Hoofdstuk 8 Het weer

Inhoud pagina

8.1 De atmosfeer 3

8.1.1 De troposfeer
8.1.2 Polair front
8.1.3 Luchtstromingen en de straalstroom

8.2 Fronten 7

8.2.1 Algemeen
8.2.2 Stationair front
8.2.3 Warmtefront
8.2.4 Koufront
8.2.5 Occlusie
8.2.6 Trog
8.2.7 Vore

8.3 Drukgebieden 14

8.3.1 Hogedrukgebieden
8.3.2 Lagedrukgebieden
8.3.3 Luchtdruk

8.4 Drukgebieden en de molen 20

8.4.1 Een lagedrukgebied trekt naar en over ons land
8.4.2 Een klassieke stormdepressie
8.4.3 Een hogedrukgebied trekt over ons land

8.5 Wind 25

8.5.1 Algemeen
8.5.2 Windsprong
8.5.3 Windkarakter in de warme sector
8.5.4 Windkarakter op en achter een koufront
8.5.5 Windkarakter rond troggen, vores en ruggen
8.5.6 De dagelijkse gang van de wind
8.5.7 Wind en landschap
8.5.8 Zeewind
8.5.9 Windrichtingen en hun karakter

© Het Gilde van Molenaars

8.6 Wolken 34

8.6.1. Algemeen
8.6.2 Wolken indeling
8.6.3 Wolken bij een warmtefront
8.6.4 Wolken bij een koufront
8.6.5 Wolken bij een occlusie
8.6.6 Stapelwolken
8.6.7 Dagelijkse gang van stapelwolken

8.7 Neerslag 41

8.7.1 Neerslag in fronten
8.7.2 Neerslag in buien
8.7.3 Neerslagsoorten

8.8 Buien 46

8.8.1 Algemeen
8.8.2 Aambeelden en oplossen van buien
8.8.3 Buien en windstoten
8.8.4 Onweersbuien
8.8.5 Windstoten tijdens onweersbuien
8.8.6 Warmteonweer
8.8.7 Kou-frontaal onweer/ vore-onweer
8.8.8 Polair onweer
8.8.9 Wolkenkragen
8.8.10 Rolwolken
8.8.11 Onweersvoorspellers
8.8.12 Onweersbui komt niet tegen de wind in opzetten

8.9 Weerwaarneming 61

8.9.1 De radar
8.9.2 Media en het weer
8.9.3 Websites en het weer
8.9.4 Aanbevelingen

© Het Gilde van Molenaars

8.1 DE ATMOSFEER

8.1.1 De Troposfeer

troposfeer

tropopauze

De aarde wordt omhuld door een meer dan honderd kilometer dikke laag, die atmosfeer heet. De onderste schil met lucht rond de aarde heet de troposfeer. Al het weer speelt zich af in deze schil. De bovenkant van deze 'weer-schil' wordt de tropopauze genoemd. Deze bevindt zich op ongeveer 10 km. hoogte. Omdat de zon de aarde verwarmt geeft de aarde ook weer warmte af aan de lucht er boven. Hierdoor vinden we de meeste warmte vlak aan de grond. Naar boven toe wordt de lucht kouder omdat de warmtestraling vanaf de aardbodem steeds minder wordt en zich tevens verspreidt over een steeds groter gebied. Boven 4 km hoogte vriest het eigenlijk permanent en rond 10 km hoogte liggen de temperaturen meestal onder -40°C.

De tropopauze markeert een gebied waar de temperatuurdaling stopt. Hierdoor vormt de tropopauze een permanente barrière waaronder zich al het weer afspeelt.

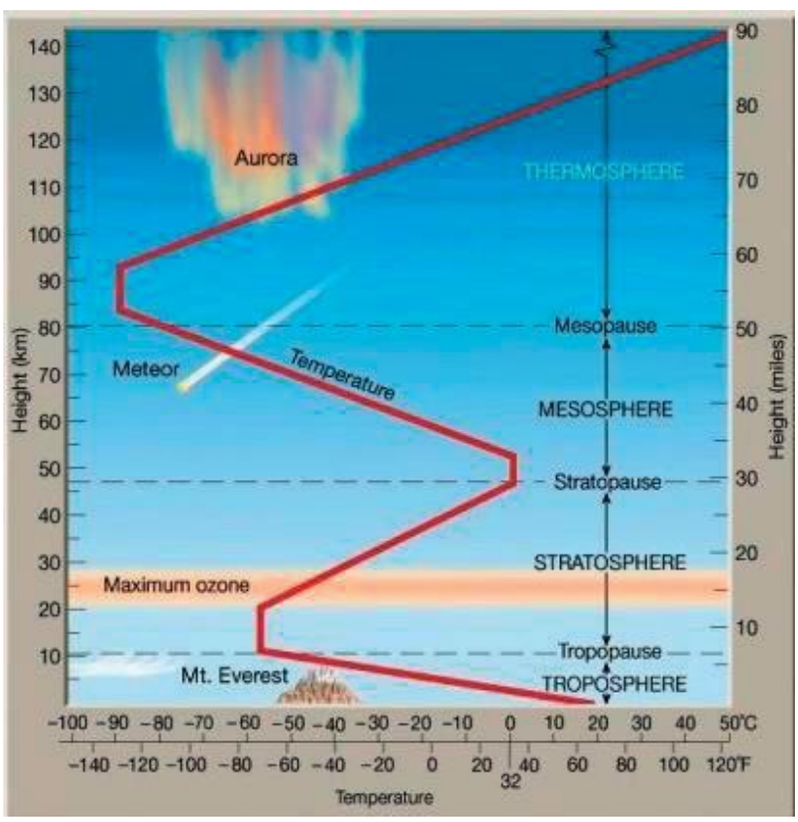


Fig. 8.1.1.1 Dwarsdoorsnede van de atmosfeer rond de aarde tot 140 km hoogte. De rode temperatuurlijn laat zien hoe de temperatuur naar hoger gelegen zones toe – en afneemt

onstabiel

De lucht kan stabiel of onstabiel zijn. Onstabiel wil zeggen dat vanaf de grond de lucht alleen maar kouder wordt tot aan de tropopauze. Verticale luchtbewegingen hierin zijn erg gemakkelijk en reiken tot flinke hoogte, niet zelden tussen 5 en 12 km. Dit is echt een buientroposfeer.

stabiel

Stabiel wil zeggen dat de lucht op enige hoogte (vaak beneden 3 km hoogte) warmer wordt. Daarmee worden verticale luchtbewegingen sterk tegengegaan of zelfs helemaal gestopt. Boven deze warme laag, die enkele honderden meters dik kan zijn, daalt vervolgens de temperatuur weer tot de tropopauze bereikt is. In een stabiele troposfeer komen wel wolken voor maar over het algemeen geen buien.

© Het Gilde van Molenaars

inversie

Een laag warmere lucht ergens in de troposfeer noemt men een inversie. De hoogte waarop een inversie kan voorkomen ligt vaak tussen 100 en 500 meter. Vooral ruggen van hogedruk en hogedrukgebieden kennen inversies. In ruggen van hogedruk komen dalende bewegingen voor die lucht comprimeren en opwarmen. Comprimeren ofwel samendrukken van lucht leidt altijd tot opwarming; pomp eens een fietsband op, de fietspompbuis zal warm geworden zijn.

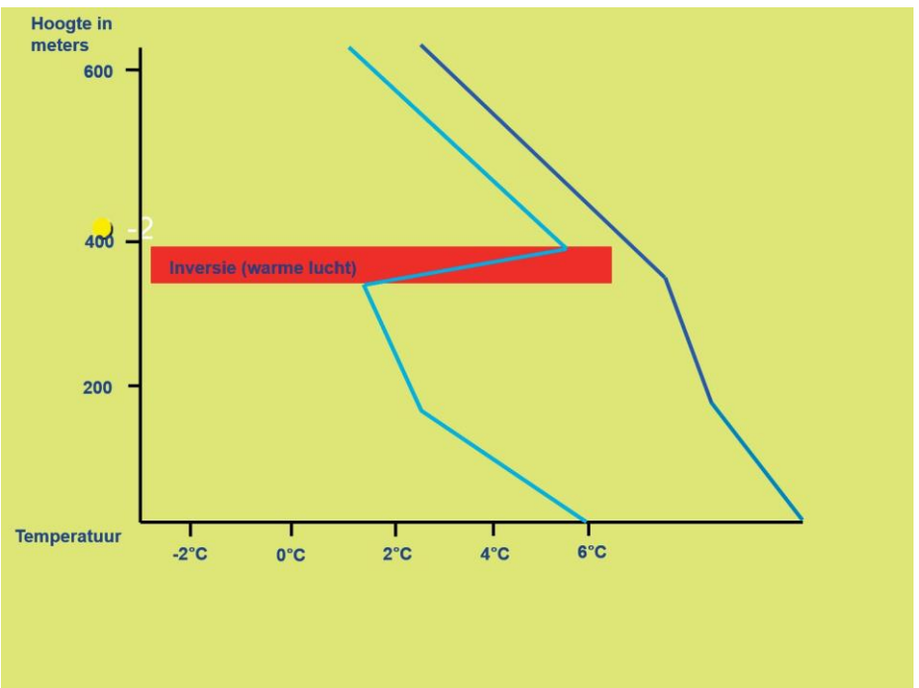


Fig. 8.1.1.2
Een inversie wordt gekenmerkt door een tijdelijke stijging van temperatuur op een bepaalde hoogte. (linker lijn.) Indien er geen inversie aanwezig is zal de temperatuur naar boven toe blijven dalen (rechterlijn).

