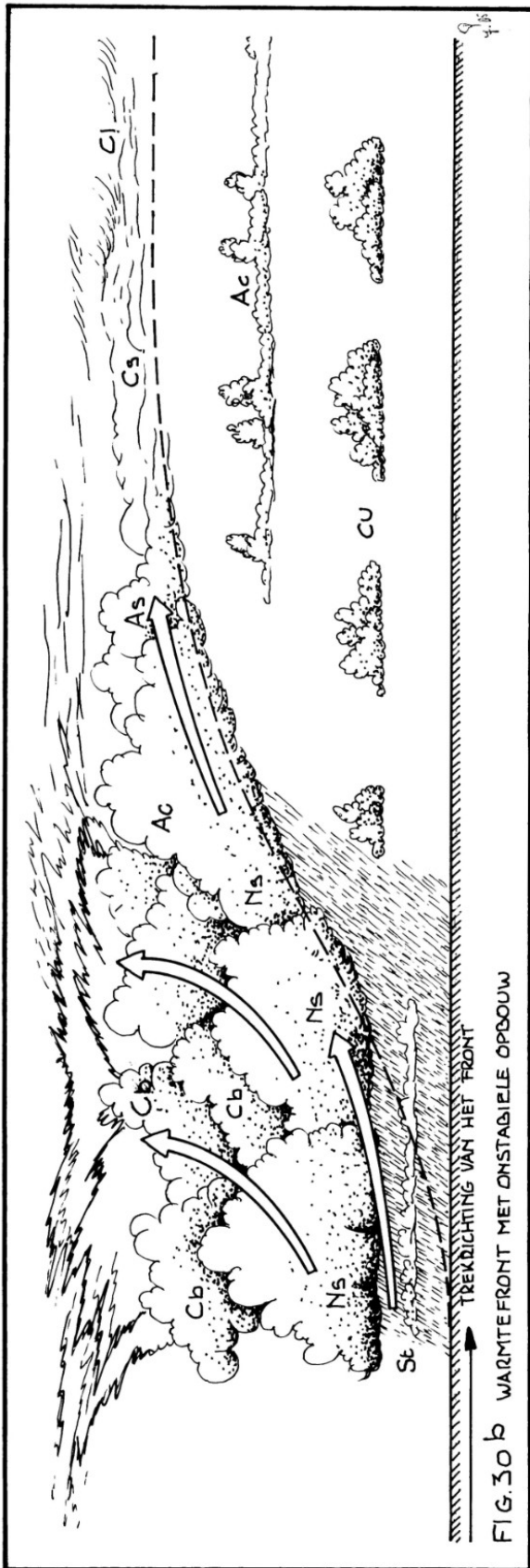
Door de stijgende bewegingen, die aan weerszijden van het frontvlak voorkomen, zal zich langs het gehele frontvlak een uitgebreid wolken-pakket uitstrekken. Omdat de stijgende bewegingen in de warme lucht krachtiger zijn dan die in de koude lucht, zal de bewolking in de warme lucht ook meestal meer ontwikkeld zijn.

De soort bewolking hangt uiteraard af van de stabiliteit van de lucht. Het heeft hierbij alleen zin om de stabiliteit van de warmste lucht (die boven het frontvlak dus) te beschouwen omdat de meeste bewolking zich in deze lucht bevindt. De volgende bewolkingssystemen kunnen nu, afhankelijk van de stabiliteit, onderscheiden worden:

1. De warme lucht is stabiel en blijft bij het opgliden stabiel. Langs het frontvlak strekt zich dan een nimbostratus- altostratus - cirrostratus - systeem uit (Ns - As - Cs(-Ci) - systeem), zie figuur 30 a. waarbij men aan de onderzijde vaak nog stratus-flarden aantreft.
2. De warme lucht is potentieel onstabiel, d.i. de aanvankelijk stabiele lucht wordt door optilling langs het frontvlak onstabiel. (Waarom en hoe dit gebeurt valt buiten deze cursus. Geïnteresseerden kunnen hierover de literatuur raadplegen), Verscholen in het Ns - As - Cs -systeem vormen zich dan Cumulonimbi, figuur 30 b, die alleen te zien zijn door hoogvliegende vliegtuigen omdat het aambeeld van de Cumulonimbus boven de Cs uitstrekt.

Achtereenvolgens zal nu het weer aan de voorzijde, in en aan de achterzijde van het front worden besproken, aannemende dat de warme lucht stabiel is (modelvoorstelling!).





### 1. Voorzijde warmtefront

Op de nadering ziet de waarnemer allereerst enige Cirrus verschijnen. Deze Cirrusbewolking kan tot 1000 km voor het front uit voorkomen.

Deze hoge bewolking neemt toe en verdicht zich tot Cs, terwijl de onderzijde van de bewolking geleidelijk zakt naar middelbare niveau's.  
(zie figuur 14).

De zon (of maan) wordt hierdoor geleidelijk aan niet meer zichtbaar en op een gegeven moment gaat het As - Cs -systeem neerslag produceren.

Regen in de zomer en regen of sneeuw in de winter. Naarmate het front dichterbij komt zakt de onderzijde van de bewolking verder, de neerslag wordt steeds intensiever en het zicht hierdoor slechter. De luchtdruk daalt en meestal vindt er aan de voorzijde van het front een krimpings- en toename van de wind plaats.

### 2. Tijdens de passage

van het front is neerslagintensiteit het grootst.

### 3. Achterzijde warmtefront

Na de passage van het warmtefront blijft het - hoewel veel minder intensief - nog enige tijd doorregenen.

Omdat nu warme lucht wordt aangevoerd over een relatief koud oppervlak zal de lucht een warme massa zijn en dus ook de kenmerken hiervan vertonen, onder meer slecht zicht en laaghangende bewolking.

Aangezien de meeste warmtefronten Nederland vanuit het Zuidwesten naderen en passeren is de lucht vochtig, waardoor het weer na de passage veelal somber is. Veel bewolking, af en toe motregen en matig tot slecht zicht.

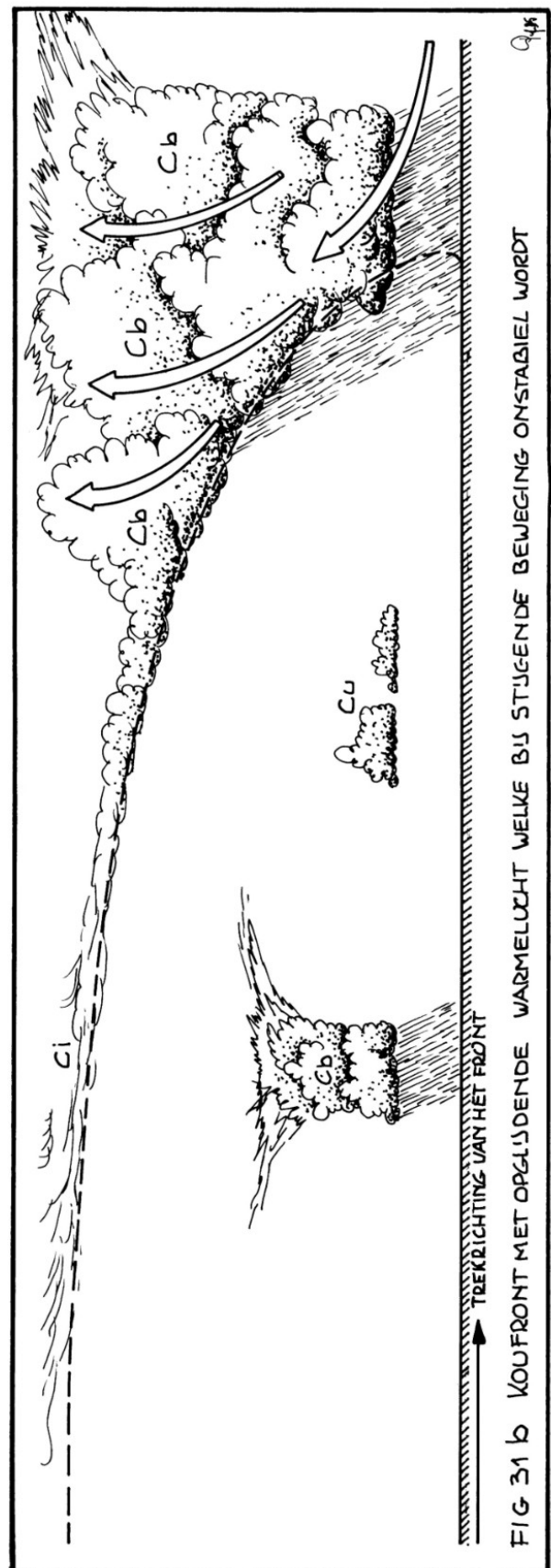
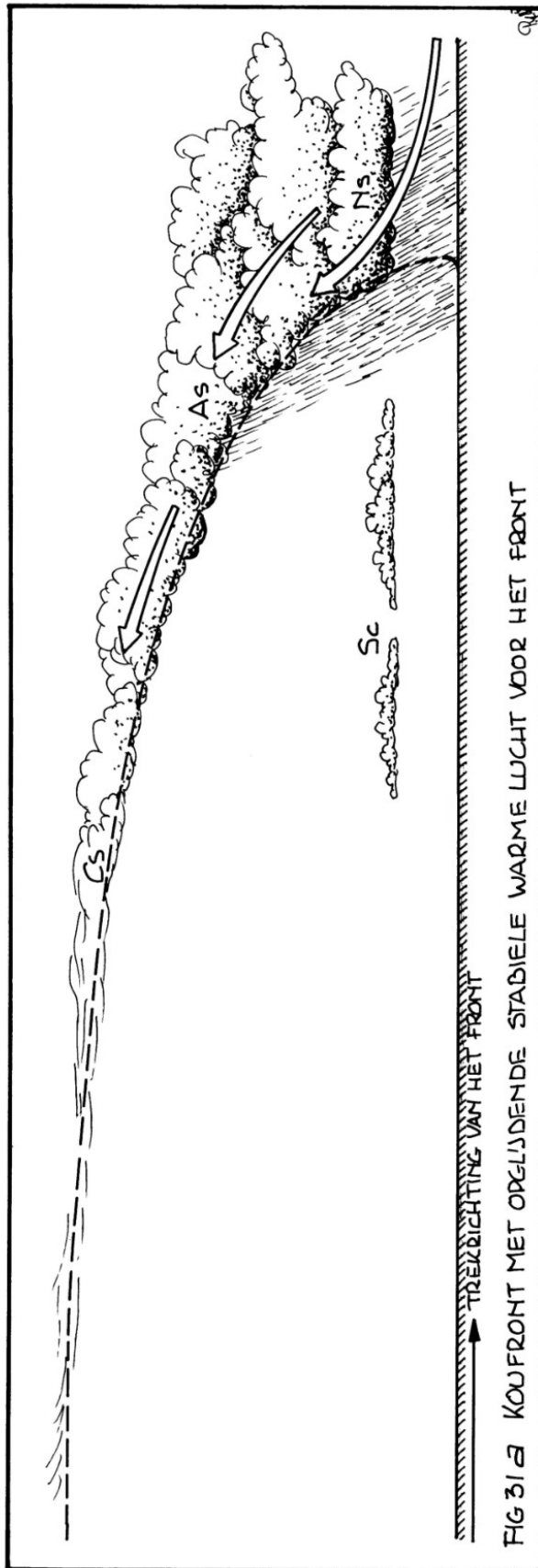
Na de frontpassage stijgt de temperatuur enkele graden en de wind ondergaat een ruiming. De luchtdruk daalt minder snel of blijft gelijk.

In het algemeen kan nog worden gezegd dat de neerslagzone bij een warmte-front enkele honderden kilometers breed is waardoor het - ook gezien de tamelijk kleine bewegingssnelheid - uren achtereen kan regenen.

Als de opgetilde lucht potentieel onstabiel is, zal de gelijkmatige neerslag af en toe afgewisseld worden door de meer buiïge en intensievere neerslag, geproduceerd door de in het wolkenpakket aanwezige Cumulonimbi (Cb).

## b. Koufronten

Ook bij een koufront zal zich in de opstijgende lucht bewolking vormen. Bij de voorbeelden wordt gebruik gemaakt van een koufront, waarbij in de hoge niveau's dalende luchtdromingen voorkomen.



In deze luchtstromingen zal de eventueel aanwezige bewolking oplossen. Hierdoor wordt de passage van een koufront gevolgd door felle opklaringen. De soort bewolking langs het koufront is weer afhankelijk van de stabiliteit van de warme lucht (figuur 31 a en b). De weersomstandigheden tijdens de nadering, de passage en het wegtrekken van een koufront, als de warme lucht potentieel onstabiel is, kunnen als volgt worden beschreven.

### 1. Voorzijde koufront

Op enige afstand van het koufront zijn er nauwelijks karakteristieke verschijnselen te observeren. Meestal ziet de waarnemer enkele cirrus-velden en altocumulusbanken, alsmede een windkrimping en een luchtdrukdaling. Deze beschrijving geldt uitgaande van onbewolkt weer; vaak echter moet men uitgaan van een warme sector met gesloten stratiforme bewolking en eventueel (mot)regen en slecht zicht.

Op vrij geringe afstand van het front uit (ca. 100 km) gaat de bewolking snel toenemen. Dit wordt bijna onmiddellijk gevolgd door neerslag met zichtvermindering. Aangezien wordt verondersteld dat de warme lucht potentieel onstabiel is, bestaat de bewolking uit een Ns - As - Cs- systeem met Cumulonimbi. Dit is bij koufronten zeer dikwijls het geval. Naarmate het front dichterbij komt, wordt de neerslag intensiever.

### 2. Tijdens de passage

De neerslag is vaak intensief en valt dikwijls in de vorm van buien. Bovendien komen er tijdens een koufrontpassage vaak krachtige uitschieters in de windsnelheid voor. Alle verschijnselen bij buien zijn mogelijk.

De passage van een koufront geschiedt soms opmerkelijk snel, zodat de frontale verschijnselen van korte duur kunnen zijn.

### 3. Achterzijde koufront

Na de meeste koufrontpassages treden een aantal karakteristieke weersverschijnselen op. De voornaamste zijn:

- a. zeer grote opklaringen
- b. snel verbeterend zicht
- c. windruiming
- d. drukstijging

Aangezien nu koude lucht wordt getransporteerd over een nog relatief warm aardoppervlak, zal de lucht een koude massa zijn.