8.1.2 Polair front

Omdat ten noorden van de evenaar, de gebieden tussen Noord-Afrika en Spanje/ de Azoren, de zon gedurende het grootste gedeelte van het jaar hoog aan de hemel staat, is het daar veel warmer dan verder naar het noorden. Hoe hoger de zon boven de horizon staat, hoe meer straling en warmte men ontvangt.

Tussen de permanente warmte rond de Sahara/Azoren en de veel koudere lucht naar het noorden toe vinden we door de hele troposfeer heen grote temperatuurverschillen, met name op onze breedtes tussen 40 en 70 graden. Hier komen namelijk koude lucht uit het noorden en warme lucht uit het zuiden bij elkaar. Dit zijn twee verschillende luchtmassa's die verschillen in temperatuur en luchtvochtigheid.

© Het Gilde van Molenaars

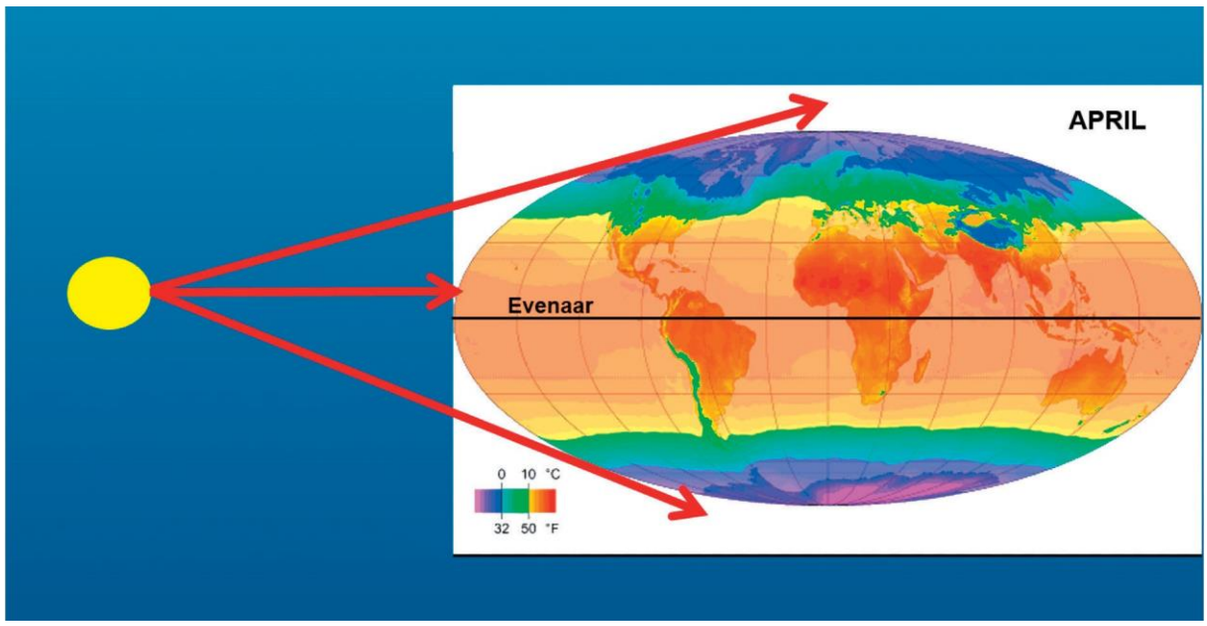


Fig. 8.1.2.1
De zon staat in april ten noorden van de evenaar, de tropen ontvangen de meeste zonnestraling (warmte), naar het noorden en zuiden wordt het steeds kouder

De koude lucht heeft een relatief lage luchtvochtigheid en de warme lucht een relatief hoge luchtvochtigheid. Deze luchtmassa's zijn altijd aanwezig op de Atlantische Oceaan en liggen altijd tegen elkaar aan. De scheidingslijn tussen deze twee luchtsoorten is het polaire front. Dit is een permanente scheidslijn, vanaf de grond tot wel 10 km hoog de troposfeer in. Het polaire front golft heen en weer op de oceaan van noord naar zuid, afhankelijk of er koude lucht uitbreekt naar het zuiden dan wel warme lucht zich naar het noorden beweegt. Het polaire front is de veroorzaker van bijna alle depressies die ons land aandoen.

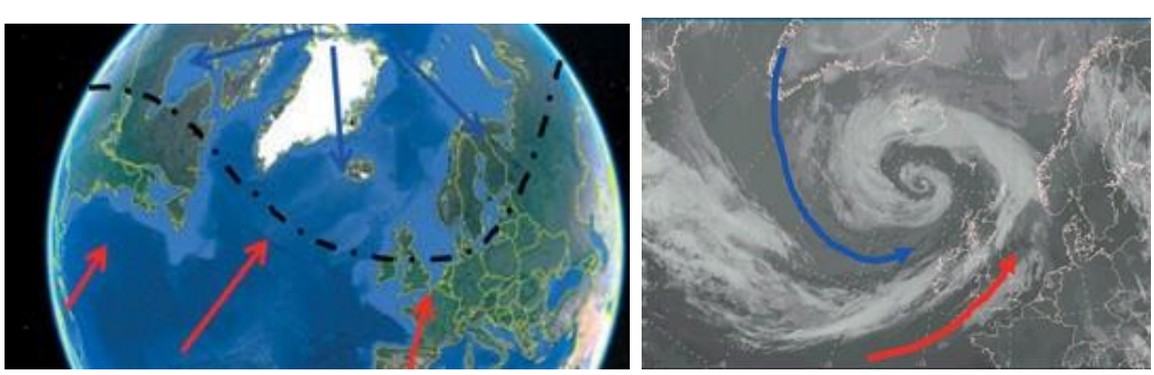


Fig. 8.1.2.2
Polair front. De zwarte stippellijn op het linker plaatje is de grens tussen koude lucht (blauwe pijlen) en warme lucht (rode pijlen) en slingert zich rond de aarde. Deze slingerlijn resulteert in bewolking en depressies met warme lucht aan de voorzijde en koude lucht aan de achterzijde. Nederland ligt net rechts van de rode pijlpunt.

8.1.3 Luchtstromingen en de straalstroom

Door de grote temperatuurverschillen tussen pool en evenaar gaat er stroming van lucht ontstaan want de natuur streeft naar evenwicht en probeert deze temperatuurverschillen op te heffen. Omdat de aarde een draaiende bol is wordt de stroming afgebogen. Tevens zijn de temperatuurverschillen door de hele troposfeer, de laag waarin ons weer zich afspeelt, soms klein en soms groot. Hierdoor zwakt deze stroming af of trekt hij aan.
Aangezien stroming (luchtverplaatsing) wind is, ontstaan er windbanden in de troposfeer. Als deze windbanden, die vooral op grotere hoogtes (7-12 km) in de troposfeer voorkomen, een snelheid bereiken van windkracht 11, spreken we van een straalstroom.
De straalstroom komt vooral voor tussen 40 en 70 graden noorderbreedte. Hier komen vaak de grootste temperatuurverschillen voor in de hele troposfeer. Deze

© Het Gilde van Molenaars

verschillen zijn het grootst in het najaar, winter en voorjaar, wanneer de Noordpool op zijn koudst is (poolnacht). De lucht rond de Azoren (40° N.B.) heeft jaarlijks nauwelijks een temperatuurschommeling en blijft vrij constant, ook in de winter wanneer de Noordpool het koudst is. Daarom vinden we de sterkste straalstromen dan ook terug in deze seizoenen.

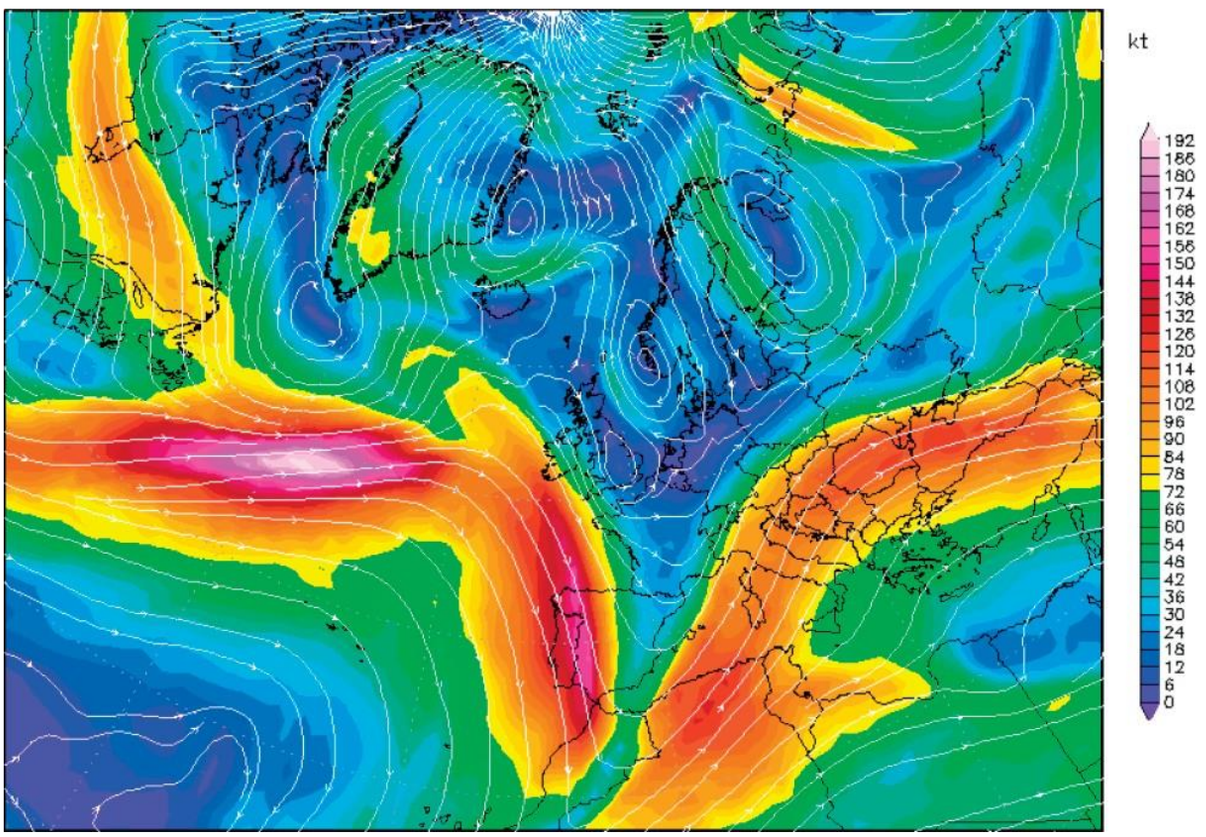


Fig. 8.1.3.1
De straalstroom rond 9 km hoogte boven Europa. De witte lijnen met pijlen geven de stromingsrichting weer. Goed is te zien dat de wind allerlei bochten maakt. Boven Spanje ligt een grote bocht. Hoe paarser de kleur, hoe harder de wind waait. (zie schaalverdeling rechts)

Ook aan de grond vinden we stroming terug ofwel: wind. Deze hangt echter samen met luchtdrukverschillen aan de grond, die de windsnelheid bepalen.

© Het Gilde van Molenaars

8.2 FRONTEN

8.2.1 Algemeen

Een front is een wolkengebied dat de grens vormt tussen twee luchtmassa's, een koude en een warme massa. Dit wolkengebied kan verticaal dik zijn, dun zijn of zelfs opgelost, geheel afhankelijk van de tegenstellingen in de luchtmassa's: liggen die luchtmassa's rustig naast elkaar of zijn die met elkaar in gevecht? Er bestaan verschillende soorten fronten die ook op alle weerkaarten te vinden zijn:

- Stationair front
- Warmtefront
- Koufront
- Occlusie

Een front kan zich snel bewegen als er meer wind in de troposfeer staat en dan vooral als deze wind zo haaks mogelijk op het front staat. Staat de wind vooral langs het front op de verschillende hoogtes dan zal het front langzaam verplaatsen.
Fronten kunnen honderd tot wel meer dan duizend km lang zijn en kennen grote dan wel kleine temperatuurverschillen. Ze kunnen Nederland vanuit elke windrichting naderen en komen het hele jaar voor. In het herfst-, winter- en het voorjaarsseizoen zijn de fronten vaak het meest actief omdat het dan gemiddeld het hardste waait en de temperatuurverschillen het grootst zijn. Dat levert vaak veel neerslag op.
Verder kennen we nog twee fenomenen die geen front zijn maar wel heftig weer kunnen geven en ook op een weerkaart voorkomen:

- Trog
- Vore

8.2.2 Stationair front

Fig. 8.2.2.1
Stationair front

Een stationair front is een stilliggend front, vaak in de nabijheid van een hogedrukgebied, met aan de noordzijde altijd koude lucht van noordelijke breedtes en warme lucht vanaf de Azoren aan de zuidzijde. Hierbij liggen de luchtsoorten rustig tegen elkaar zonder dat er veel gebeurt in de atmosfeer. Er is een wolkenband aanwezig met wellicht (lichte) neerslag maar er is geen sprake van een lagedrukgebied. De lijn wordt op een weerkaart weergegeven door afwisselend halve rode bolletjes en blauwe driehoekjes die elkaar aan beide zijden van de lijn afwisselen.

© Het Gilde van Molenaars

8.2.3 Warmtefront

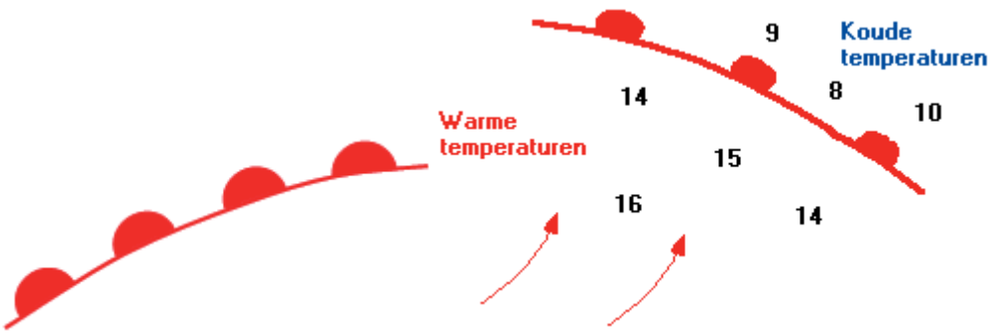


Fig. 8.2.3.1
Warmtefront

Een warmtefront vormt de grens tussen (relatief) koude en warme lucht. Het wordt op een weerkaart aangeduid door middel van een rode lijn met halve bolletjes. De bolletjes wijzen in de richting waar het front heen gaat. Achter het warmtefront zal de temperatuur vaak vrij snel stijgen en ook de luchtvochtigheid toenemen (andere luchtmassa!). We zitten dan in het gebied tussen warmte- en koufront in en dat noemen we de warme sector. Er is bewolking en meestal ook neerslag.
Vaak is de temperatuurstijging beperkt vanwege de omliggende wateren zoals de Noordzee en de Atlantische Oceaan, die ervoor zorgen dat de temperatuur nabij de grond wat afvlakt als de warme lucht er overheen strijkt.

Omdat warme lucht (relatief warm ten opzichte van de omliggende lucht) lichter is dan koude lucht gaat het verplaatsen van een warmtefront langzaam. Vóór het warmtefront uit zit koudere lucht die zwaarder is. Het kost veel moeite om die weg te drukken. De warme lucht glijdt over een grote afstand op tegen de koude lucht tot hoog in de troposfeer (6-10 km hoogte) en vormt daarbij door het langzame opglijden (relatief kleine hoek met de grond) en afkoeling een bepaald wolken- en neerslagpakket, waar we later uitgebreider op in gaan.

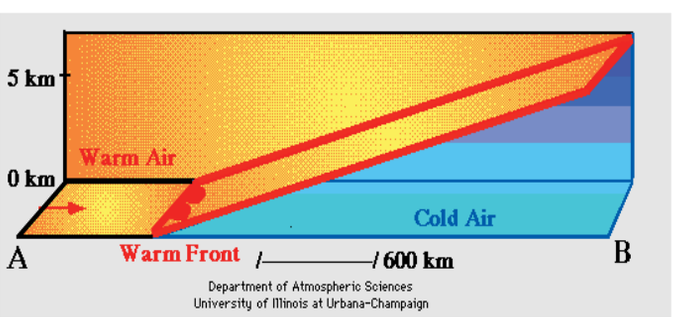


Fig. 8.2.3.2
Vereenvoudigde weergave van oprukkende warme lucht met het grondwarmtefront.

8.2.4 Koufront

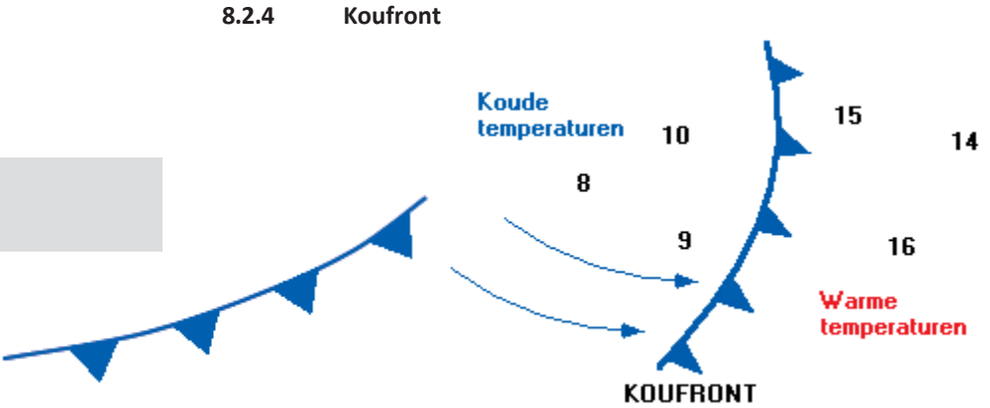


Fig. 8.2.4.1
Koufront

Een koufront vormt de grens tussen (relatief) warme en koude lucht. Het wordt op een weerkaart aangeduid met een blauwe lijn met driehoekjes. De driehoekjes wijzen in de richting waar het front heen gaat.