Op enige afstand achter het front gaan zich Cumuli ontwikkelen. Deze Cumuli worden aanvankelijk in hun verticale ontwikkeling belemmerd door het frontvlak (inversie!) maar op grotere afstand achter het front zijn Cumulonimbi mogelijk. Vandaar dat enkele uren na een koufrontpassage vaak buien voorkomen.

Hoewel de temperatuur na de passage van het koufront zou moeten dalen, ziet men toch vaak overdag een tijdelijke temperatuurstijging. De zon die overdag door de passage achter

de wolken is schuilgegaan, krijgt nu immers de gelegenheid om het aardoppervlak te verwarmen.

Als men echter de temperatuur op bijvoorbeeld 300 km voor het front vergelijkt met die, 300 km achter het front, constateert men wel degelijk een lagere temperatuur achter het koufront.

### c. Karakteristieke verschillen warmte- en koudefront

De belangrijkste verschillen tussen warmte- en koufronten worden hieronder samengevat:

- a. De helling van een warmtefront (ca. 1: 150) is kleiner dan die van een koufront (ca. 1: 100);
- b. Een warmtefront beweegt langzamer dan een koufront;
- c. Een neerslagzone bij een warmtefront is in het algemeen belangrijk breder dan de neerslagzone bij een koufront;
- d. De neerslagintensiteit is bij een warmtefront kleiner dan die bij een koufront;
- e. Na een koufrontpassage stijgt de luchtdruk meestal, na een warmte-frontpassage bijna nooit;
- f. Na een warmtefrontpassage stijgt de temperatuur, na een koufront-passage daalt de temperatuur.

## 18. HET ONTSTAAN VAN EEN DEPRESSIE AAN HET POLAIRE FRONT

53

Wanneer stoffen met verschillende dichtheden langs elkaar bewegen, ontstaan langs het scheidingsvlak golfbewegingen.

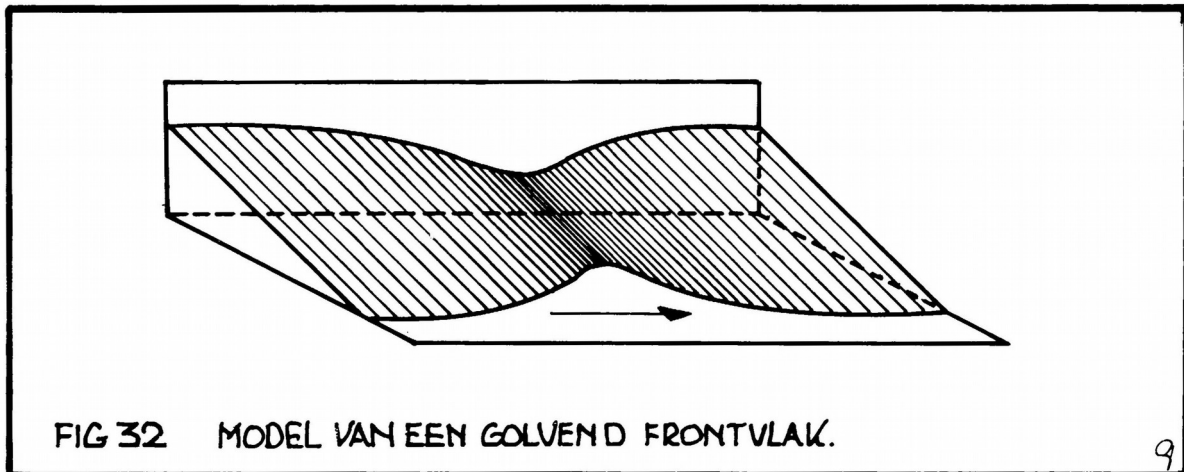
Zo gaat een wateroppervlak (grote dichtheid) golven wanneer de wind (lucht met zeer kleine dichtheid t.o.v. water) daarover heen waait.

Aangezien frontvlakken scheidingsvlakken zijn tussen twee luchtsoorten met verschillende dichtheid, kunnen aan dit vlak golven optreden wanneer lucht aan weerszijden evenwijdig aan het frontvlak stroomt.

In het frontvlak ontstaat geen regelmatig, met het wateroppervlak te vergelijken golfpatroon, maar slechts één golf, of soms enkele golven met een onderlinge afstand (golflengte) van minstens 1000 km.

Op de weerkaart zien we een dergelijke golf als uitslag in het front, waarbij de golftop altijd naar de zijde van de koude lucht is gericht (figuur 32). Een golf verplaatst zich langs het front en wel zo, dat de warme lucht rechts ligt.





Frontale golven zijn te onderscheiden in stabiele en onstabiele golven. Stabiele golven verplaatsen zich langs het front zonder dat de amplitude toeneemt. In het algemeen gaat het langstrekken van een stabiele golf gepaard met tijdelijke toename van de frontale bewolking en neerslag.

In de dagelijkse weerdienst is een golf met een onstabiel karakter veel belangrijker en kan het weerbeeld op grote schaal aanzienlijk beïnvloeden. Een onstabiele golf gaat vergezeld van vrij grote drukdalingen, waardoor een aanvankelijk onbetekenend golfje kan uitgroeien tot een zeer diepe depressie met een uitgestrekt en krachtig windveld. Op de gematigde breedten verplaatst een frontale depressie zich meestal van west naar oost. De levensduur van een frontale depressie is ongeveer een week, doch kan in de winter soms enkele dagen bedragen.

De ontwikkeling van een onstabiele golf tot een depressie is weergegeven in figuur 33. Hierbij wordt uitgegaan van een front, dat evenwijdig aan een westelijke stroming aanwezig is, bijvoorbeeld boven de Atlantische Oceaan.

Figuur 33 a. Dit front is in eerste instantie stationair.

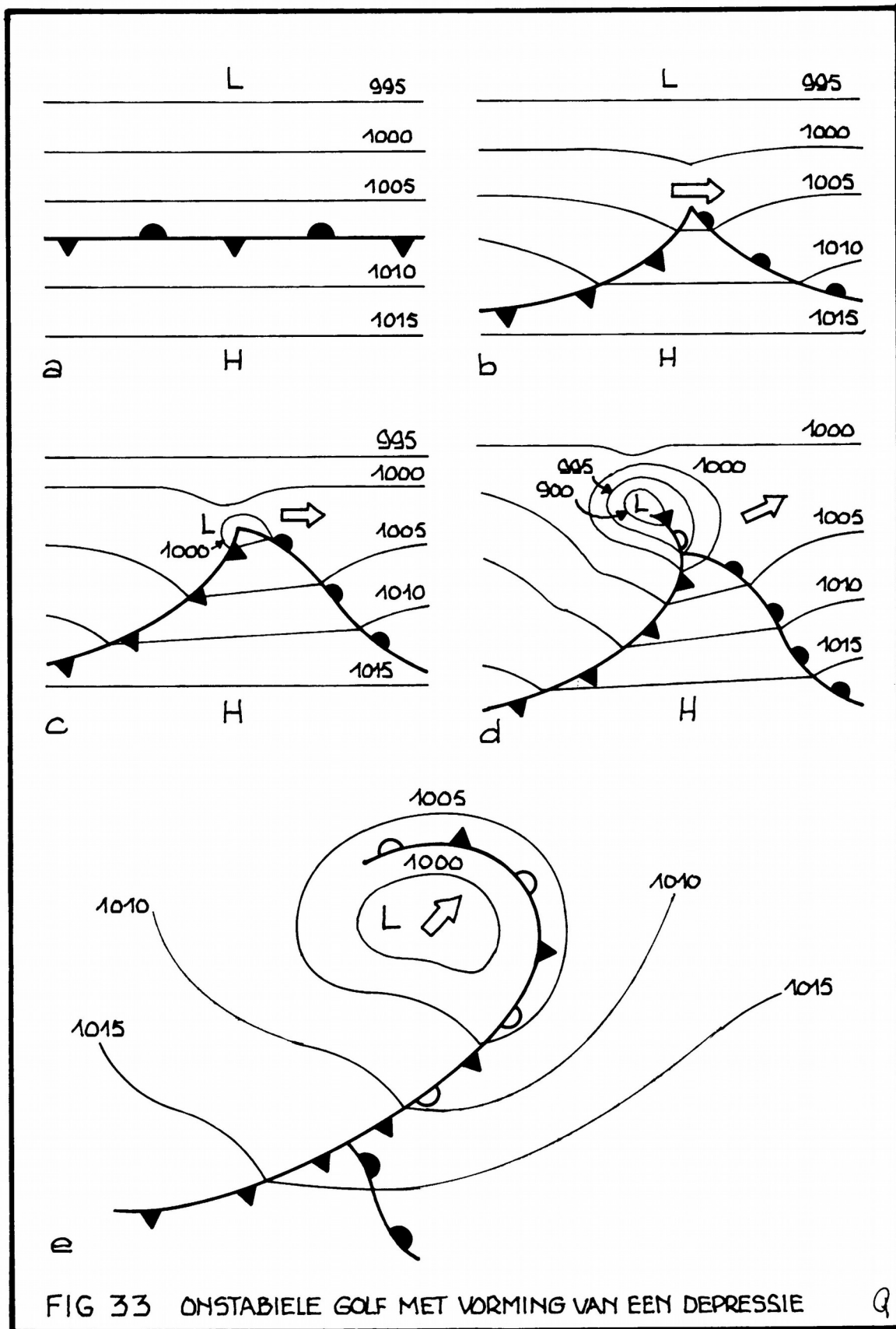
Zodra hierin een golfje ontstaat, zal de luchtdruk bij de golf t.g.v. het uitdiepingsproces gaan dalen, terwijl de golf zich van west naar oost verplaatst.

Figuur 33 b. De isobaren (dit zijn lijnen, die plaatsen verbinden met gelijke luchtdruk) ter hoogte van de golftop worden afgebogen en gaan het front snijden. Het front komt nu in beweging, waarbij het gedeelte dat aan de warme sector (d.i. het gebied met de door het front begrensde warme lucht) voorafgaat als warmtefront beweegt, terwijl de warme sector aan de achterzijde door een koufront wordt begrensd.

Bij een onstabiele golf gaan de drukdalingen bij de golftop zover door, dat zich een afzonderlijke depressie vormt (figuur 33 c). (In vaktaal: een depressie met bijbehorende frontale storing of frontensysteem).

Het luchtdrukverschil neemt hierbij sterk toe. Na verloop van tijd wordt het warmtefront door het koufront ingehaald: het occlusieproces begint. De luchtdruk in de depressie-kern heeft zijn laagste waarde bereikt (figuur 33 d).





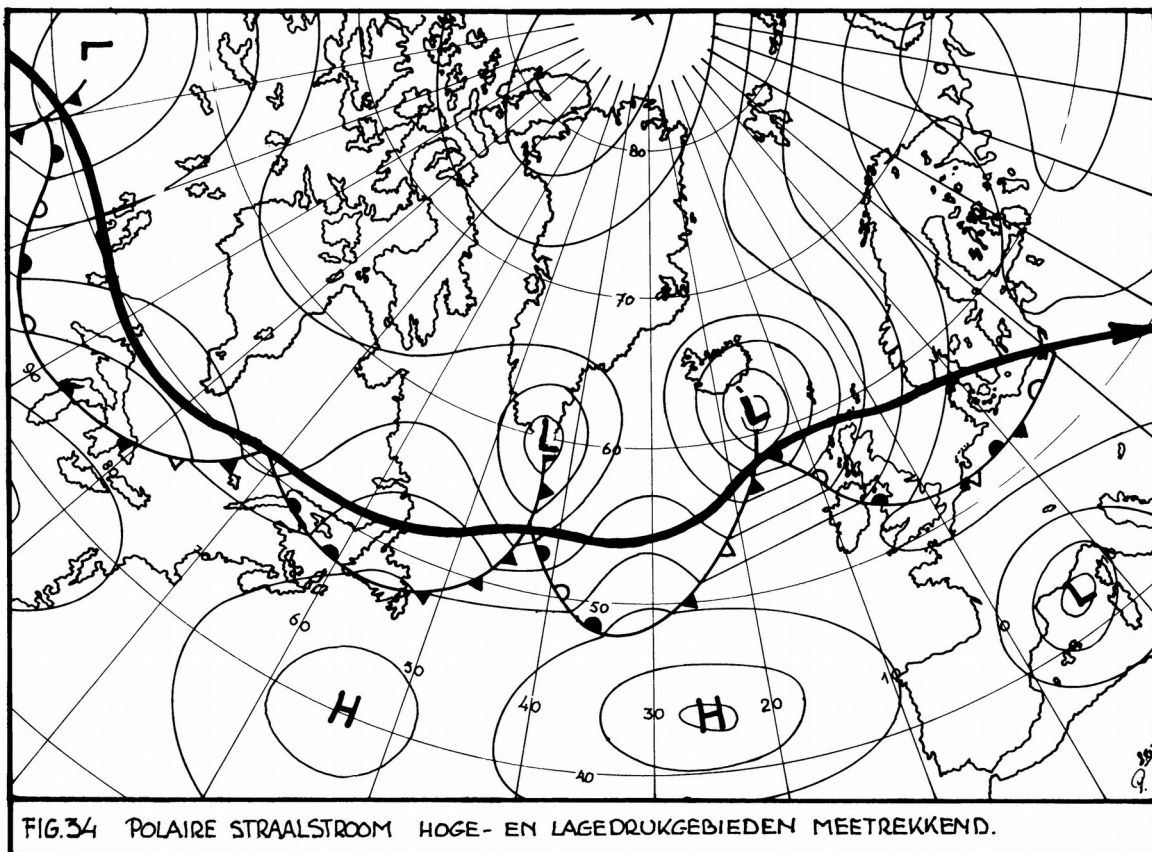
Het occlusieproces gaat zover door, dat het warmtefront tenslotte niet meer op de kaart te vinden is (figuur 33 e). De depressie heeft intussen zijn koers gewijzigd van oost naar noordoost en vult nu op.

Meestal ontstaat in een koufront van een occluderend systeem opnieuw een onstabiele golf, die al uitdiepend eveneens tot een diepe depressie kan uitgroeien. Dit proces kan zich enige malen herhalen; men spreekt dan van een depressie-familie.

Omdat het polaire front een groot deel van het jaar op onze breedte voorkomt, is het duidelijk dat dit front, waarin meerdere golven in diverse fasen van ontwikkeling kunnen voorkomen, het weer in ons land sterk bepaalt (zie figuur 34).

De dikke band met pijlen noemt men een straalstroom. Een straalstroom is een sterke en nauwgebegrensde luchtstroming op grote hoogte, die geconcentreerd is langs een min of meer horizontale as (vaste baan). Hij veroorzaakt vaak storingen in het polaire front, die tot volledige stormdepressies kunnen uitgroeien.

Figuur 34 geeft een indruk van de ligging van de polaire straalstroom, slingerend van occlusiepunt naar occlusiepunt.



Als er bij een - niet KNMI - radiopraatje het woord STRAALSTROOM (of Engels JETSTREAM) valt, is nu de samenhang met "slecht weer" bekend.

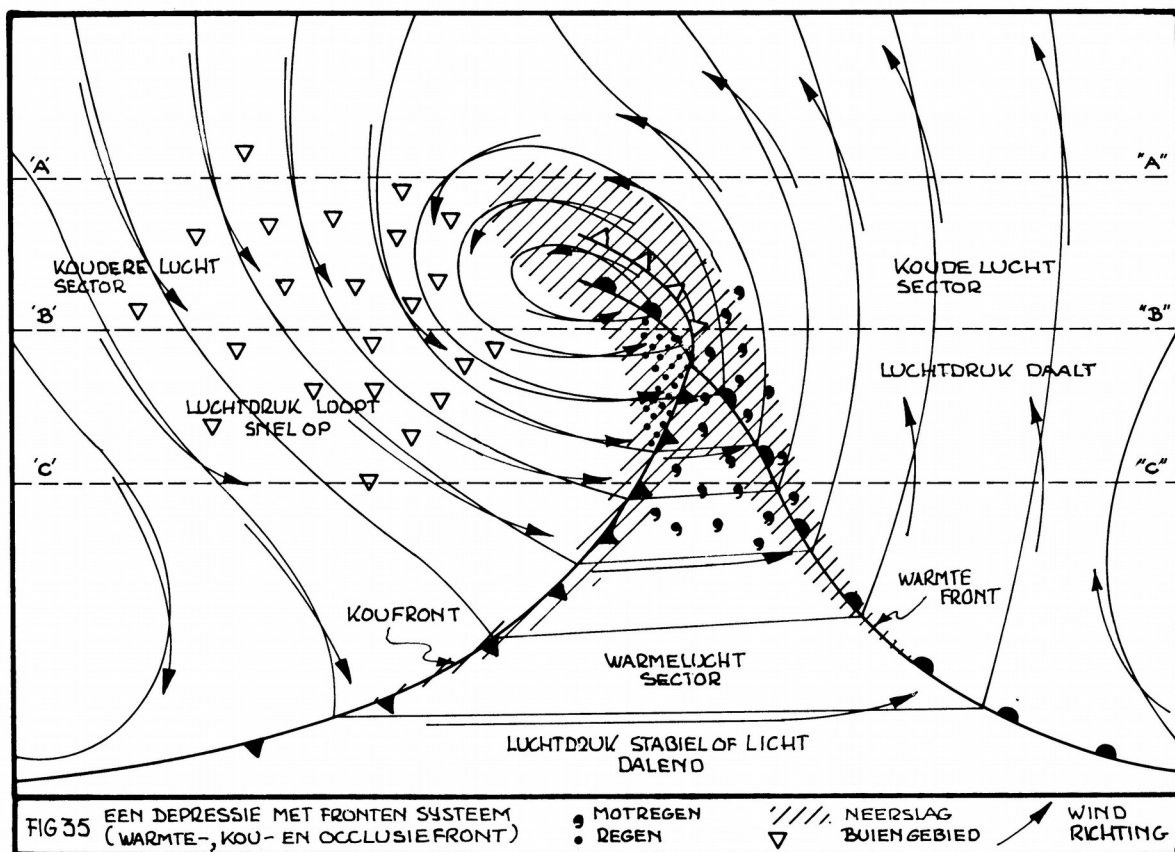
## 19. WEERSVERSCHIJNSELEN TIJDENS HET PASSEREN VAN EEN GOLFVORMIGE DEPRESSIE

De weersverschijnselen, die men ondervindt tijdens het passeren van de golf, zijn sterk afhankelijk van de positie die men inneemt ten opzichte van de kern.

In figuur 35 is een depressie met gedeeltelijk geoccludeerd frontensysteem getekend; de onderbroken lijnen A - A, B - B en C - C zijn dwarsdoorsneden weergegeven in figuur 36.

De bewolking wordt bij dergelijke oclusies bepaald door de verticale stromingen langs de verschillende frontvlakken en door de stabiliteit van de warmste. De weersverschijnselen bij een kou- en warmtefront zijn eerder behandeld.

Er wordt niet uitvoerig ingegaan op alle weersverschijnselen die zich bij een oclusie kunnen voordoen, aangezien dit combinaties zijn van de verschijnselen bij een kou en/of warmtefront.





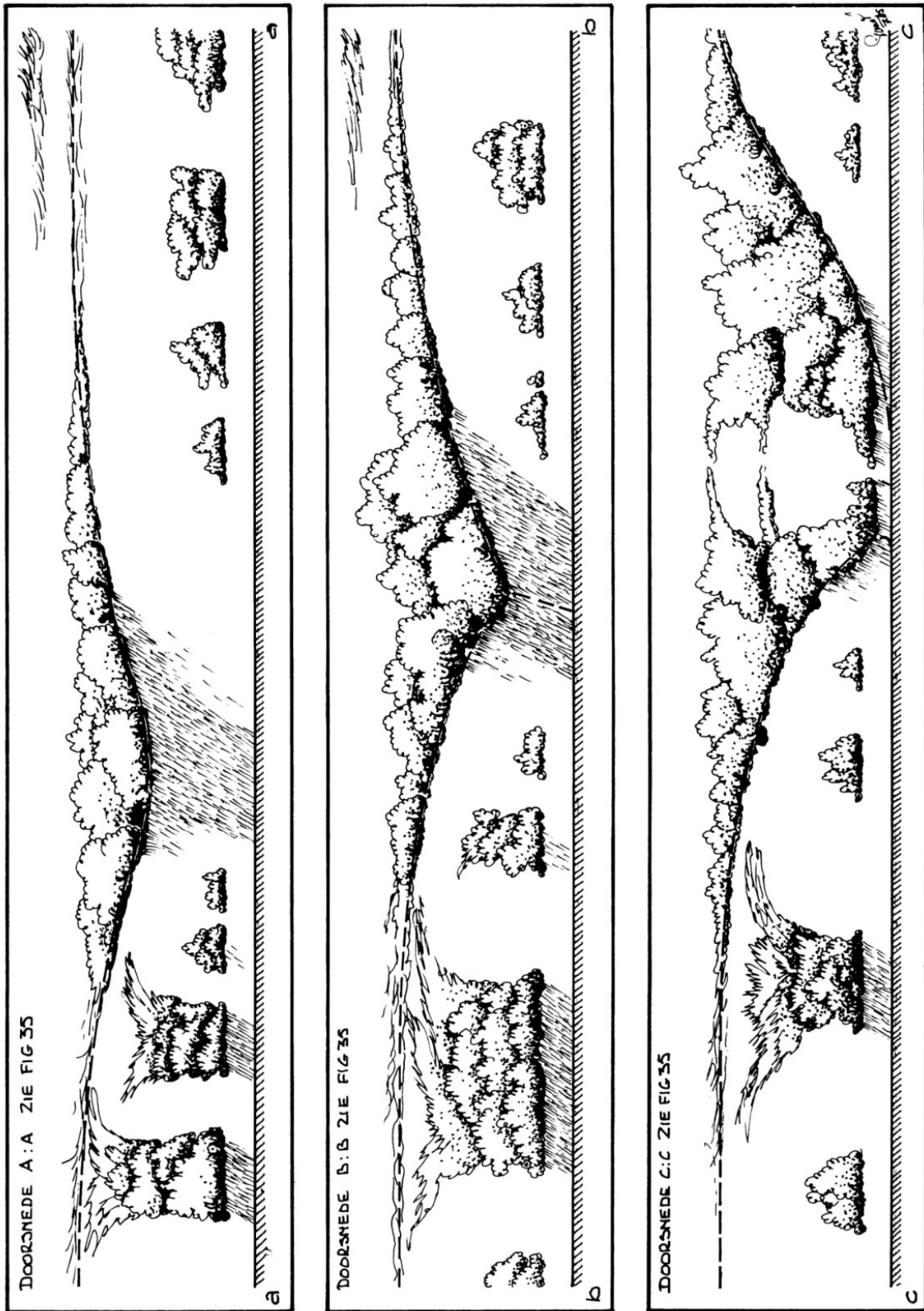


FIG 36 DRIE DOORSNEDE VAN EEN OCCLUSSIEFRONT ZOALS MEN DEZE WAARNEEMT OP VERSCHILLENDE PLAATSEN IN DE DEPRESSIE.

## 20. ALGEMENE EN LOKALE AFWIJINGEN VAN HET VOORGAANDE IN DE LOOP VAN EEN ETMAAL

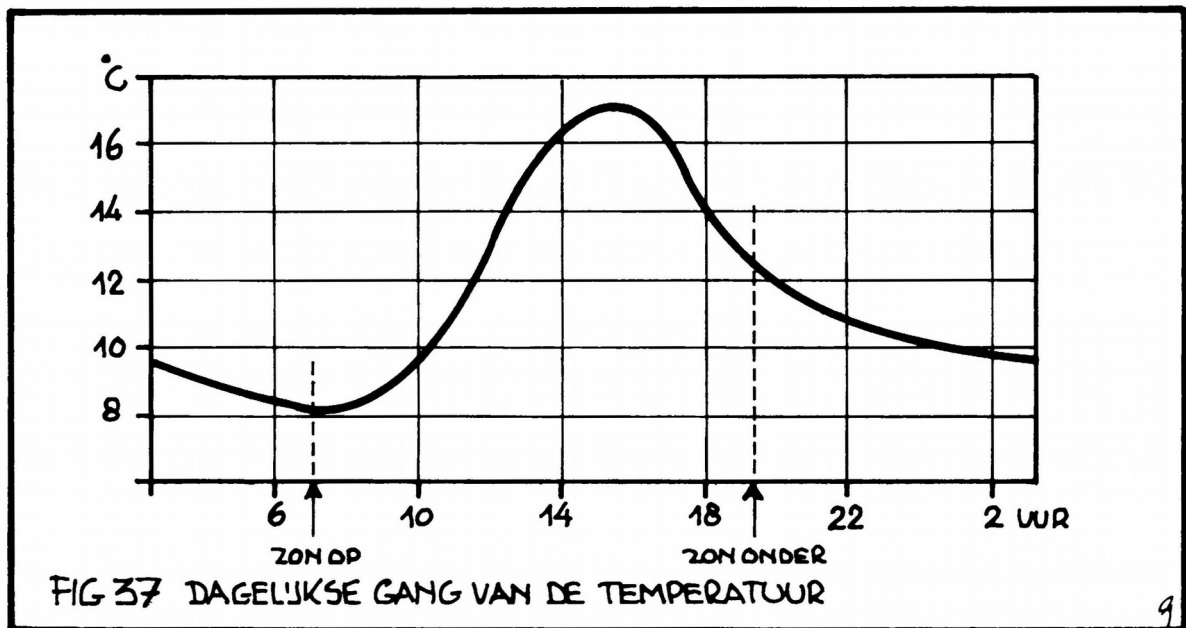
57

Bij transformatie van warme in koude lucht en omgekeerd hebben we de term "dagelijkse gang" genoemd.

De dagelijkse gang van sommige weerelementen boven land.

### a. Dagelijkse gang van de temperatuur.

Onder dagelijkse gang van de temperatuur wordt per definitie het verschil tussen de maximum- en minimumtemperatuur van hetzelfde etmaal verstaan. De dagelijkse gang wordt veroorzaakt doordat het landoppervlak overdag door instraling wordt verwarmd en 's nachts door uitstraling afkoelt. Wanneer geen storende factoren als bewolking of veel wind (passage van fronten e.d.) aanwezig zijn vertoont de curve van de temperatuur in de loop van een etmaal (figuur 37).



Bij beschouwing van deze curve moet het opvallen dat de maximumtemperatuur (door het KNMI middagtemperatuur genoemd) niet om ongeveer 13 á 14 uur doch om ongeveer 15 á 16 uur wordt gemeten en dat de minimumtemperatuur eerst bijna een uur na zonsopkomst optreedt. De verklaring van de verschuiving van deze extremen is te vinden in het feit, dat ook enige uren na de hoogste zonnestand de hoeveelheid inkomende straling nog groter is dan de uitgaande; kort na zonsopkomst is de uitstraling nog groter dan de instraling van de nog zeer laagstaande, door de troebele atmosfeer schijnende, zon.

**b. Dagelijkse gang van de massa-eigenschappen.**

Het zal duidelijk zijn dat tengevolge van de temperatuurschommelingen de massa-eigenschappen van een bepaalde luchtsoort sterk worden beïnvloed; zij vertonen ook een dagelijkse gang: des nachts treden bij voorkeur warme-massa eigenschappen op, overdag koude-massa eigenschappen. De aanwarming van de lucht aan het aardoppervlak onder invloed van de zon gebeurt van onderen af. Er ontstaat vlak boven het aardoppervlak een steeds dikker wordende warme luchtlaag. Na het bereiken van de maximumtemperatuur vindt de sterkste afkoeling plaats in de onderste luchtlaag. Deze afkoeling is tot een beperkte hoogte, afhankelijk van het seizoen, merkbaar. De dagelijkse gang van massa-eigenschappen is dus een gevolg van de dagelijkse gang van de temperatuur.

De grootte van de dagelijkse temperatuurschommeling is echter weer afhankelijk van de stabiliteit van de atmosfeer.

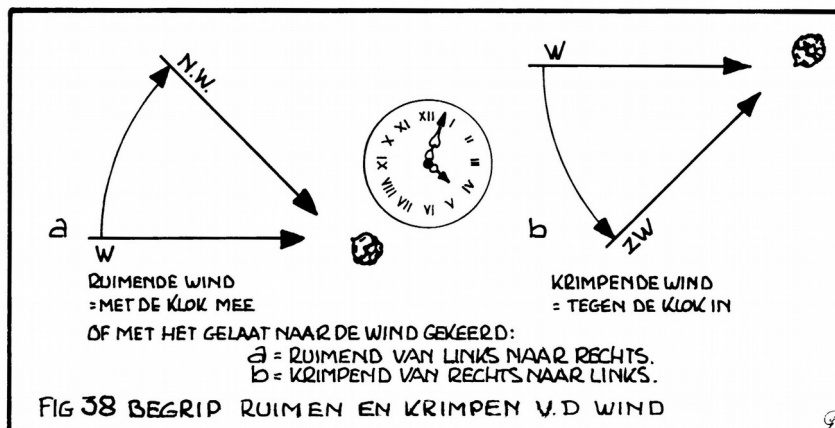
In een zeer stabiele atmosfeer waar een zo uitgesproken inversie aanwezig is, dat deze door de aanwarming niet geheel wordt opgeruimd, blijft de verwarming beperkt tot een vrij dunne laag dicht boven het aardoppervlak, waarbij de temperatuur flink kan oplopen. Indien de inversie wel geheel wordt opgeruimd, wordt door convectie warmte naar boven gevoerd (thermiëkbellen bij zweefvliegen), waardoor de temperatuur minder zal stijgen. In dit laatste geval is de dagelijkse gang van de temperatuur minder groot.