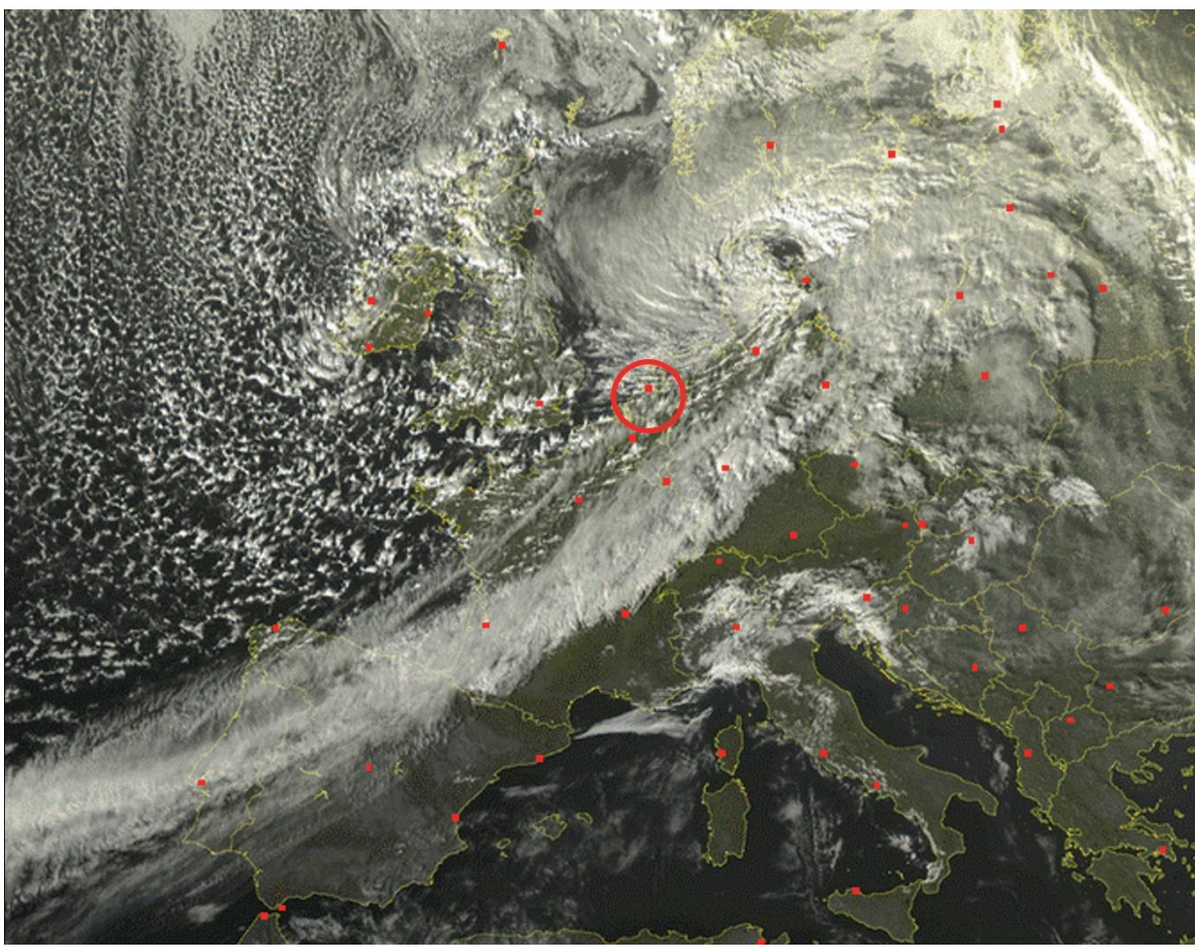


Fig. 8.2.4.2
Een koufront van honderden kilometers lengte ligt over Europa. Aan de koude kant van het front (ten westen en noordwesten) komen honderden witte puntjes voor. Dat zijn allemaal buien in koude en onstabiele lucht. Aan de warme kant van het front (ten oosten en zuidoosten) weinig tot geen bewolking. (Nederland ligt in de rode cirkel)

Achter het koufront zal de temperatuur vaak vrij snel dalen en zal de luchtvochtigheid afnemen (andere luchtmassa!) Het is een gebied met wolken en meestal ook neerslag.
Vaak is de temperatuurdaling beperkt vanwege de omliggende wateren zoals de Noordzee en de Atlantische Oceaan die ervoor zorgen dat de temperatuur nabij de grond wat afvlakt als de koude lucht erover heen strijkt.

Omdat koude lucht zwaarder is dan warme lucht gaat verplaatsen van een koufront sneller dan van een warmtefront. Vóór het koufront uit zit warme, lichte lucht. Het kost weinig moeite om deze weg te drukken. De koude lucht duwt over een relatief kleine afstand de warme lucht weg tot hoog in de troposfeer (8-12 km hoogte) en vormt daarbij door het snelle opglijden (de hoek met de grond is relatief groot) en afkoeling een bepaald wolken- en neerslagpakket waar we later uitgebreider op ingaan.

© Het Gilde van Molenaars

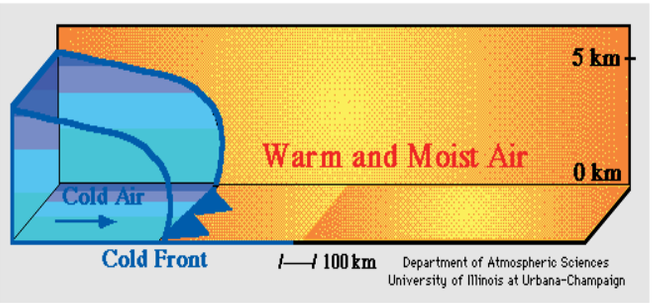


Fig. 8.2.4.3
Vereenvoudigde weergave van oprukkende koude lucht met het grondkoufront.

Bovenstaande kou- en warmtefronten kennen natuurlijk relatieve temperaturen. Zowel 25°C als -5°C kan warmte betekenen als de temperatuur eerst respectievelijk 20 en -10 °C was.

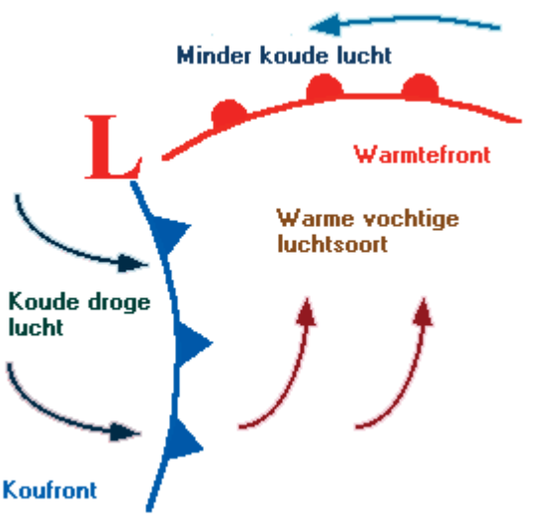


Fig. 8.2.4.4
Klassieke, eenvoudige weergave van een depressie met een kou- en warmtefront.

8.2.5 Occlusie

Fig. 8.2.5.1
Occlusie

Een koufront trekt altijd sneller dan een warmtefront. Hierdoor wordt de warme sector, het gebied met relatief warme lucht tussen beide fronten, steeds smaller. Uiteindelijk wordt het warmtefront ingehaald door het koufront. Beide fronten smelten dan samen. Die samengesmolten fronten noemen we een occlusie. De warme lucht van de warme sector wordt hierbij in een wig naar boven geduwd en koelt langzaam verder af. Hierdoor zijn er nauwelijks temperatuurverschillen voor en achter de occlusie.

© Het Gilde van Molenaars

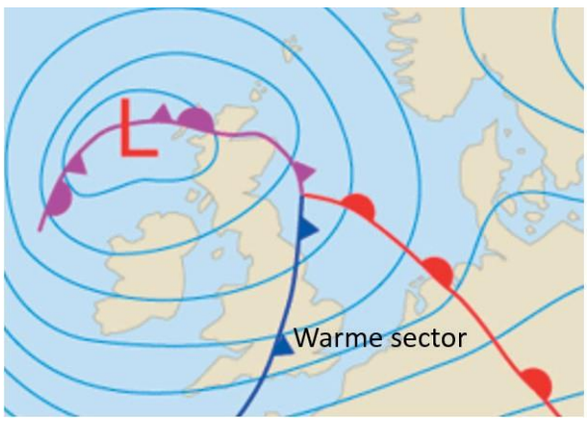


Fig. 8.2.5.2
Een depressie met fronten.
De occlusie is deels om de kern gedraaid.

Warmte- en koufronten zijn precies elkaars tegengestelden.

Koufront:	**Warmtefront:**
koude lucht erachter	warmere lucht erachter
drogere lucht erachter	vochtigere lucht erachter
onstabiele lucht erachter	stabiele lucht erachter
buien erachter	geen buien erachter
smal buiig regengebied	breed regengebied
heftige bewegingen omhoog	rustige bewegingen omhoog
relatief hoge treksnelheid	relatief lage treksnelheid

8.2.6 Trog

buienstoringen

Achter een koufront komen vaak één of meerdere troggen voor, die altijd met buien gepaard gaan. Het zijn geen fronten (de grens tussen luchtmassa's) maar het zijn typische buienstoringen. De temperatuur verandert dan ook niet of nauwelijks voor en achter een trog.

buienlijnen

Troggen bestaan uit een bel erg koude lucht in de hogere luchtlagen. Hierdoor neemt de onstabiliteit van de troposfeer sterk toe en vormen zich zeer gemakkelijk, soms flinke, buienlijnen. Ze komen altijd voor achter een koufront, meestal in de vorm van een buienlijn of geclusterd buiengebied met erachter regelmatig scherpe opklaringen. Er kunnen meerdere troggen achter elkaar voorkomen. Ze doen ons land vooral aan uit richtingen tussen west en noord.