**c. Dagelijkse gang van de wind.**

1. De windsnelheid is in de vroege ochtend het kleinst; in de middag vinden we de grootste windsnelheden.
2. De windrichting is in de vroege ochtend het sterkst gekrompen: in de loop van de dag treedt ruiming van de windrichting op; maximaal geruimd is de wind in de namiddag.

ruimen is draaien van de wind met de wijzers van de klok mee ( figuur 38)

krimpen is draaien van de wind tegen de wijzers van de klok in





De onder 1 en 2 genoemde feiten hangen direct samen met de temperatuur van het aardoppervlak en de verticale opbouw van de atmosfeer.

De stabiliteit van de atmosfeer is bij een relatief lagere temperatuur van het aardoppervlak groter dan bij een relatief hogere temperatuur van het aardoppervlak. De turbulentie van de lucht en de daardoor ontstane verticale uitwisseling tussen de verschillende luchtlagen is dus bij relatief lagere temperaturen van het aardoppervlak kleiner dan bij relatief hogere temperaturen. Dientengevolge zal de lucht in de onderste niveau's bij zijn beweging over het aardoppervlak in de vroege ochtend de grootste invloed van de wrijving ondervinden, terwijl deze invloed in de middag het kleinst is. Men kan hieruit direct concluderen dat de windsnelheid, zoals deze wordt gemeten (d.i. op 10 meter hoogte) bij gelijkblijvende luchtdrukgradient in de vroege ochtend minimaal en in de middag maximaal is. Bovendien zal de windrichting in de vroege ochtend door de grotere invloed van de wrijving het meest van de richting van de geostrofische of de gradientwind afwijken, terwijl de windrichting in de middag meer tot die van de geostrofische- of gradientwind zal kunnen naderen. M.a.w. in de vroege ochtend is de windrichting het meest gekrompen, in de middag het meest geruimd (zie voorbeelden van dagelijkse gang op figuur 21; T.S.K. = ToeStandsKromme van de atmosfeer in de vertikaal, de knik in deze kromme is de inversie-top.)

59

#### d. Dagelijkse gang van de bewolking en neerslag

1. In een stabiel opgebouwde luchtsoort zal vooral gedurende de nacht en vroege ochtend stratus of mist kunnen ontstaan.  
De stratus bedekt gewoonlijk de gehele hemel en er kan motregen of motsneeuw uit vallen. Na zonsopkomst evenwel kan de stratus of de mist weer oplossen zodra de zonnestraling een voldoende verwarmende invloed heeft. Niet zelden verkrijgt de lucht in de middag de eigenschappen van koude massa en ziet men cumuli ontstaan.
2. In een onstabiel opgebouwde luchtsoort zal in de loop van de dag door convectie cumuli-bewolking ontstaan, welke - vooral in de middag - aanleiding kan geven tot het ontstaan van buien, zie figuur 18. Tegen de avond houdt de convectie op, de cumuli zakken ineen en lossen op. In de veelal heldere nacht kan vervolgens de temperatuur flink dalen en kan zich slootmist vormen of - vooral als na buien het aardoppervlak flink nat is - stralingsmist: de lucht is dan weer warme massa geworden.

60

In het (vroege) voorjaar en late najaar is dan vorst aan de grond niet zeldzaam. De term "nachtvorst" is voor de berichtgeving veranderd in "vorst aan de grond".

## 21. LOKALE AFWIJINGEN VAN DE WIND

Het KNMI heeft onlangs een boek uitgegeven over het windklimaat van Nederland. Hierin zijn ondermeer nieuwe kaarten verwerkt met de gemiddelde windsnelheid in de verschillende gebieden van ons land. De gegevens van deze kaarten zijn gebaseerd op metingen, die werden verricht in de jaren 1951 tot 1980 en werden verwerkt volgens een nieuwe methode.

Tot nu toe werd voornamelijk gewerkt met kaarten waarop lijnen van gelijke, gemeten windsnelheid (zogenaamde isotachen) waren aangegeven. Deze gaven slechts een ruwe indicatie van de werkelijke waarde van de gemiddelde windsnelheid op een bepaalde lokatie. Men moet er namelijk rekening mee houden dat de gemeten windsnelheid sterk afhankelijk is van de aard en de begroeiing van het meetterrein. Zo kunnen gebieden die op de kaart in de buurt van eenzelfde isotache liggen, in werkelijkheid vrij grote onderlinge verschillen vertonen.

Men heeft thans na enkele jaren intensief onderzoek een methode ontwikkeld die tot een minder grote spreiding van de in kaart te brengen waarden leidt. Volgens deze nieuwe methode heeft het KNMI ons land in kaart gebracht. In figuur 39 is een windkaart van Nederland afgebeeld. Het betreft hier het jaargemiddelde in meters per seconde op 10 meter hoogte boven open water en open terrein. Eén van de meest opmerkelijke resultaten van het onderzoek is dat er aan de kust een vrij plotselinge en grote verandering in de waarde van de gemiddelde windsnelheid optreedt. Ook op het IJsselmeer is de windsnelheid veel hoger dan op het land: zij is daar nauwelijks minder dan op de Noordzee.

### a. Land - zeewind verschijnsel.

Voor het weer in kuststreken - en in mindere mate ook bij het IJsselmeer en andere grote wateroppervlakken - is het land-zeewindeffekt van grote betekenis. Dit verschijnsel berust op het verschil in verwarming van land en zee in de zomer.

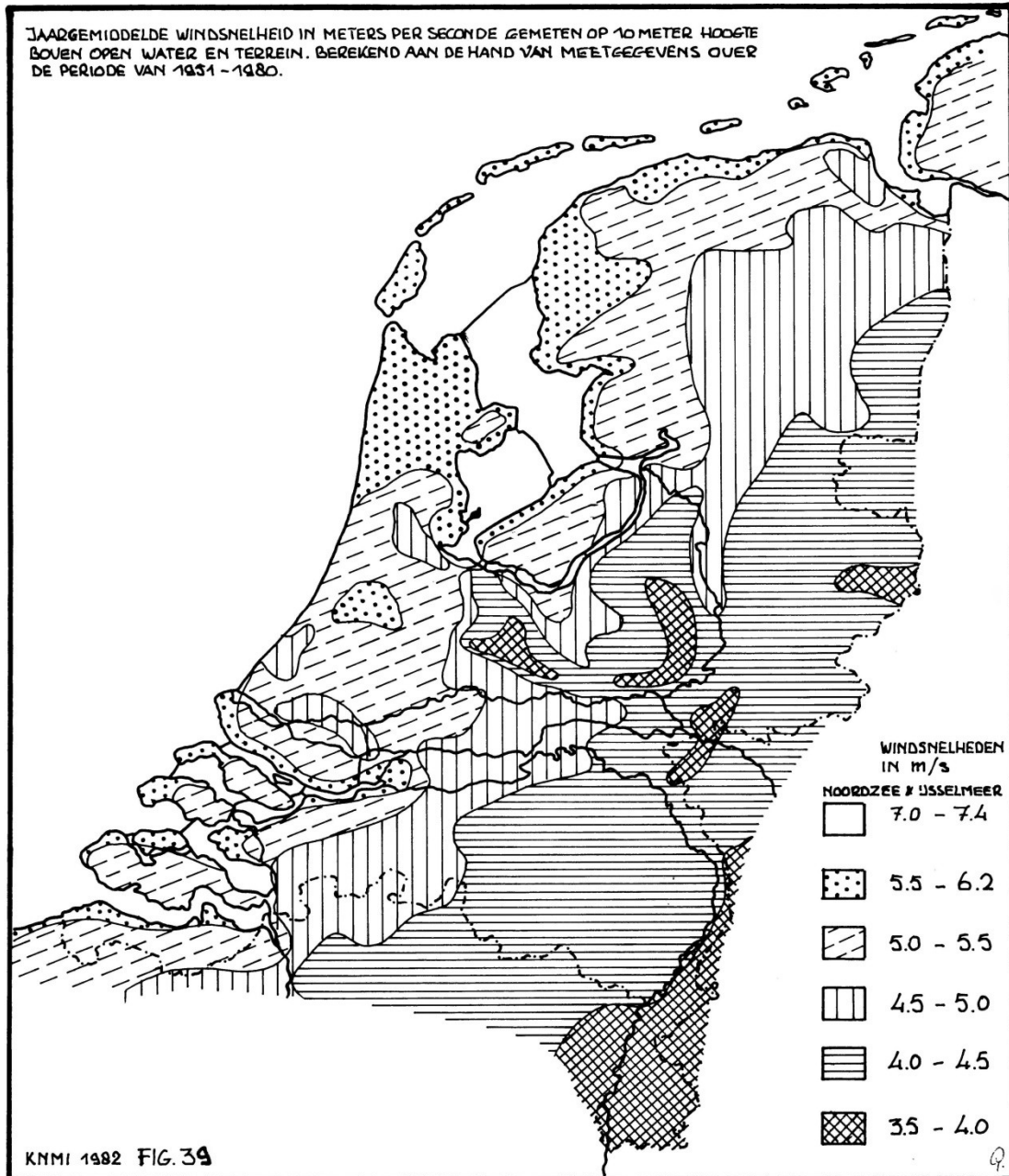
Door het verschil in thermisch gedrag tussen land en water wordt het land overdag sterker verhit dan de zee (of meer). Hierdoor zal de luchtkolom boven land warmer worden dan die boven het water.

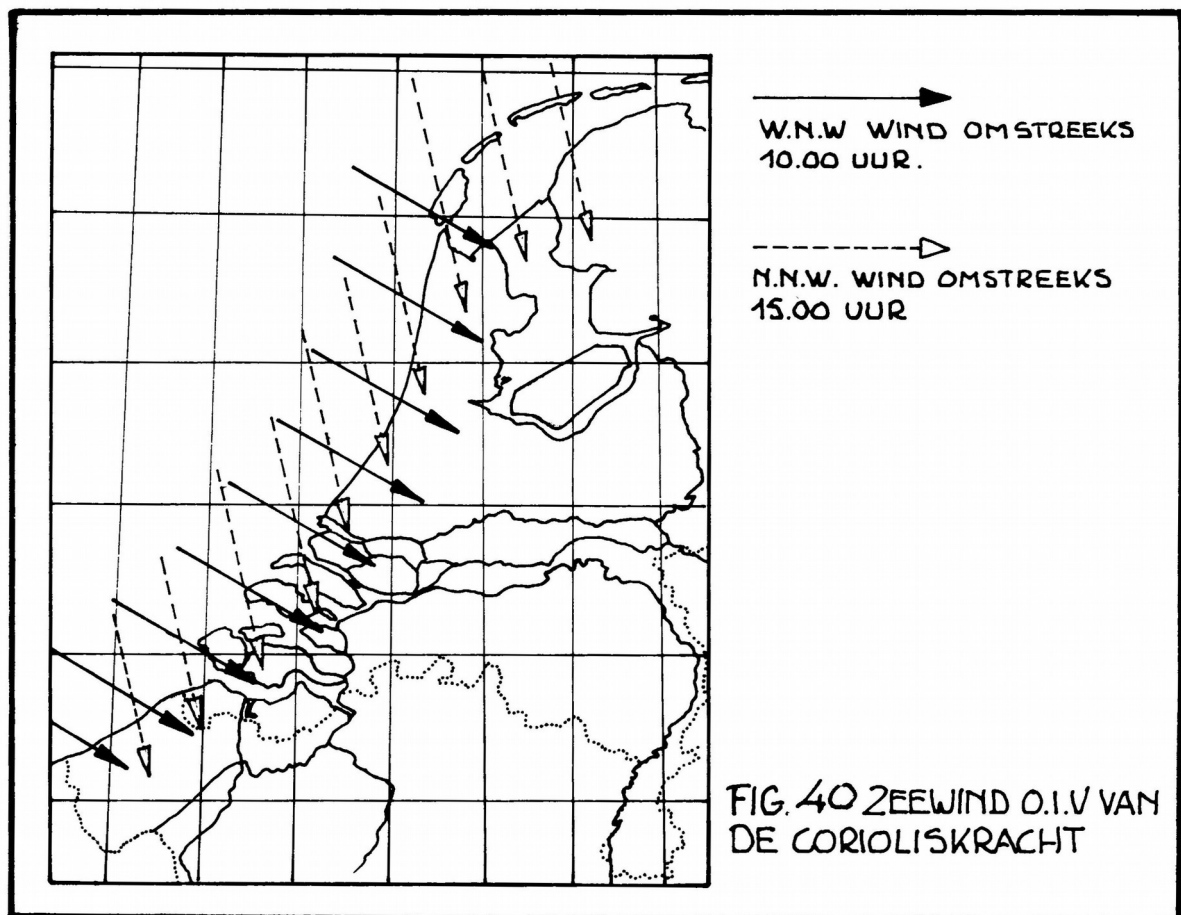
Door de uitzetting van de lucht in de warmer wordende kolom boven land gaat op een hoogte van een paar honderd meter lucht van land naar zee stromen, waardoor de luchtdruk aan de grond gaat dalen.

Er ontstaat een gesloten circulatie met aan het aardoppervlak een stroming van zee naar land: De zeewind.

Dit verschijnsel doet zich, vooral in de zomer, vaak voor langs onze Noordzeekust. Om circa 10 uur begint de zeewind op de kust te waaien, hetgeen in de kuststreken een afkoeling veroorzaakt.

Op den duur wordt de invloed van Corioliskracht merkbaar waardoor de wind geleidelijk gaat ruimen (figuur 40).





## 22. WIND BIJ DIJKEN EN ANDERE OBSTAKELS

63

De windverwachtingen, uitgegeven door het K.N.M.I., zijn meestal gespecificeerd in één voor het binnenland en één voor de kust en IJsselmeer. De genoemde wind geldt voor een hoogte van 10 meter. Voor molenaars ligt vaak de werkelijkheid in het midden met een afronding naar de waarde, genoemd voor de kust.

Aangezien de meeste molens in het verleden gebouwd zijn om economische of andere praktische redenen, kan de lokale wind in de loop van de tijd veranderd zijn. Soms veranderde de omgeving van de molen zodanig, dat verbouwing of verhoging van de molen noodzakelijk werd. Vaak waren de verbouwingskosten hoger dan het uiteindelijke rendement. De aanschaf van nieuwe moderne machines zorgden ervoor, dat de molen buiten gebruik bleef.

Het laten groeien en laten kappen van groepen populieren in de aanvoerrichting van de wind geeft al merkbare verschillen. Een recent voorbeeld, bij de auteur bekend, was het rooien van een populierenhaag bij de molen van Wolphaartsdijk (Zeeland).

Windsnelheden, en ook turbulentie, zijn redelijk omschreven boven vlak terrein in een neutrale grenslaag, maar men heeft nog niet voldoende informatie over het effect van dijken en heuvels op de wind (neutraal = niet stabiel of onstabiel).

Bestaande windgegevens zijn meestal verzameld op vliegvelden en het is opmerkelijk hoe grote gebouwen aldaar de windsnelheid en -richting beïnvloeden op verschillende lokaties van zo'n veld.

Uit windtunnelmetingen is gebleken dat bij wind loodrecht op een obstakel een zeker snelheidsprofiel ontstaat, dat afwijkt van het gemiddelde.

In figuur 41 A, B, C, D is de faktor aangegeven van deze afwijking bij verschillende hellingen.

In de figuren zijn de helling van het obstakel en de afstand uitgedrukt in een lengte eenheid. Deze eenheid kan vermenigvuldigd worden met de lengtemaat, die men hanteert, meter of kilometer.

Heeft men de hellingsverhouding, dan heeft men bij benadering het profiel dat erbij hoort. De gekromde lijnen zijn de factoren, waarmee de gemiddelde windsnelheid vermenigvuldigd moet worden.

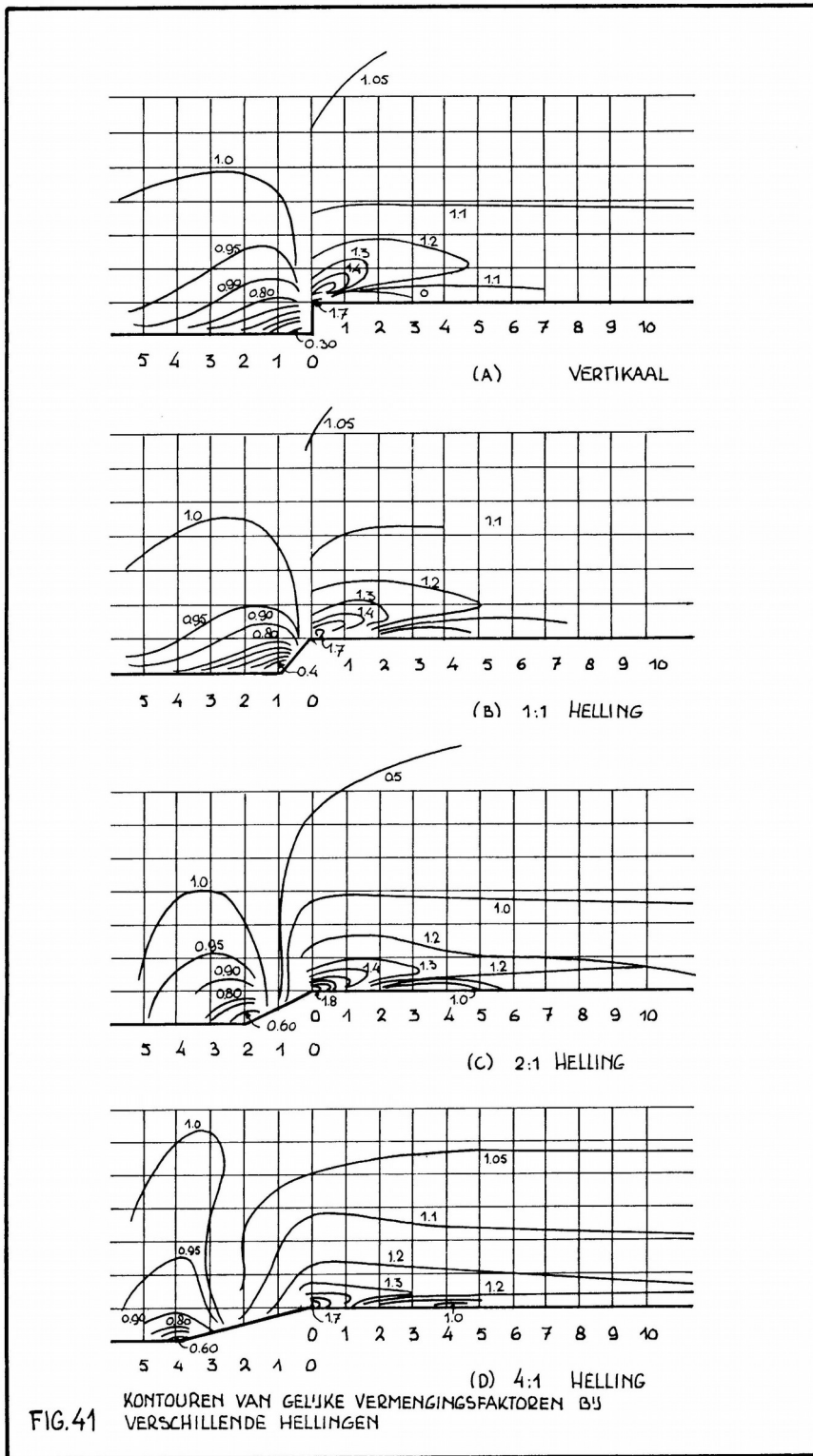
Als de wind onder een bepaalde hoek naar het obstakel (dijk) waait zijn zeker afwijkingen t.o.v. het bovenstaande.

Voor turbulente bewegingen zijn geen kwantitatieve cijfers te geven. Kwalitatief geeft figuur 8 enige indicatie.

Voor de wind bij dijken langs grote wateroppervlakken zal het temperatuursverschil tussen wateroppervlak en het achterdijkse land een belangrijke rol spelen.

De windrichting en -snelheid ondergaat in die situatie bij grote temperatuurverschillen een grotere dagelijkse gang. Tevens krijgt men hetzelfde effect als bij land- en zeewind.







## 23. AANVULLENDE OPMERKINGEN BIJ VERWACHTINGEN

uitgegeven door het K.N.M.I.

Uit een landelijk onderzoek naar "Het onthouden en gebruiken van informatie uit radioweerberichten: Een experimenteel antwoord op vijf vragen," door het Instituut voor Zintuig/fysiologie T.N.O. is uit de resultaten gebleken, dat het nemen van beslissingen op grond van weerberichten evenmin eenvoudig is als het onthouden van de berichten.

Samenvattend kunnen we zeggen, dat men van zinloos verbaal materiaal maximaal ZEVEN elementen onthoudt, terwijl men van zinvol proza veel meer kan onthouden, vooropgesteld dat het proza een zekere logische structuur bezit.

Bij het onthouden van weerberichten ontstaan er problemen omdat de berichten te weinig gestructureerd zijn. Men kan hieraan op twee manieren tegemoet komen: door de mededelingen in een logisch verband te zetten of, wanneer het laatste niet mogelijk is, door een aantal elementen gewoon weg te laten. Men mag er in geen geval vanuit gaan, dat de luisteraar meer zal onthouden naarmate er meer informatie wordt aangeboden; in veel gevallen zal de meteoroloog er dus verstandig aan doen om allerlei finesses die wel degelijk bij vissers, landbouwers, watersorpters, sportvliegers e.d. bekend zijn, NIET te vermelden, ten behoeve van de belangrijkste mededelingen.

De meteoroloog gebruikt hiervoor bepaalde richtlijnen om vaktaal te omschrijven, zie bijvoorbeeld de bijlage WEERSYSTEMEN.

## 24. DIVERSE INFORMATIEVE GEGEVENS

## 25. EIGENSCHAPPEN VAN DE WINDEN IN HET KORT

### NOORDENWIND

Is over het algemeen een goede maalwind, welke echter in de namiddag de neiging heeft sterk af te nemen. 's Ochtends komt hij echter ook laat pas opzetten. Geeft zowel 's zomers als 's winters zeer helder weer en specifiek voor de winter is vorst veelal het gevolg.

Kan bij harde wind enigszins de eigenschap hebben als Noord-West, doch minder grote verschillen.

### NOORD-OOSTENWIND

Uitstekende maalwind. 's Zomers warm en 's winters bar koud.

De wind geeft weinig of geen problemen en is behoorlijk constant. Is van oorsprong een landwind, dus weinig neerslag.

### **OOSTENWIND**

De beste maalwind, die er is. Een typische continentale wind, warm in de zomer en koud in de winter. Regelmatig doortrekkende wind. Droog.

### **ZUID-OOSTENWIND**

Een goede maalwind, maar oppassen is geboden. Vooral 's zomers kan deze wind langzaam afzwakken en tenslotte geheel wegvallen, waarna de wind plotseling uit het westen kan gaan waaien (zeewindje).

Gedurende en rond de hondsdagen oppassen i.v.m. onweer, vooral in de loop van de namiddag. De buien uit deze hoek ontstaan bijna als uit het niets. Zijn veelal kort maar hevig.

### **ZUIDENWIND**

Goede maalwind, al heeft deze wind wel enigszins dezelfde eigenschappen als Zuid-Oosten wind. De wind kan dagenlang doorstaan en goede maal-productieve dagen geven. Uit deze hoek valt dikwijls na een vorst-periode de dooi in. Deze dient zich aan door versluiering van de zon met eventueel bijzonnen. Opgepast bij deze wind na een vorstperiode i.v.m. optreden van ijzel.

### **ZUIDWESTENWIND**

Beste maalwind, het is de Nederlandse wind bij uitstek.

Bekend als de stormhoek en de wind die veel regen meebrengt.

Uit een zwaarbewolkte lucht kunnen soms behoorlijke uitschieters komen.

69

### **WESTENWIND**

Ook dit is een beste maalwind. Ook een typische zeewind. Veel harde wind met buien. Tijdens een Zuid-Westerstorm trekt de wind hier dikwijls naar toe.

### **NOORDWESTENWIND**

Goede maalwind. In voorjaar en herfst de wind, die de Maartse buien en in de herfst de najaarsstormen meebrengt.

Vooral bij harde wind en bonkige luchten een wind, die de molenaar veel werk geeft.

Men kan als het ware wel bij het vangtouw blijven staan. De wind ruimt tijdens de harde windperiodes soms sterk naar het noorden.

26. WEERSYSTEMEN

In weersoverzichten, TV-weerpraatjes, toelichtingen op de algemene weersgesteldheid is het beschrijven van weersystemen alleen zinvol als de gebruiker zich daardoor een beter beeld van het huidige en te verwachten weer kan vormen, dan uit de weersverwachting alléén.

Vakjargon dient dan ook te worden vermeden.

Als richtlijn is een onderscheid gemaakt in voorkeurstermen en te verwerpen termen.

Gebruiken	Niet gebruiken
Depressie Slechtweergebied Aktief weersysteem Lagedrukgebied Storing Uitloper (van dépression) Scheidingslijn tussen... Front, dat de voorkant vormt Front, waarschter drogere.... Bewolkingszone Neerslaggebied (zone) Regenzone	Front Warmtefront Koufront Frontale storing Trog Vore Warme sector
Hogedrukgebied Mooiweergebied Gebied met rustig weer Gebied met weinig bewolking Uitloper (van depressie)	Anticycloon Rug van hoge luchtdruk Wig van hoge luchtdruk
Onweersgebied Onweershaard Onweersstoring Buienhaard Zone met buien Stapelwolken Mooiweerwolken Wolkenluiers	Onstabiele lucht Stabiele lucht Convectieve bewolking Cumulus Cirruswolken

Mistvelden Mistgebieden Mistbanken	Stabiel gelaagd Lucht met verontreiniging in versie
Stormveld Gebied met storm Windvlagen Windstoten Wind draait naar... Wind ruimt/krimpt Windveld	Luchtdrukgradiënt Luchtdrukverschillen Uitschieters
Luchtstroming Luchtaanvoer Zachte/warme lucht Vochtige lucht Droge lucht Koele/koude lucht	Advectie Circulatie Subtropische lucht Maritieme lucht Arctische lucht Polaire lucht

## 27. BEAUFORTSCHAAL (Geldend voor gemiddelde windsnelheden)

Schaal cijfer Beau- fort	Windsnelheidsequivalenten op 10 m hoogte boven vlak terrein				Benaming				
	Zeemijlen per uur (knopen)		m/s		Nederlands		Engels	Frans	Duits
	gem.	grenzen	gem.	grenzen	boven zee	boven land	English	Français	Deutsch
0	0	< 1	0	0 - 0.2	Stilte	Stil	Calm	Calme	Stille
1	2	1- 3	0.9	0.3- 1.5	Flauw en stil	} Zwakke wind	Light air	Très légère brise	Leiser Zug
2	5	4- 6	2.4	1.6- 3.3	Flauwe koelte		Light breeze	Légère brise	Leichte Brise
3	9	7-10	4.4	3.4- 5.4	Lichte koelte	} Matige wind	Gentle breeze	Petite brise	Schwache Brise
4	13	11-16	6.7	5.5- 7.9	Matige koelte		Moderate breeze	Jolie brise	Mässige Brise
5	18	17-21	9.3	8.0-10.7	Frisse bries	Vrij krachtige wind	Fresh breeze	Bonne brise	Frische Brise
6	24	22-27	12.3	10.8-13.3	Stijve bries	Krachtige wind	Strong breeze	Vent frais	Starker Wind
7	30	28-33	15.5	13.9-17.1	Harde wind		Near gale	Grand frais	Steifer Wind
8	37	34-40	18.9	17.2-20.7	Stormachtig		Gale	Coup de vent	Stürmischer Wind
9	44	41-47	22.6	20.8-24.4	Storm		Strong gale	Fort coup de vent	Sturm
10	52	48-55	26.4	24.5-28.4	Zware storm		Storm	Tempête	Schwerer Sturm
11	60	56-63	30.5	28.5-32.6	Zeer zware storm		Violent storm	Violente tempête	Orkanartiger Sturm
12	-	> 63	-	>32.6	Orkaan		Hurricane	Ouragan	Orkan

K.N.M.I. - september 1977.