© Het Gilde van Molenaars

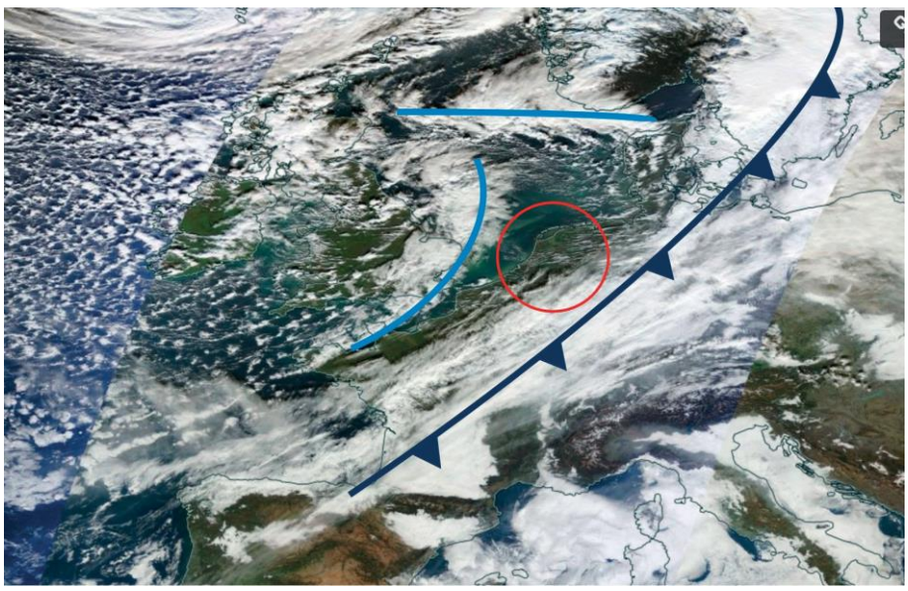


Fig. 8.2.6.1 Troggen. Een koufront ligt net ten oosten van Nederland (rode cirkel). Boven de Noordzee liggen twee troggen ofwel buienlijnen. (licht blauwe lijnen)

Troggen zijn wat anders dan losse buien die ook veel voorkomen achter een koufront. Een trog heeft als kenmerk dat het een (goed) georganiseerd buiensysteem is. Ook al komen er honderden buien voor achter een koufront, een trog is direct te herkennen. De buien zijn zwaarder dan de losse buien eromheen en komen bovendien voor in een lijn of als buiencluster.

Troggen komen het hele jaar voor en worden op een weerkaart weergeven door een zwarte of blauwe (koude lucht) lijn achter het koufront. Hier zit altijd weer op in de vorm van buien.

Fig. 8.2.6.2 De achterzijde van een trog met scherpe opklaringen erachter. Een echte buienlijn, bestaande uit 6 buien in totaal. (zie pijlen) Op de foto trokken ze van rechts naar links.

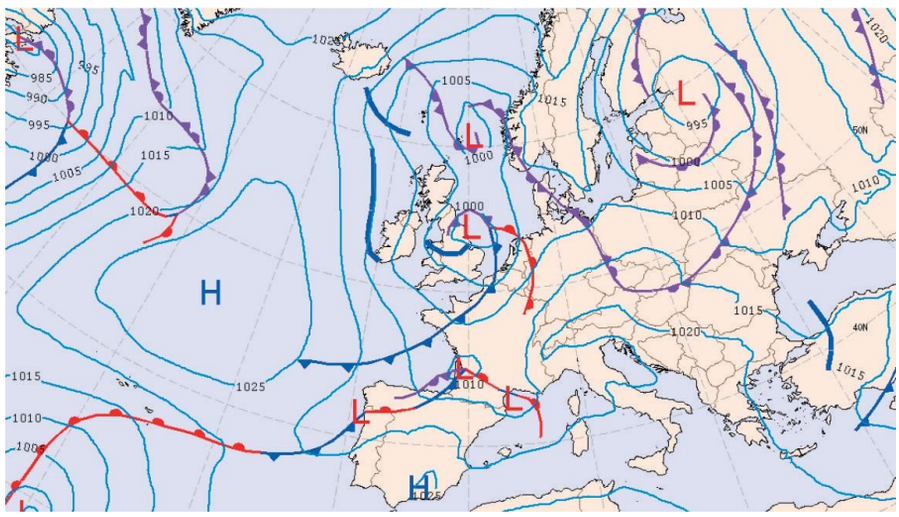


Fig. 8.2.6.3
Een weerkaart met een aantal troggen

8.2.7 Vore

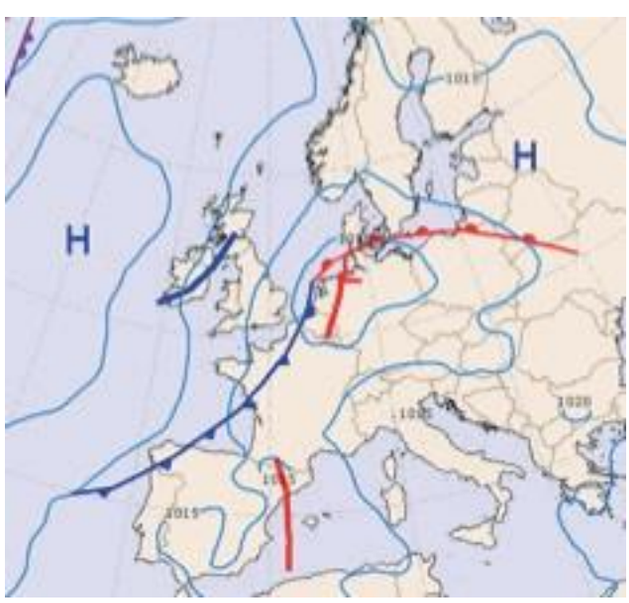
Een vore ontstaat als vochtige en relatief koele lucht vanaf de Noordzee of de Atlantische Oceaan in botsing komt of convergeert met een tegenstroming met erg warme en droge continentale lucht. Ze komen eigenlijk alleen voor tussen half april en half september, vóór een koufront uit. Ze bevatten een windsprong, een plek waar de wind snel en sterk van richting verandert.

windsprong

Een vore wordt met een rode of zwarte lijn op de weerkaart aangegeven**.** Een vore ligt altijd in de warme lucht en bevat vaak zware buien, al dan niet in lijnvorm.
Als een vore overtrekt zal de wind dus plots veranderen van richting en snelheid. Daarna trekt vaak nog het koufront over, echter zonder zware buien. Tussen half april en half september is het dan ook vaak een vore die de onweersbuien veroorzaakt en niet het koufront.
Trekt er echter een flinke bui mee op de vore dan kunnen ook harde windstoten optreden. De buien kunnen ook langs de molen trekken maar brengen dan altijd windverandering mee.
Vores zijn op een weerkaart lastig terug te vinden als je alleen maar kijkt naar isobaren. Let daarom op de rode of zwarte streep op de weerkaart!

Fig. 8.2.7.1
Vores op een weerkaart.

Fig. 8.2 *Windsprong. Pijlpuntjes geven de windrichting aan. De getallen geven de windsnelheid in knopen.*



8.3 DRUKGEBIEDEN

8.3.1 Hogedrukgebieden

De windbanden die rond de aarde voorkomen bewegen zich door de troposfeer als meanderende (slingerende) rivieren. Dit komt door het oprukken van koude lucht vanaf de meest noordelijke breedtes (Noordpool/Groenland/IJsland) en warme lucht vanaf zuidelijke breedtes rond de Azoren. Tevens speelt orografie (hoogteverschillen door bergen) een grote rol. Hierdoor wordt op verschillende plaatsen hoger in de troposfeer meer lucht aangevoerd dan afgevoerd en andersom. Door deze ongelijke verdeling van aan- en afvoer van lucht ontstaan letterlijk opstoppingen waarbij op sommige plaatsen steeds meer lucht wordt aangevoerd in de bovenlucht (globaal boven 5 km). Dit overschot aan lucht wordt naar beneden gedrukt totdat het in botsing komt met het aardoppervlak, waarna het zijdelings wegstroomt. Er ontstaat letterlijk een bult met lucht op deze plaats doordat er meer lucht vanaf de bovenlucht aangevoerd wordt dan er aan de grond kan wegstromen. De tropopauze wordt hier ook omhoog geduwd. De luchtdruk op de aardbodem gaat hierdoor stijgen! Een hogedrukgebied is geboren**.**

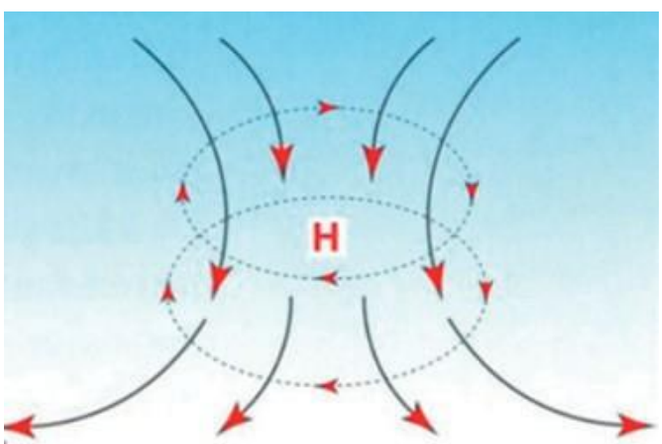


Fig. 8.3.1.1
In een hogedrukgebied daalt de lucht in een kern en warmt daarbij iets op. (rode kleur van de pijl). Daarna stroomt het via het aardoppervlak naar alle kanten weg, met de wijzers van klok mee.

Zoals de naam al zegt: de druk is hoog en dit komt omdat er letterlijk een hoge kolom lucht op de aarde drukt. Die meten we aan de grond met een barometer want juist aan het aardoppervlak ondervindt deze dalende luchtstroom de eerste weerstand. De lucht in het centrum van een hogedrukgebied ondergaat dus een daling. Hierbij wordt de lucht gecomprimeerd (samengedrukt) en warmt hierdoor op waardoor de luchtkolom nog iets verder zal uitzetten. In het najaar, winterseizoen en het voorjaar komen de sterkste hogedrukgebieden voor, d.w.z. met de hoogste luchtdrukstanden in de kern.