Schaal cijfer Beau- fort	Beschrijving van de zichtbare uitwerking van windkracht op het zee-oppervlak (schaal van Petersen).	Beschrijving van de zichtbare uitwerking van de windkracht op objecten in het binnenland.
0	Spiegelgladde zee.	Stil: rook stijgt recht of bijna recht omhoog
1	Golfjes, welke zee een geschubd aanzicht geven. Schuimvorming heeft niet plaats.	Windrichting goed herkenbaar aan rookpluimen
2	Kleine, nog korte golven, maar beter gevormd. De toppen hebben een glasachtig aanzicht en breken niet.	Wind begint merkbaar te worden in het gelaat; bladeren beginnen te ritselen en windvanen kunnen gaan bewegen.
3	Kleine golven: de golftoppen beginnen te breken en het hierdoor gevormde schuim heeft een overwegend glasachtig aanzicht, terwijl hier en daar op zichzelf staande witte schuimkoppen kunnen voorkomen.	Bladeren en twijgen zijn voortdurend in beweging.
4	Kleine langer wordende golven. De witte schuimkoppen beginnen vrij veel voor te komen.	Kleine takken beginnen te bewegen. Stof en papier beginnen van de grond op te dwarrelen.
5	Matige golven, van aanmerkelijk grotere lengte. Overal zijn witte schuimkoppen te zien en hier en daar komt opwaaiend schuim voor.	Kleine bebladerde takken maken zwaaiende bewegingen; er vormen zich gekuifde golven op meren en kanalen.
6	Grotere golven beginnen zich te vormen: de brekende koppen doen overal grote witte schuimvlekken ontstaan (opwaaiend schuim komt vrij veelvuldig voor).	Grote takken bewegen; parapluies kunnen slechts met moeite worden vastgehouden.
7	De golven worden hoger en het witte schuim van de brekende koppen begint zich als strepen in de richting van de wind te ontwikkelen.	Gehele bomen bewegen; de wind is hinderlijk, wanneer men er tegen in loopt.
8	Matige hoge golven, met aanmerkelijke kamlenkte: de toppen der golven waaien af en vormen goed ontwikkelde schuim- strepen in de richting van de wind.	Twijgen breken af; het voortgaan wordt belemmerd.
9	Hoge golven: zware strepen schuim in de richting van de wind: de karakteristieke rollers beginnen zich te vormen; het zicht kan door verwaaid schuim worden beïnvloed.	Veroorzaakt lichte schade aan gebouwen (schoorsteenkapen en dakpannen worden afgerukt).
10	Zeer hoge golven met lange overstortende golfkammen; grote oppervlakken schuim worden door de wind in zulke zware witte strepen verspreid, dat de zee een wit aanzicht krijgt, zware overslaande rollers; het zicht is door verwaaid schuim verminderd.	Ontwortelde bomen; aanzienlijke schade aan gebouwen enz. (komt op land zelden voor).
11	Buitengewoon hoge golven (kleine en middelmattig grote schepen verliezen elkaar in de golfdalen tijdelijk uit- zicht); de zee is geheel bedekt met lange, in de windrichting lopende schuimstrepen; de randen der golfkammen vervaaien overal; het zicht is sterk ver- minderd.	Veroorzaakt uitgebreide schade (komt op land zeer zelden voor).
12	De lucht is met schuim en verwaaid zee- water gevuld. De zee is volkomen wit door schuim. Zicht op enige afstand bestaat niet meer.	

K.N.M.I. - september 1977.

**28. EENVOUDIGE WEERKUNDIGE WAARNEMINGEN**



# eenvoudige weerkundige waarnemingen

## Barometer

Een barometer is een instrument dat de waarde van de luchtdruk aangeeft. De bekende huisbarometer wordt geacht het heersende weer te kunnen aanduiden, gezien de woorden "slecht weer", "veranderlijk", "standvastig", "mooi weer" enz., die bij verschillende luchtdrukwaarden staan. Dit is echter niet meer dan een aanwijzing. In werkelijkheid kan het weer nogal verschillen van de tekst die boven de naald staat.

Meer belang voor het te verwachten weer heeft het constateren van veranderingen in de luchtdruk. Hiervoor zijn enkele vuistregels op te stellen:

1. De barometer daalt gestadig of snel: regen en wind
2. Hij daalt 14 mbar of 10 mm in minder dan 12 uur: er komt storm
3. Hij stijgt 14 mbar of 10 mm in minder dan 12 uur: storm houdt aan
4. Een langzame stijging: het weer wordt standvastiger, in de wintermaanden kans op mist en kouder weer
5. Een langzame daling: kans op een weeromslag met regen en onweer in de zomer, in de winter regen na mist, of sneeuw die later mogelijk overgaat in regen
6. Flinke stijgingen en dalingen volgen elkaar in enkele uren op: onstandvastig weer, regen met tussenpozen en veel wind.

Als U wilt weten of de barometer wel de juiste stand aanwijst, vergelijk hem dan eens met de luchtdrukwaarden die U in de krant leest of voor de radio hoort ('s ochtends om 5u45 en 6u45). Kies het station dat het dichtstbij ligt. De luchtdruk wordt op de huisbarometer nog vaak uitgedrukt in millimeters. Tegenwoordig komt in kranten en op de radio bijna uitsluitend de term "millibar" voor. Vandaar een vergelijking tussen deze twee waarden:

740 mm	komt ongeveer overeen met een stand van	987 mbar.
750 mm	-	-
760 mm	-	-
770 mm	-	-

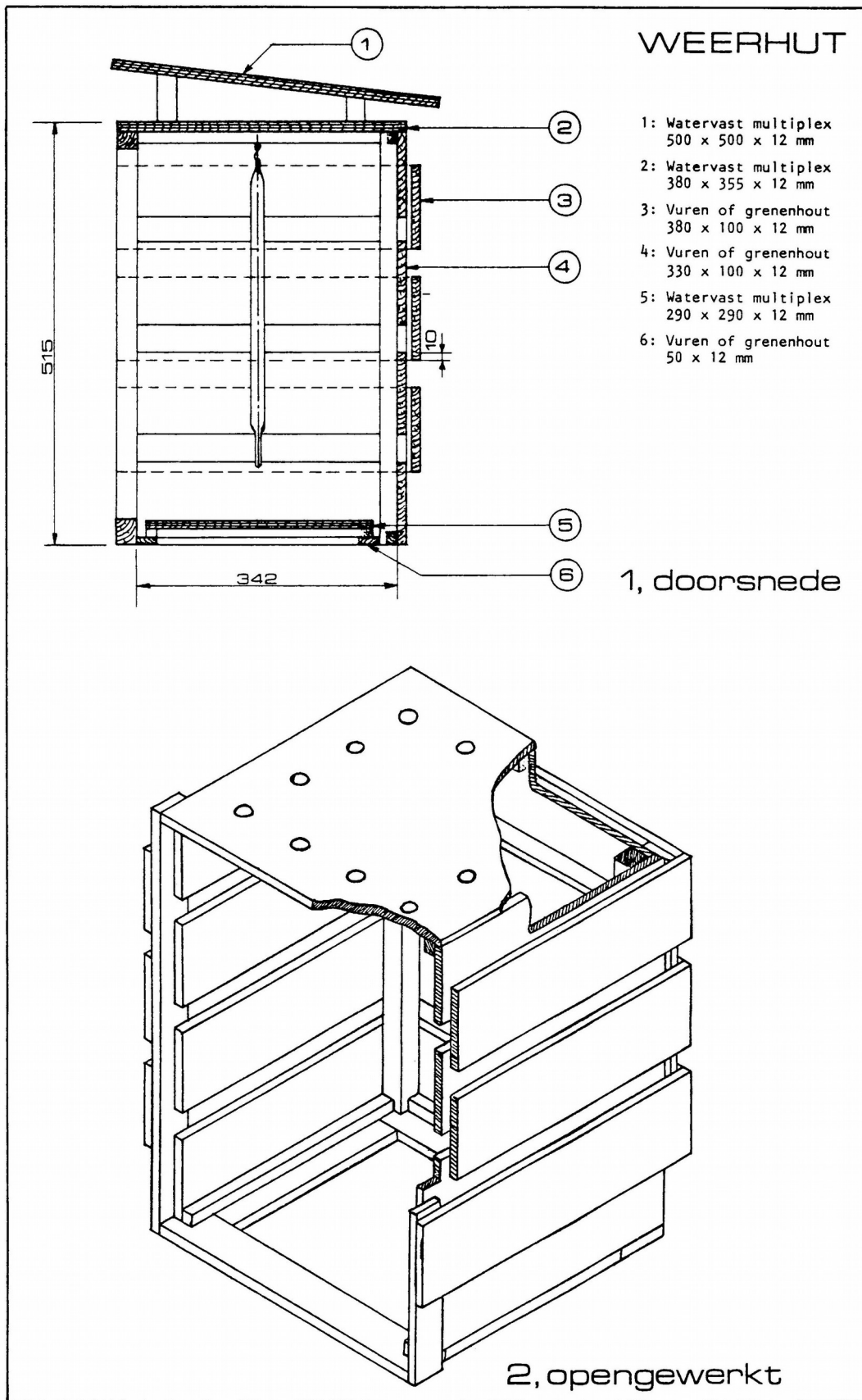
## Thermometer

Als U een thermometer (bij voorkeur een kwikthermometer) in huis hebt en U wilt eens weten hoe warm of koud het buiten eigenlijk is, dan kunt U de thermometer niet zo maar ergens buiten hangen en dan aflezen. U moet er voor zorgen dat de zon er niet op kan schijnen. Dus hangen we hem aan de noordkant, bijvoorbeeld tegen de muur van een schuur (liefst niet tegen de muur van een vertrek waar gestookt wordt). Let er op dat de zon niet via naburige ruiten tóch in de thermometer schijnt.

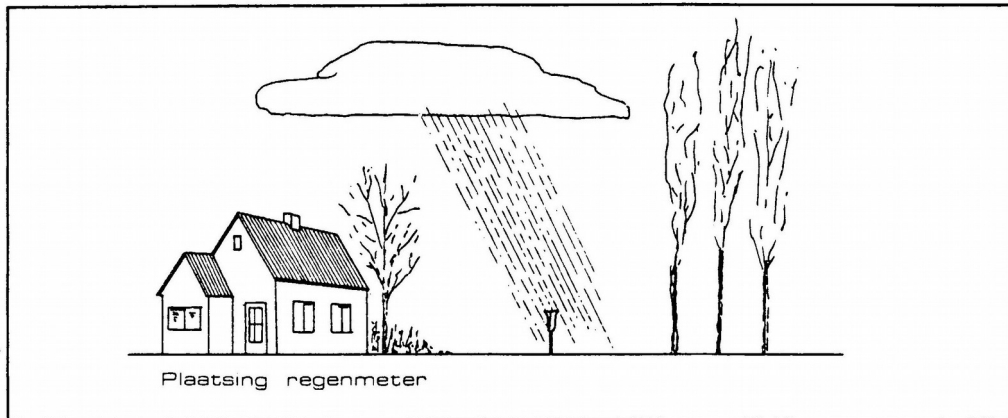
De beste oplossing is echter de thermometer te plaatsen in een zogenaamde weerhut. In zo'n hut heeft de wind vrij spel, maar regen en zonnestraling kunnen er niet inkomen. De hut moet zo ver mogelijk van huizen en bomen vandaan opgesteld worden. We plaatsen de hut zodanig dat de thermometerbollen 1½ meter boven de grond terechtkomen; de ondergrond bestaat uit grasveld. Toelichting bij de tekeningen: het dak van de hut loopt naar het zuiden schuin af, om eventuele neerslag te kunnen afvoeren. Het plafond van de hut is voorzien van ventilatieopeningen en de bodem bevat luchtspleten over 'de gehele lengte van de hut. Schilder de hut wit met buitenbijts om zonnestraling zoveel mogelijk terug te kaatsen. Op tekening 2 is goed te zien dat de wanden bestaan uit dubbel aangebrachte planken. De deur van de hut is naar het noorden gericht, zodat geen zonnestraling tijdens het openen van de hut naar binnen kan komen.

## Regenmeter

In zijn eenvoudigste vorm bestaat de regenmeter uit een glas met schaalverdeling in hele millimeters daarop al aangebracht. Deze regenmeter is verkrijgbaar in iedere goede tuinzaak en dient op een paal te worden aangebracht. We zetten het glas zo ver mogelijk van obstakels af (struiken, bomen, huizen etc.) om niet de kans te lopen dat deze een gedeelte van het hemelwater onderscheppen.



B-2



### Visuele waarnemingen

De waarnemingen die we met onze ogen verrichten zijn geheel gratis en vaak het meest boeiend en leerrijk. Een prachtig terrein voor waarnemingen en onderzoekingen zijn de wolken. Door goed op de wolken te letten, zult U ontdekken dat er verschillende soorten wolken zijn (ruwweg lage, middelbare en hoge wolken) en dat sommige wolkenvormen iets zeggen over het weer dat komen gaat. Voor het nauwkeurig herkennen van de verschillende wolkenvormen zij hier verwezen naar de wolkenatlassen die op dit gebied bestaan.

Verder is vooral in de zomer het waarnemen van onweer een fascinerende bezigheid. Let eens goed op de bliksem en ontdek de zigzagvorm en de vertakkingen! Uit het tijdsverschil tussen bliksem en donder valt de afstand van het onweer af te leiden: bijvoorbeeld 3 seconden tijdsverschil betekent dat het onweer 1 km verwijderd is, 6 seconden 2 km enz.

Dit verschijnsel evenals wolkenwaarnemingen lenen zich uitstekend voor fotografie. Bij zwart-wit fotografie geeft een geelfilter meer tekening aan de wolkenlucht. Ultraviolet filter bij dia's gebruiken. Handgrepen bij bliksemfotografie: statief gebruiken, lens niet langer dan 2 minuten geheel openzetten.

Tenslotte zij nog gewezen op waarnemingen van optische verschijnselen ('kleuren aan de hemel'). Hierbij valt te denken aan de kleurenpracht van regenboog (soms is er ook een bijboog!) of aan kransen of kringen rond de zon of maan. Deze laatste verschijnselen leert men eerst na veel oefening in hun volle omvang ontdekken.