Vanuit het centrum van het hogedrukgebied stroomt de lucht dan naar buiten toe weg. Door de draaiing van de aarde stroomt (ofwel: waait!) deze lucht echter vanuit het centrum (de kern) niet rechtstreeks weg naar buiten maar met een bocht en wel altijd met de wijzers van de klok mee. Hoe groot of klein het hogedrukgebied ook is, altijd is de stroming rond een hogedrukkern met de wijzers van de klok mee naar buiten gericht.

met de wijzers mee

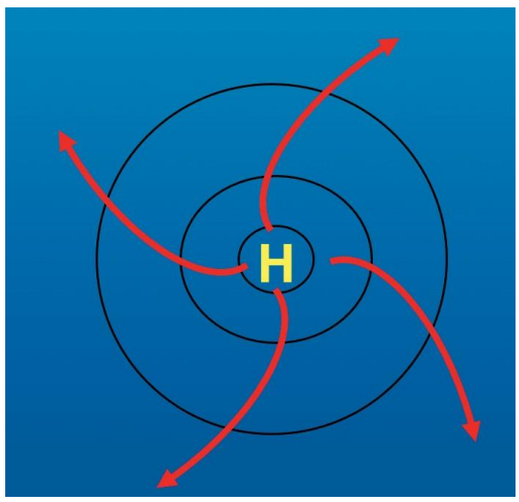


Fig. 8.3.1.2
De circulatie om een hogedrukgebied op het noordelijk halfrond is altijd met de wijzers van de klok mee vanuit het centrum naar buiten gericht.

8.3.2. Lagedrukgebieden

De vorming van de meeste lagedrukgebieden die ons land aandoen vindt plaats wanneer de straalstroom precies boven het polaire front loopt. In een stabiele, rustige situatie ligt het polaire front stil (stationair) met koude lucht aan de noordkant en warme lucht aan de zuidkant. Door het uitbreken van koudere lucht op grotere hoogte (7 km en hoger) in de troposfeer begint de straalstroom aan te wakkeren waardoor geleidelijk op en onder de straalstroom lucht weggevoerd wordt. Dit wegpompen van lucht kan langzaam of erg snel gaan. Dit hangt onder andere samen met de snelheid van de straalstroom en zijn ligging ten opzichte van het polaire front. Bij een hogere snelheid van de straalstroom wordt er meer lucht vanaf de grond weggezogen en naar boven afgevoerd. Vergelijk het met de trek in een schoorsteen die ook het beste is als er een stevige wind waait. Daar waar de druk aan de grond begint te dalen is een lagedrukgebied geboren. Hier wordt in de bovenlucht de lucht sneller weggevoerd dan er langs het aardoppervlak aangevoerd kan worden. Voert de straalstroom veel lucht in korte tijd weg dan zal in de kern de druk snel dalen en diept het lagedrukgebied snel uit. Er stroomt dan steeds sneller lucht langs het aardoppervlak naar het centrum. Door de draaiing van de aarde stroomt lucht echter niet rechtstreeks naar de kern van een lagedrukgebied maar met een bocht. Dit is altijd tegen de wijzers van de klok in. Hoe groot of klein het lagedrukgebied ook is, altijd is de stroming rond een lagedruk kern tegen de wijzers van de klok in naar binnen gericht.

tegen de wijzers in

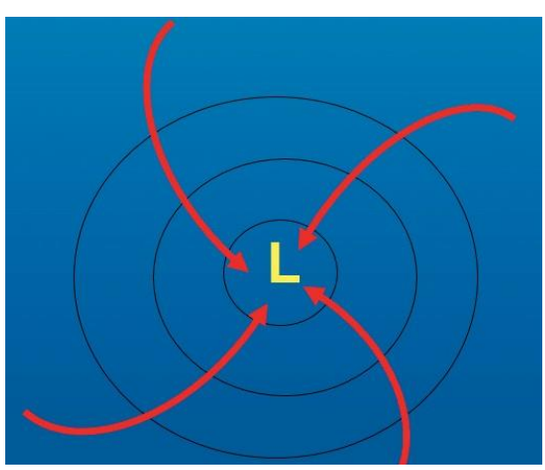


Fig. 8.3.2.1
De circulatie om een lagedrukgebied op het noordelijk halfrond is altijd tegen de wijzers van de klok in, naar het centrum gericht.

Daar waar de luchtdruk begint te dalen zal vrij snel het stationaire polaire front beginnen met ‘hoeken’, ofwel: er komt een knik in het front.
Daar ontstaan direct het warmte- en koufront, geholpen door de winden rond de kern die ook vrijwel meteen een draaiende beweging tegen de wijzers van de klok in gaan krijgen. Aan de voorzijde wordt de warme lucht naar het noordoosten opgestuwd en daarbij ontstaat de kenmerkende ‘opglij’-bewolking van een warmtefront.

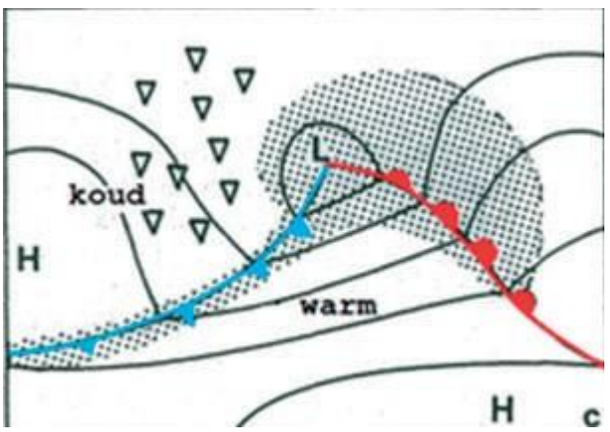


Fig. 8.3.2.2
Een depressie is geboren. Er is een kern gevormd met een warmfront en een koufront.

Aan de westzijde van het zich vormende lagedrukgebied stroomt de koude lucht naar het zuidoosten en daar begint zich de karakteristieke kou-frontale bewolking te vormen in de vorm van buien of buiige regen. Van een occlusie is nu nog geen sprake want de depressie is nog jong.
Geleidelijk zal de depressie zich verder uitdiepen (de druk aan de grond in het centrum blijft dalen). Uiteindelijk groeit het lagedrukgebied steeds verder de hoogte in en wordt, simpel gezegd, de straalstroom zwakker en weggedrukt waardoor het lagedrukgebied stopt met uitdiepen; de luchtdrukdaling stopt.

Rondom en in het centrum van het lagedrukgebied wordt de lucht naar boven toe weggevoerd, koelt af en vormt wolken. Het wordt immers altijd kouder naar boven toe.

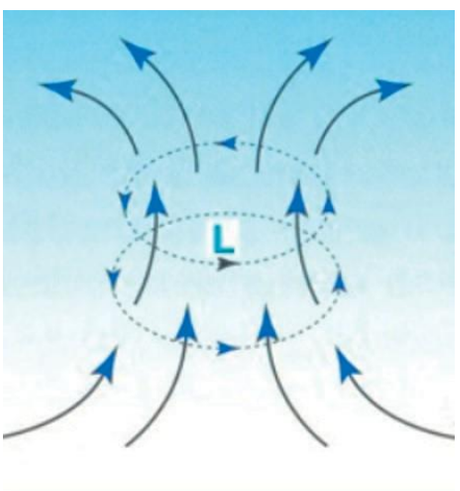


Fig.8.3.2.3
In een lagedrukgebied stijgt de lucht in de kern en koelt daarbij af. (blauwe kleur van de pijl).

Geleidelijk vult de depressie weer op doordat via het aardoppervlak meer lucht naar het centrum wordt aangevoerd dan afgevoerd. Aan de grond verdwijnt het lagedrukgebied het eerst, op grotere hoogte duurt het wat langer voordat het verdwenen is, want zo’n grote draaikolk heeft even tijd nodig om tot rust te komen.

© Het Gilde van Molenaars

Vergelijk het met een emmer water die je roert. Ook dan duurt het even voordat alle water tot rust is gekomen.
Hoe actiever een depressie zal zijn, hoe mooier alle bewolking gevormd zal worden. In eerste instantie zal men echter op een satellietfoto alleen een flinke hoeveelheid hoge bewolking zien. Als het lagedrukgebied is doorgegroeid, hoog de troposfeer in, wordt vooral het koufront veel beter zichtbaar.

Fig. 8.3.2.4
Twee prachtig gevormde depressiekrullen, mooi ingedraaid tegen de wijzers van de klok in. Het koufront en warmtefront van het grote lagedrukgebied zijn goed te herkennen. De vage witte vlek middenonder op de foto is IJsland.

Hoewel lagedrukgebieden lucht naar boven toe wegpompen zal door de lagere luchtdruk de tropopauze juist omlaag komen. De permanente koude lucht die zich altijd hogerop in de troposfeer bevindt, komt daarmee lager te liggen. Dat leidt altijd tot kouder wordende luchten, vooral op enkele kilometers hoogte. Hierdoor ontstaat als het ware een soort dal in de troposfeer.

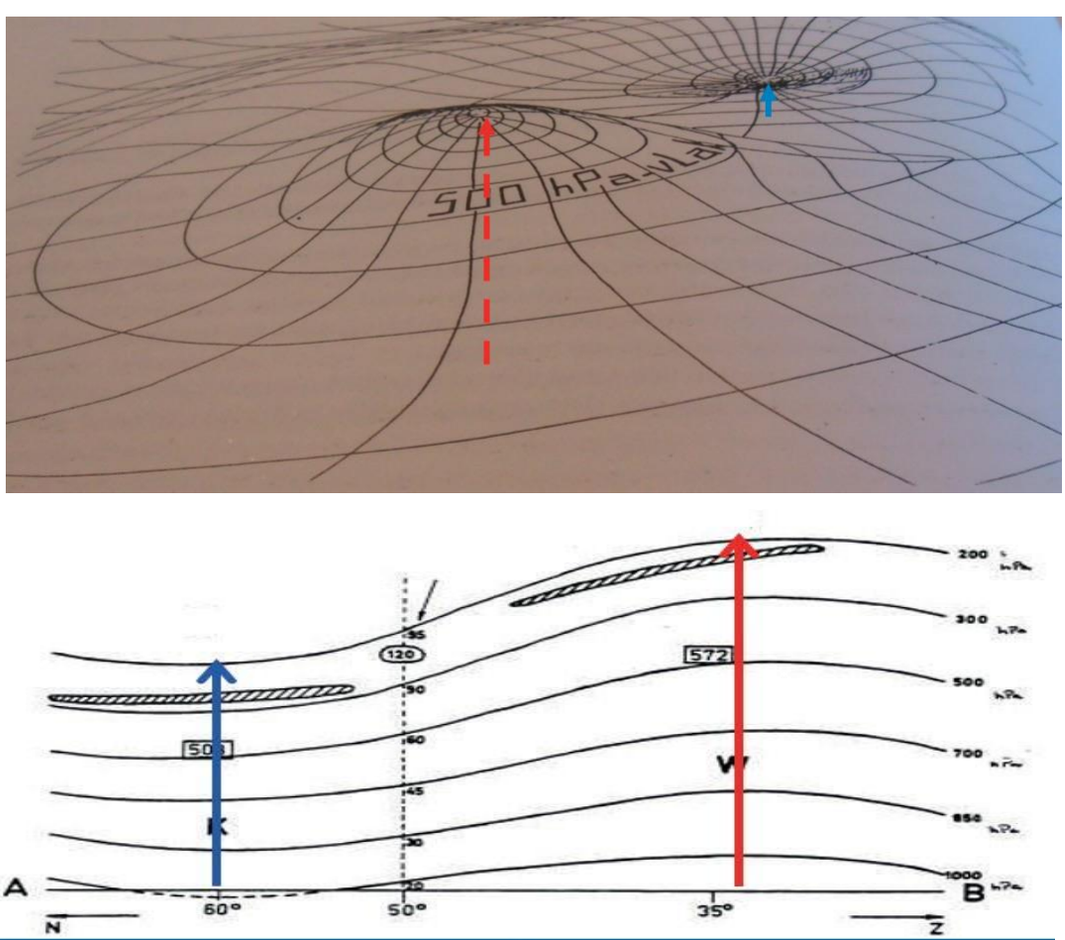


Fig. 8.3.2.5
Goed ontwikkelde lagedrukgebieden trekken de tropopauze omlaag en hier ontstaat een dal in de troposfeer. Goed ontwikkelde hogedrukgebieden duwen de tropopauze omhoog en hierdoor ontstaat een bult in de troposfeer. De blauwe pijl is het lagedrukgebied en de rode pijl is het hogedrukgebied.

De actiefste lagedrukgebieden, d.w.z. diepste qua luchtdruk, komen voor in de herfst, winter en lente wanneer de straalstroom op zijn sterkst is. Dan zijn namelijk de temperatuurverschillen tussen de Azoren en de Noordpool het grootst.

Doordat hogedrukgebieden lucht van hoogte naar de grond pompen en lagedrukgebieden deze lucht weer omhoog pompen, heb je een perfect circulatiesysteem en zo werken deze twee systemen samen.

8.3.3 Luchtdruk

Verschillen in luchtdruk en windsnelheid zijn direct aan elkaar gerelateerd. Grote drukverschillen over een relatief kleine afstand leveren veel stroming (wind) op. Kleine drukverschillen over een relatief grote afstand geven weinig of geen wind. Lucht stroomt altijd vanuit een hogedrukgebied over het aardoppervlak naar een lagedrukgebied. Een lagedrukgebied pompt de lucht dan weer hoog de troposfeer in en die komt ergens anders als een opstopping bovenin de troposfeer (hogedrukgebied) weer naar beneden.

Het stromen van lucht tussen drukgebieden zou snel kunnen gaan als de lucht in een rechte lijn zou kunnen stromen tussen deze twee drukgebieden. Dit gaat echter niet vanwege de draaiing van de aarde. Hierdoor stroomt lucht niet rechtstreeks van hoge- naar lagedruk maar juist met een bocht, waardoor het minder snel gaat. Dit kost tijd en hierdoor hebben drukgebieden een bepaalde levensduur.
Het meten van de luchtdruk gebeurt met de bekende barometer en wel in hectopascal (hPa) ofwel millibar (mbar); 1hPa = 1 mbar. In de barometer zit een vacuüm gepompt metalen doosje dat reageert op luchtdrukverschillen. Door overbrenging met een wijzer wordt dit zichtbaar gemaakt op een schaal.
De juiste luchtdruk meten we op grondniveau want juist hier ondervindt de lucht weerstand. Op de schaalverdeling op de barometer is dan goed te zien of de luchtdruk stijgt of daalt. De luchtdruk in Nederland ligt meestal tussen 970 en 1040 hPa/mbar. De gemiddelde luchtdruk op zeeniveau is 1013 mbar/hPa. Is de druk hoger dan spreken we van hogedruk, is de druk lager dan spreken we van lagedruk. Wordt de luchtdruk gemeten in landen om ons heen, bijv. in Zuid Duitsland, dat een stuk hoger ligt, dan wordt de luchtdruk daar omgerekend naar zeeniveau. De luchtdruk op zeeniveau is de standaard. Ga je vanaf de grond omhoog de troposfeer in dan zal altijd en overal de luchtdruk afnemen en tevens de lucht kouder worden. Op de nadering van een lagedrukgebied zal de barometer gaan dalen. Die daling gaat door totdat de luchtdruk weer gaat stijgen aan de achterkant van het lagedrukcentrum.
De luchtdruk geven we op een weerkaart weer met isobaren; lijnen van gelijke luchtdruk. Deze isobaren geven aan hoe de druksystemen liggen. Bovendien waait de wind ongeveer evenwijdig aan deze isobaren. Als je deze isobaren volgt, weet je ook zo goed als zeker de windrichting. Echter, door de draaiing van de aarde, de wrijving van de wind met de grond en de aanwezige bebouwing zal de wind altijd een kleine afwijking hebben naar links t.o.v. de isobaar. Ofwel: hij waait er iets schuin overheen. Bij een hogedrukgebied iets links naar buiten over de isobaar, bij een lagedrukgebied iets links naar binnen over de isobaar.
In hogedrukgebieden daalt de lucht over een groot gebied en wordt daarbij opgewarmd. Hierdoor neemt de luchtvochtigheid af en lost bewolking vaak op. Hogedrukgebieden worden meestal gekenmerkt door een grote kern met relatief weinig drukverschil en over het algemeen weinig wind eromheen.
Lagedrukgebieden laten lucht juist opstijgen waardoor lucht afkoelt en vaak wolken zich gaan vormen. Ze kennen vaak een compacte kern (daar waar de lucht versneld wordt afgevoerd) met meestal veel isobaren eromheen, ofwel: veel wind.

© Het Gilde van Molenaars

Hoge- en lagedrukgebieden zijn precies elkaars tegengestelden.

Lagedruk:	**Hogedruk:**
veel isobaren	weinig isobaren
compacte kern	grote kern
bewolking ontstaat	bewolking lost op
pompt lucht weg naar boven toe	voert lucht naar beneden
wind naar centrum toe	wind vanuit het centrum
stroming tegen wijzers klok in	stroming met de klok mee
barometer daalt	barometer stijgt
dal in de troposfeer	bult in de troposfeer
trekt de tropopauze omlaag	duwt de tropopauze omhoog
heeft fronten	heeft geen fronten
buien en onstabiliteit	nauwelijks tot geen buien

Een makkelijke manier om aan de hand van de windrichting te bepalen waar de drukgebieden liggen is de ‘Wet van Buys Ballot’. Buys Ballot was een Nederlandse wetenschapper (1817-1890) die de volgende wet uitvond die nog steeds helemaal klopt:
‘Ga met je rug in de wind staan. Het lagedrukgebied ligt dan links van je, het hogedrukgebied rechts’

© Het Gilde van Molenaars

8.4 DRUKGEBIEDEN EN DE MOLEN

8.4.1 Een lagedrukgebied trekt naar en over ons land

Als een lagedrukgebied via Zuid Engeland naar ons land trekt (fig. 8.4.1.1) zal in eerste instantie de luchtdruk gaan dalen. Tik maar eens op de barometer. De wind zal een zuidelijke richting opzoeken. We zitten immers nog aan de voorzijde van het lagedrukgebied waar vrijwel altijd een zuidelijke stroming staat. Trekt vervolgens het lagedrukgebied precies over de molen heen dan ontstaat er een interessante situatie. We weten dat de wind tegen de wijzers van de klok in zal waaien. Dat gebeurt tot op zeer kleine schaal ook binnen het lagedrukcentrum. De zuidenwind zal vlak voor het lagedrukcentrum eerst iets krimpen vanwege de ronde vorm van de kern en kan in kracht behoorlijk stevig zijn. De windsterkte hangt van de drukdalingen af en dus direct aan de afstand tussen de isobaren. Zijn de drukdalingen groot, dan liggen ook de isobaren dicht bij elkaar en waait het flink.

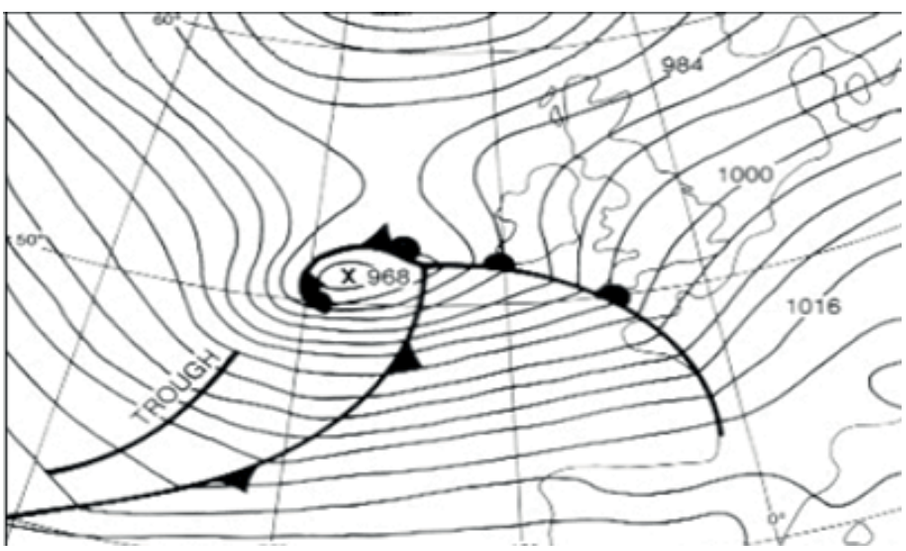


Fig. 8.4.1.1
Een diepe depressie trekt richting Nederland.