### Windrichting en -snelheid

Bij het bepalen van de windrichting letten op lage wolken, rookpluimen, weerhaantjes op hoge gebouwen of vlaggen. Is op deze wijze de windrichting niet te bepalen dan lopen we naar buiten naar een open stuk veld en proberen met een (letterlijk) natte vinger te bepalen waar de wind vandaan komt.

De windsnelheid is grofweg te schatten aan de hand van de beoordelingsschaal van Beaufort.

windkracht	windsnelheid km/uur (gem. over 10 min.)	Benaming	Verschijnselen te land
0	kleiner dan 1	stil	Rook stijgt recht of bijna recht omhoog
1	1 - 5	zwak	windrichting te herkennen aan rook, windvanen reageren niet
2	6 - 11	zwak	wind merkbaar in het gezicht, bladeren ritselen en windvanen bewegen
3	12 - 19	matig	bladeren en twijgen bewegen voort durend, wimpels worden gestrekt
4	20 - 28	matig	stof en papier dwarrelen op, kleine takken bewegen
5	29 - 38	vrij krachtig	kleine bebladerde takken zwaaien, op meren en kanalen vormen zich gekuifde golven
6	39 - 49	krachtig	grote takken bewegen, de wind zoemt in telegraafdraden, paraplu's zijn moeilijk vast te houden



7	50 - 61	hard	gehele bomen bewegen, de wind is hinderlijk als men er tegenin moet lopen
8	62 - 74	stormachtig	twijgen breken af, het gaan wordt bemoeilijkt
9	75 - 88	storm	schoorsteenkappen en pannen waaien af
10	89 - 102	zware storm	bomen worden ontworteld, aanzienlijke schade aan gebouwen; komt te land zelden voor
11	103 - 117	zeer zware storm	uitgebreide schade; zeer zelden te land
12	118 en meer	orkaan	verwoestingen

## Verdere informatie

Heeft de bovenstaande informatie Uw interesse voor het weer gewekt en voelt U ervoor samen met anderen zich verder in het weer te verdiepen, dan zult U zich wellicht willen aansluiten bij een organisatie die op dit gebied actief is.

In Nederland is dat:

De Werkgroep Weeramateurs van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde. Maandelijks geven zij "Weerspiegel" uit. U kunt informatie inwinnen bij het sekretariaat van de Werkgroep: Rob Hattink, Genemuidenstraat 23, Den Haag (070-661701) of bij Stichting "De Koepel", Nieuwe Gracht 15, Utrecht (030-311360).

In België:

Werkgroep Weerkunde van de Vereniging voor Sterrenkunde. Sekretariaat: H. Poppe, Redingenstraat 16B, Leuven, België (016-31254). De Werkgroep geeft maandelijks het tijdschrift "Halo" uit.

In Engeland:

Climatological Observers Link. Kontaktadres: S.D. Burt, 2 School Street, Long Lawford, near Rugby, Warwickshire, CV23 9 AU England. Deze organisatie geeft maandelijks het COL-bulletin uit.



Populair wetenschappelijk tijdschrift over:

STERRENKUNDE, WEERKUNDE, RUIMTEVAART,

RUIMTEONDERZOEK en aanverwante wetenschappen en technieken.

## 29. VERKLARENDE WOORDENLIJST WEERCURSUS

76

**A**

AAMBEELD	De bovenkant van een buienwolk (scherm) in de vorm van een aambeeld, zie ook 'incus'.
AARDROTATIE	het eenmaal per 24 uren rond draaien van onze aardbol.
ADVECTIE	aanvoer
AFLANDIGE WIND	wind die over land naar zee waait in tegenstelling tot aanlandige wind (= zeewind).
ALTO	hoog; in verband met wolken: middelbaar, tussen 2 en 6 km hoogte.
ALTO CUMULUS Ac	cumuliforme bewolking op middelbare hoogte (schaapjeswolken).
ALTO CUMULUS CASTELLANUS	altocumulus met uitstulpingen in de vorm van torentjes of kantelen.
ALTO CUMULUS UNDULATUS	hoge golfvormige bewolking.
ALTOSTRATUS LENTICULARIS	lensvormige bewolking, ontstaan door golfbeweging inde luchtlagen.
ALTOSTRATUS As	egaal grijze bewolking, ontstaan door zwakke stijging op grote schaal.
ANTICYCLONALE STROMINGEN	dit is een ander woord voor luchtverplaatsing rond een hogedrukgebied.
ANTICYCLOON	zie hogedrukgebied.
ARCTISCHE LUCHT	luchtsoort ontstaan en afkomstig van de poolgebieden.
ATMOSFEER	de dampkring of luchtlaag rond onze aarde.
ATMOSFERISCHE LUCHTKOLOM	dit is een kolom lucht boven een oppervlak van een m <sup>2</sup> tot aan de rand van de dampkring.
AVONDROOD	rode kleur van wolken of van de onderste lagen van de dampkring bij zonsondergang.

**B**

BLIKSEM	sterke oplichtende ontladingsstroom o.i.v. vereffening van positieve en negatieve ladingen.
BLIKSEMONTLADING	actie, waarbij een hoon oplopende elektrische lading, afvloeit naar een negatief geladen lichaam.
BUIENCOMPLEX	een groep van buienwolken, zie ook Cumulo nimbus.
BUIENLIJN	een reeks Cumulonimbuswolken naast elkaar, van de grond af gezien als een muur van buien. Op de weerkaart: een lijn, die enigszins met een koufront overeenkomt. Op een satellietfoto: een langgerekte lijn van witte plekken (buien).

BUYS BALLOT	natuurkundige, welke leefde in de 19e eeuw. O.a. de opsteller van de Wet van Buys Ballot, betreffende luchtstromingen.
BIJZON	optisch verschijnsel, waarbij aan een zijde of weerskanten van de zon op de kleine kring ('halo') een heldere, meestal opvallende gekleurde vlek te zien is. Zij ontstaat door lichtbreking in ijskristallen in Cirrusbewolking.
<b>C</b>	
CALVUS	kaal. Meteorologisch: vervaging van contouren door verijzing van een Cu congestus-top.
CASTELLAMUS	vroeger: castellatus- als kantelen van een kasteel.
CIRRO CUMULUS Cc	Torentjeswolken met een gemeenschappelijke basis. meestal een bank van dunne, witte wolkenplekjes, zonder schaduw op zeer hoog niveau.
CIRROSTRATUS Cs	bestaat hoofdzakelijk uit ijskristallen. Melkachtige lucht ontstaat door zwakke stijgbeweging op grote schaal, vaak met halo-verschijnselen.
CIRRUS Ci	bestaat hoofdzakelijk uit ijskristallen in de vorm van draden, strengen of haken.
CONDENSATIE	vloeibaar worden van vochtige lucht. De condensatie vindt in de natuur meestal plaats rond condensatie-kernen.
CONDENSATIEKERNEN	bestaan meestal uit stofdeeltjes, zoutkristallen, micro-organisme, stuifmeel en ijskristallen.
CONDENSATIENIVEAU	het niveau waarop het verzadigingspunt van opstijgende lucht wordt bereikt met als gevolg het condenseren (zichtbaar worden) van de waterdamp.
CONDENSEREN	vloeibaar worden.
CONGESTUS	opeenstapeling. Meteorologisch: ophoping tot bloemkoolachtige wolkenformaties.
CONTINENTALE LUCHT	luchtsoort, die ontstaat boven het continent (land).
CONVECTIE	opstijging van warme lucht, onder invloed van zonnewarmte.
CONVERGEREN	het samenkomen in één punt.
CUMULONIMBUS Cb	buienwolk. Ontstaat door krachtige stijging op kleine schaal (regenwolk).
CUMULUS Cu	stapelwolk. Ontstaat door zeer krachtige stijging op kleine schaal.
CUMULUS CONGESTUS	groot uitgegroeide cumuluswolken.
CUMULUS HUMILIS	kleine mooi-weer wolken.
CYCLONALE - WERVELS STROMING	cyclonale stroming is een ander woord voor lucht-verplaatsing rond een lagedrukgebied.



**D**

DAGELIJKSE GANG	veranderingen in het weerbeeld, gerekend over een periode van 24 uur.
DAMPKRING	is de luchtlaag rond de aarde, ook wel troposfeer genoemd.
DAUWPUNT	de temperatuur van de lucht, waarbij condensatie begint op te treden doordat het verzadigingspunt van de daarin aanwezige waterdamp is bereikt.
DEPRESSIE	zie lagedrukgebied.
DIVERGENTIE	bij een hogedrukgebied draait de lucht rond de kern met de klok mee en spiraalsgewijs naar buiten gericht.
DIVERGEREN	uiteenwijken.
DROGE THERMIEK	men spreekt hiervan als de opstijgende lucht relatief droog is en onder invloed van de afkoeling geen wolken ontstaan of dat deze weer snel oplossen.
DRUKSYSTEEM	hoge- of lagedrukgebied.

**E**

EQUATORIALE LUCHT	ontstaat op en nabij de evenaar (equator).
-------------------	--

**F**

FLOCUS	wolkvlok. Meteorologisch: vlokkige wolk.
FRONTEN	scheidingsvlakken tussen luchtsoorten, dus warme en koude luchtmassa's.
FRONTALE ZONE	diffuus overgangsgebied tussen twee luchtsoorten.
FRONTVLAK	zie fronten.

**G**

GEMATIGDE LUCHT	luchtsoort, ontstaan op de gematigde breedte (Midden- en Noord-Europa).
GRADIENTKRACHT	is de kracht, die is ontstaan onder invloed van drukverschil tussen een hogedrukgebied en een lagedrukgebied.
GRADIENTWIND	wind ontstaan onder invloed van drukverschillen tussen hoge- en lage drukgebieden.
GRENSLAAG	meteorologie-onderzoek naar en kennis van processen, die zich voltrekken in de onderste laag van de dampkring, overdag tot een hoogte van 1 á 11 km en 's nachts tot ca. een 1 km hoogte of lager.
GRONDFRONT	de scheiding tussen twee luchtsoorten aan het aardoppervlak.
GRONDMIST	ontstaat door sterke afkoeling van de luchtlaag aan de grond (niet hoger dan 11 meter).

---

GRONDVORST	vorst die optreedt 's nachts (niet hoger dan 11 meter).
<b>H</b>	
HALO	optisch verschijnsel, bijvoorbeeld een kring om zon of maan, met een straal van 22 booggraden; ook 'kleine kring' genoemd.
HOGEDRUKGEBIED	ook wel anticycloon of maximum genoemd.
HOOG	hogedrukgebied. daar is een luchtkolom zwaarder dan in de omgeving.
HUMILIS	nederig, laag, onaanzienlijk, klein.
<b>I</b>	
INCUS	aambeeld. Meteorologisch: aambeeld vormige kop op een Cb.
INDUCTIE-THEORIE	een van de theorieën, waarmee het ontstaan van onweer wordt verklaard.
INSTRALING	verwarming van het aardoppervlak door zonnestraling.
INVERSIE = OMKERING	normaal neemt de temperatuur met de hoogte af, maar bij een inversie niet.
IONEN	elektrisch geladen atoomdeeltjes, positief of negatief. Spelen een rol bij het ontstaan van onweer.
ISOBAREN	lijnen, die punten van gelijke luchtdruk verbinden. Worden veelal per 5 m/bar verschil ingetekend op de weerkaarten.
<b>J</b>	
JETSTREAM	zie straalstroom.
<b>K</b>	
KOUFRONT	scheidingslijn tussen een koude luchtmassa en een minder koude of een warme luchtmassa.
KOUFRONTVLAK	scheidingsvlak, waarbij koude lucht warme lucht verdringt.
KOUDEFRONT-OCCLUSIE	occlusie, waarbij de koudste lucht zich achter het koufront bevindt.
KOUDE MASSA	luchtmassa, kouder dan het aardoppervlak waarboven deze aanwezig is.
KRIMPENDE WIND	de windrichting draait tegen de wijzers van de klok in, b.v. van West naar Zuid.
<b>L</b>	
'LAAG'	lagedrukgebied; de luchtkolom ter plaatse oefent minder druk uit op het aardoppervlak dan die in de omgeving.

---

LAGEDRUKGEBEID	ook wel depressie of minimum genoemd. Gebied wal,- de luchtdruk lager is dan de omgeving.
LANDWIND	aflandige wind, wind richting zee.
LATHAN & MASON THEORIE	theoretische stelling door beide onderzoekers opgesteld waarmee men de bliksemontladingen dacht te verklaren.
LENTICULARIS	linze-, lens-, amandel-, sigaarvormig.
LUCHTDRUK	is de druk, die ontstaat door de luchtkolom staande boven een bepaald oppervlak. Is in wezen het gewicht van deze totale luchtkolom, waarde uitgedrukt in millibar (mbar) of hPa (hectoPascal) (nieuw).
LUCHTSOORTEN	een hoeveelheid lucht van behoorlijke grote omvang, met dezelfde karaktereigenschappen wat temperatuur en vochtigheid betreft.
LUCHTDRUKVERDELING	samenstel van hoge- of lagedrukgebieden.
LUCHTDRUKGRADIENT	hieronder verstaat men de drukverval loodrecht op de isobaren per afstand.

## M

MAMMATUS	als buidels, uiers, borsten.
MARITIEM ARCTISCHE LUCHT	als arctische lucht, doch over zee aangevoerd naar ons land.
MARITIEME LUCHT	luchtsoort boven de zeeën gevormd.
MENGLAAG	onderste laag lucht, welke aan het aardoppervlak raakt.
MILLIBAR	wijze van aangeven van de heersende luchtdruk. Deze wordt bepaald door de luchtkolom, welke druk uitoefent op het aardoppervlak.
MIST	uiterst fijne waterdruppeltjes, die in de lucht zweven en het zicht op het aardoppervlak beperken tot minder dan 1 km.
MOOIWEER WOLK	Cu humulis, een wolkensoort die meestal optreedt bij standvastig, mooi weer.
MORGENROOD	rode kleur van wolken en de onderste lagen van de dampkring bij zonsopgang. Ontstaat doordat de blauwe kleur van het witte zonlicht door de moleculen in de lucht zijwaarts is verstrooid.

## N

NACHTEFFECT	een meteorologisch gebeuren dat optreedt in de nanacht. Bij een bepaalde luchtopbouw kan er op grotere hoogte door uitstraling boven een wolkenlaag onstabieleit ontstaan. Dit veroorzaakt op zijn beurt buitjes en/of castellanus-bewolking.
NACHTVORST	wordt nu vorst aan de grond genoemd.

---

NAJAARSEFFECT	een vaak terugkerende meteorologische situatie ten gevolge van het verschil in temperatuur van de warmere zee en het koudere land. Dit zal vooral in de kustprovincies in de nazomer en herfst bij bepaalde weerpatronen optreden.
NATTE THERMIEK	men spreekt hiervan als onder invloed van de stijgende lucht en de afkoeling Cu-forma-wolken ontstaan.
NEUTRALE OCCLUSIE	de lucht, zowel voor als achter het warmtefront is even koud.
NIMBOSTRATUS Ns	grauwe grijze regenlucht, ontstaan door zwakke stijgende beweging op grote schaal.
NIMBUS	regenwolk.
<b>O</b>	
OCCLUSIE	optilling van warme lucht door koude lucht.
ONSTABIELE LUCHT	veelal koude luchtmassa, waarin door verwarming van de onderste laag aan het aardoppervlak spon-taan verticale luchtbewegingen ontstaan.
OPBOUWEN	toenemen, onder invloed van diverse factoren, van de luchtdruk in een hogedrukgebied.
OPVULLEN	het oplopen van de luchtdruk in een lagedrukgebied.
OVERGANGSLAAG	door turbulentie veroorzaakte dikte van het frontvlak. Beter is overgangs-zone.
OVERGANGS-ZONE	zie overgangslaag.
OVERVERZADIGING	de lucht bevat meer waterdamp dan hij theoretisch bij een bepaalde temperatuur kan bevatten.
<b>P</b>	
PASSAGE	voorbijtrekken van fronten, troggen, buien e.d.
POLAIRE LUCHT	luchtsoort ontstaan in gebieden grenzend aan de Poolcirkel.
POTENTIAAL	ladingsverschil of verval in een onweerswolk.
<b>R</b>	
RADIOSONDE	meetinstrument, dat aan een ballon wordt opgelaten en door radioseinen temperatuur en vochtigheid doorgeeft.
RELATIEVE VOCHTIGHEID	de verhouding tussen de aanwezige hoeveelheid waterdamp en de maximale mogelijke, die lucht bij een bepaalde temperatuur kan bevatten.
ROLWOLK	ontstaat door sterke turbulente voortgang van het wolkenfront bij zware buien.
RUG	is een uitloper van een hogedrukgebied.
RUIMENDE WIND	windrichting draaiend met de wijzers van de klok mee, dus b.v. van West naar Noord.

---

RIJP	afzetsel van ijskristallen op voorwerpen of planten ontstaan door sublimatie van de onzichtbare waterdamp in de lucht.
<b>S</b>	
SLOOTMIST	wordt gevormd op de diepst gelegen punten in het veld, vaak sloten en greppels, tijdens begin van de uitstraling.
SMOG	Engelse benaming voor lucht, die verzadigd is met stof, rook en vochtdeeltjes. Treedt vooral op bij warm windstil weer.
STABIELE MASSA	veelal warme luchtmassa. Er zijn geen of weinig verticale luchtbewegingen.
STATIONAIRE DEPRESSIE	lagedrukgebied, welke zich niet verplaatst.
STRAALSTROOM	sterke, nauwbegrensde luchtstroom op grote hoogte. Heeft veel invloed op het weer.
STRALINGSBALANS	evenwicht tussen inkomend- en uitgaande zonnestraling.
STRALINGSMIST	ontstaat door sterke uitstraling van de menglaag tijdens de avond en nacht.
STRATIFORME BEWOLKING	gelaagde bewolking in stabiele lucht.
STRATOCUMULUS Sc	zeer egaal grijs wolkendek. Ontstaat door afkoeling van een vochtige luchtlaag.
STRATOSFEER	het gebied van de dampkring tussen ongeveer 12 en 40 km hoogte waarin de temperatuur met de hoogte toeneemt van -50° C tot +200 C.
STRATUS St	zie stratocumulus.
<b>T</b>	
THERMIEK	zie convectie (zweefvlieg-term).
TROG	voederbak, krib. Meteorologisch: langgerekt gebied van lage druk. De isobaren op de weerkaart tonen een V-vorm. Dit betekent bij het passeren een windsprong (ruimende wind), die gepaard gaat met een fikse temperatuurdaling.
TROPISCHE LUCHT	luchtsoort ontstaan in de Subtropen, Middellandse Zeegebied en de Atlantische Oceaan.
TROPOPAUZE	overgang van de troposfeer naar de stratosfeer. De grens ligt zo rond de 8 km.
TROPOSFEER	de onderste laag van de dampkring. Boven de beide polen + 8 km dik; boven Nederland + 12 km dik en in de tropen + 16 km dik.
TURBULENTIE	ontstaat als gevolg van snelheidsverschillen van de lucht, convectie of obstakels op het aardoppervlak.

**U**

---

UITDIEPEN	het onder invloed van diverse factoren verder dalen van de luchtdruk in een lagedrukgebied.
UITSTRALING	afgifte van zonnewarmte, verzameld door het aardoppervlak, na zonsondergang.
UNDULATUS	gegolfd, in golven of evenwijdige banken.
<b>V</b>	
VERIJZING	overgang van een druppeltjes-wolk naar een wolk met ijskristallen. De wolkenrand wordt onscherp.
VERZADIGINGSPUNT	het niveau waarop door afkoeling van de lucht de relatieve vochtigheid 100% bereikt.
VIRGA	twijg. Meteorologisch: valstrepen van neerslag uit een wolk.
VORST AAN DE GROND	zie grondvorst
VRIESKERNEN	zijn deeltjes van minerale of organische oorsprong, waaromheen ijskristallen worden gevormd.
<b>W</b>	
WARMTE FRONTVLAK	scheidingsvlak tussen een warme luchtmassa die een koude luchtmassa verdringt.
WARMTE FRONT OCCLUSIE	optilling van warme lucht, waarbij de aankomende lucht relatief warmer is dan oorspronkelijke lucht.
WARME MASSA	luchtmassa, warmer dan het aardoppervlak waarboven deze aanwezig is.
WATERDAMP	minuscuul kleine waterdruppeltjes. Is soms zo ijl, dat het niet met het blote oog waarneembaar is.
WATERVAL-THEORIE	een van de theorieën, waarmee men het ontstaan van onweer verklaart.
WIND	is luchtstroming, ontstaan door verschil in luchtdruk.
WINDKLIMAAT	hieronder wordt verstaan de gemiddelde windsnelheden over een tijdvak van 30 jaar van een bepaalde plaats.
WOLK	is een verzameling uiterst kleine waterdruppeltjes, ijskristallen, stof en rook, of een mengsel daarvan.
WOLKENSTRAAT	reeks wolken van dezelfde soort, achter elkaar in de richting van de wind.
WRIJVINGS-INVERSIE	vermenging van luchtlagen in de menglaag, veroorzaakt door turbulentie.
WRIJVINGSKRACHT	is de invloed van het aardoppervlak, die remmend werkt in de onderste 0 t/m 1000 meter van de atmosfeer.
<b>IJ</b>	
IJSREGEN	bevroren regen.



IJZEL

onderkoelde regen, welke direct bevriest bij contact met voorwerpen, welke nog een temperatuur onder nul hebben.

**Z**

ZEEWIND

ontstaat bij groot temperatuurverschil tussen lucht boven land en zee. Waait vanuit zee.

**30. LITERATUUROVERZICHT METEOROLOGIE**

## Literatuuroverzicht Meteorologie

Dit overzicht bevat in het Nederlands uitgegeven boeken en boekjes over weerkunde, geschikt voor leerlingen van het voortgezet onderwijs. Hierbij is een onderscheid naar moeilijkheidsgraad gemaakt. Boeken in andere talen dan Nederlands zijn niet opgenomen. De Engelse boeken vermelden veelal nog maten en grootheden die afwijken van het nationaal en internationaal gangbare metrieke stelsel. In Frans en Duits leveren de meteorologische vaktermen voor de minder geoefende lezers vaak nog moeilijkheden op.

Onderstaande boeken zijn voor het merendeel thans (najaar 1976) in de boekhandel verkrijgbaar. Enkele, gemerkt met een (B) zijn bij de boekhandel uitverkocht, maar vrij gemakkelijk toegankelijk via een algemene bibliotheek of leeszaal.

I. Geschikt voor leerlingen van de lagere klassen zijn:

Bailey, B. Het Weer, uitg. Helmond, Helmond, 1974, 48 blz. (Nederlandse bewerking van Engelse uitgave).

Suggestief, duidelijk en kleurrijk geïllustreerd overzicht van ontstaan en uitwerking van de verschillende weersverschijnselen, alsmede van de invloed van weer en klimaat op ons leven. Tevens aanwijzingen om met eenvoudige hulpmiddelen een eigen amateurweerstation te bouwen. Geen formules.

Zwart, B. Informatie in woord en beeld over het weer, Uitg. Moussault, Amsterdam, 1970, 56 blz. Ruim in kleur geïllustreerde beschrijving en verklaring van verschijningsvorm en samenhang van de weers-elementen. Veel aandacht voor wolkenvormen en hun ontstaan. Geen formules.

II. Enkele boekjes uit de A.O. reeks, uitgave van de Stichting IVIO te Lelystad, waarin op eenvoudige wijze een bepaald onderwerp wordt behandeld:

Velds, C.A. Luchtverontreiniging, meteorologisch bezien, no. 1199 (B)

Kamp B.M. Het K.N.M.I. doet nog meer, no. 1456 (B)

Schuurmans, C.J.E. Klimaatveranderingen, no. 1560

Kruizinga, J.H. Het weer in de volksmond, no. 1620

III Voor hen die wat verder op achtergronden en verklaringen willen ingaan:

Minnaert, M. De natuurkunde van het vrije veld, uitg. Thieme, Zutphen.

Deel 1: Licht en kleur in het landschap, 5e druk, 1968, 408 blz.

Deel 2: Geluid, warmte en electriciteit, 3e druk, 1970, 352 blz.

Deel 3: Rust en beweging, 3e druk, 1972, 321 blz.

Recente herdruk van een uniek en interessant standaardwerk. Overzicht en verklaring van natuurverschijnselen, die men veelal dagelijks zonder instrumenten in de open lucht waarneemt.

Heidere natuurkundige behandeling, soms met gebruik van simpele formules. Vaak wordt een beroep gedaan op de zelfwerkzaamheid van de waarnemer. Talrijke illustraties, literatuurverwijzingen en trefwoordenregister.

Schmidt, F.H. Inleiding tot de meteorologie, uitg. Het Spectrum, Utrecht, 1974, 320 blz. Overzicht van de natuurkundige achtergronden van de meteorologie; grondslagen van de weersverwachting; belang van weer en weersverwachting voor de samenleving.

Eenvoudige formules in aanhangsel. Literatuuropgave voor verdere studie, trefwoordenregister.

Thompson, P.D. en O'Brien, R. Het weer, uitg. Parool/Life-Wetenschapsserie, Amsterdam 1966, 200 blz. (Nederlandse bewerking van Amerikaanse uitgave). (B)

De mechanismen van het weer en de werkwijzen bij waarnemen en verwachten op vlotte wijze beschreven. Vooral waardevol door de plaatsing in zowel wereldwijd, historisch en maatschappelijk perspectief. Een schat aan informatie, mede door de overvloedige en aantrekkelijke illustraties.

Watts, A. Het teleweerboek, uitg. Teleboek, Bussum, 1968, 64 blz. (B)

Gids voor het "zelf voorspellen" van het weer op grond van eigen waarnemingen, waartoe een serie wolkenfoto's is opgenomen.

K.N.M.I. Wolkenatlas Uitg. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1966, 45 blz + 40 platen.

Bewerking van "International Cloud Atlas" van de Wereld Meteorologische Organisatie.

Handleiding voor het herkennen van wolcentypen; definities van typen neerslag, zwevende deeltjes en optische verschijnselen.

IV. Het K.N.M.I. verzorgde zelf de volgende uitgaven, geschikt voor de hoogste klassen van HAVO en VWO:

Visser, S.W. Optische verschijnselen aan de hemel, verspreid opstel, publ. no. K.N.M.I. 137-3, 1957, 135 blz.

Grondige bespreking van: de theorie van het licht, optische verschijnselen in de atmosfeer, in water en in vaste stoffen en de verstrooiing van het licht. Talrijke verduidelijkende tekeningen en foto's. Goede scheiding van de theoretische beschouwingen en de praktische aanwijzingen voor waarnemers. Literatuuroverzicht en trefwoordenregister.

Scharringa, M. Nachtvorst, verspreid opstel, publ. no. K.N.M.I. 137-5, 1975, 104 blz.

Beschreven worden: de natuurkundige processen waardoor nachtvorst ontstaat, de redenen van het afsterven van planten bij bevrizing, het optreden van nachtvorst in Nederland, en (zeer uit-

voerig) de nachtvorstwering. Dit boek is in de eerste plaats bedoeld voor land- en tuinbouwkundigen en voor voorlichters en vakonderwijs. Literatuurlijst en trefwoordenregister.

Diverse auteurs Luchtverontreiniging en weer, uitg. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1974, 324 blz.

Na een korte eenvoudige inleiding volgt een grondige uiteenzetting van de belangrijkste meteorologische verschijnselen, die het gedrag van luchtverontreiniging in de atmosfeer bepalen, o.a. straling, verticale luchtbeweging, wind, turbulentie. Een aantal formules wordt gegeven om zelf aan de verspreiding te kunnen gaan rekenen. Hoewel het boek bedoeld is voor vakmensen, zijn de inleidende hoofdstukken ook te lezen door belangstellenden, die enigszins met fysica en chemie bekend zijn. Literatuurverwijzingen, trefwoordenregister.

V. Diversen

Op de vakantieganger afgestemd is het vlot geschreven en aantrekkelijk geïllustreerde werkje: Pelleboer, J.H. Wat voor Weer?, uitg. De Boer Maritiem, Amsterdam, 1976, 96 blz.

Voor beoefenaars van de watersport is geschreven:

Stein, W. Weerkunde voor zeilers en motorbootschippers, Uitg. Hollandia, Baarn, 1974, 167 blz. (vertaling uit het Duits).

Ter gelegenheid van een 2 uur durende televisie uitzending van de Nederlandse bewerking van een BBC-produktie verscheen een nogal onnauwkeurige Nederlandse bewerking van een Engels boek: Calder, N. De Weermachinerie en de dreiging van het ijs, uitg. Bosch en Keuning, Baarn, 1974, 143 blz.

Niet alle hierin opgenomen theorieën en verklaringen worden algemeen aanvaard. Veel onderwerpen worden slechts oppervlakkig behandeld; de illustraties zijn echter attractief.