In de kern valt de wind bijna altijd zo goed als weg omdat er geen drukverschillen meer zijn en kan dan uit verschillende richtingen komen. Direct achter de kern zal de wind flink aantrekken en dan meteen uit het noorden tot noordwesten waaien. We bevinden ons dan achter het lagedrukcentrum met altijd een noordelijke wind. Hoe lang de winddraaiing duurt hangt helemaal af van hoe snel het drukcentrum zal passeren en hoe de vorm van de isobaren is. (bekijk de weerkaarten!)
Het gevaar van passage van het lagedrukgebied over de molen zit in de wind die meteen erachter in zeer korte tijd, soms enkele minuten, flink aan kan trekken uit een compleet andere richting.

© Het Gilde van Molenaars

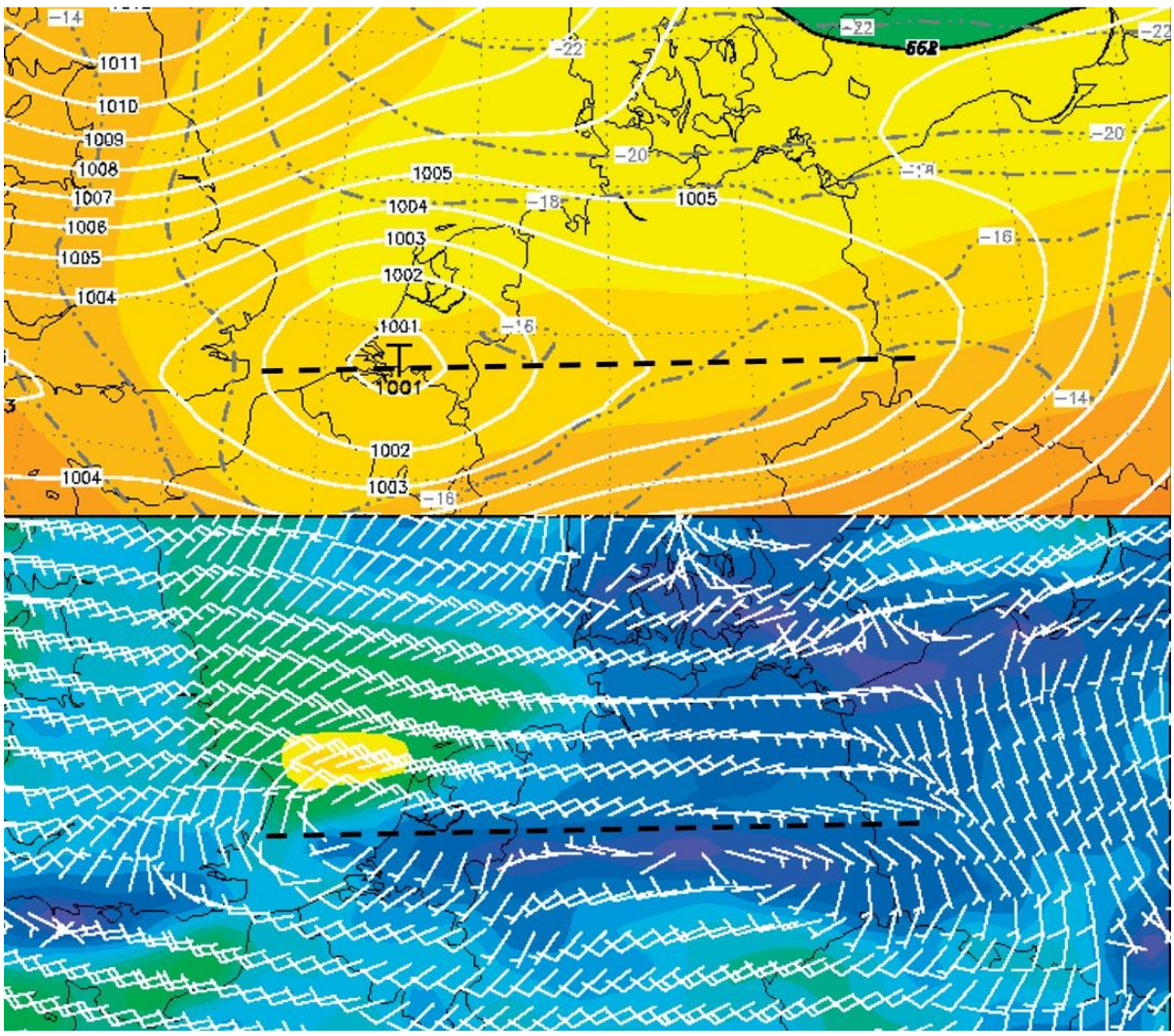


Fig. 8.4.1.2
De vorm van de isobaren is erg belangrijk om de windrichtingen te kunnen bekijken en volgen. De stippellijn is de 'as' van het lagedrukgebied. Hier ligt een flinke windsprong. De bovenste figuur geeft de luchtdruk weer middels isobaren, de onderste figuur geeft de windrichting voor hetzelfde tijdstip.

Trekt het lagedrukgebied ten zuiden van de molen langs dan zal de wind blijven krimpen tijdens de passage, van zuid naar zuidoost, oost, noordoost en vervolgens noord zodra het lagedrukgebied voorbij is. Vaak blijft de windkracht beperkt want aan de noordzijde van het lagedrukgebied zijn de luchtdrukverschillen maar klein vanwege de koudere lucht daar met minder grote temperatuur- en drukverschillen. Vaak hebben we dan ook te maken met zowel hoge, middelbare als lage bewolking met neerslag die bij de occlusie hoort die rond de kern draait. De molenaar laat bij een ten zuiden langstrekkend lagedrukgebied de kruiketting steeds voor krimpend kruien liggen.
Trekt het lagedrukgebied ten noorden van de molen langs dan krijgen we vaak te maken met de klassieke passage van het warmtefront, de warme sector en het koufront. (Fig. 8.4.1.1) Wellicht dat achter het koufront later nog een trog of occlusie overtrekt. De wind zal blijven ruimen tijdens de passage, van zuid naar zuidwest, west en vervolgens noordwest zodra het lagedrukgebied voorbij is. Deze passage gebeurt dan met windsprongen op de fronten.
De molenaar laat in deze situatie de kruiketting steeds voor ruimend kruien liggen.

Lagedrukgebieden kunnen echter ook van zuid naar noord (en andersom) over ons land trekken en dan ten westen of ten oosten van de molen passeren. Probeer met behulp van de afbeeldingen van het kleine lagedrukgebiedje hieronder (fig. 8.4.1.3) maar eens te beredeneren wat er dan gebeurt met de windrichting ten opzichte van de molen.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.4.1.3
Een klein lagedrukgebied trekt over het midden van Nederland naar het oosten, goed te zien aan de draaiende wind tegen de wijzers van de klok in. De windsnelheid is in knopen

8.4.2 Een klassieke stormdepressie trekt via Schotland naar Denemarken

Bij de zware stormdepressies die wij kennen trekt de kern van het lagedrukgebied vrijwel altijd via Engeland of Schotland naar het O. of NO. Nederland zit dan aan de zuidzijde waar meestal de stormvelden voorkomen. Vóór het lagedrukgebied uit zullen we in eerste instantie te maken hebben met een rug van hoge druk en rustig weer. Achter de rug van hogedruk wordt de wind zuidelijk en trekt snel aan. De barometer gaat flink dalen en op een weerkaart ziet men de afstand tussen de isobaren boven Nederland snel kleiner worden, dus meer wind. De depressie ligt nu nog ten NW. van ons land en vaak heeft de wind nog de neiging om wat te krimpen naar het zuidoosten. Op hoogte loopt de hoge cirrusbewolking (opglij-bewolking van het warmtefront) snel binnen en de zon verdwijnt al spoedig achter de dikker en donker wordende bewolking. Vaak zal de wind aantrekken naar maximaal 5-7 Bft. De bewolking wordt op de nadering van het warmtefront dikker en steeds egaler totdat het begint te regenen en motregenen. Dat is het teken dat het warmtefront op hoogte al gaat passeren maar dat ook het einde van het front, waar het de grond raakt, niet meer zo ver weg ligt. Op het grond-warmtefront zal de wind plots ruimen en verdwijnt de meeste neerslag. Vaak begint ook de bewolking weer wat meer tekening te geven.
De temperatuur en vochtigheid stijgen want we komen nu in de warme sector. Met de windruiming zal meestal de wind snel verder aantrekken. In de warme sector zien we dat de wolken een enorme snelheid hebben. Meestal klaart het dan iets op, maar in het stormseizoen ook regelmatig niet. De barometer is gestopt met dalen en het lagedrukgebied ligt nu ongeveer ten noorden van ons land. Nu is het wachten op het koufront dat bij stormdepressies altijd stevig uitpakt.
Op de nadering van het koufront zien we dat de lucht weer donkerder wordt en vlak voor het koufront neemt de wind nog iets toe. Het koufront zelf bestaat meest uit een smalle band met hevige regen, windvlagen en soms onweer.
Bij een storm-lagedrukgebied waait er meestal vanaf 1 km hoogte al een windkracht 11 tot 12 Bft. en dit wordt alleen maar meer als men hoger de

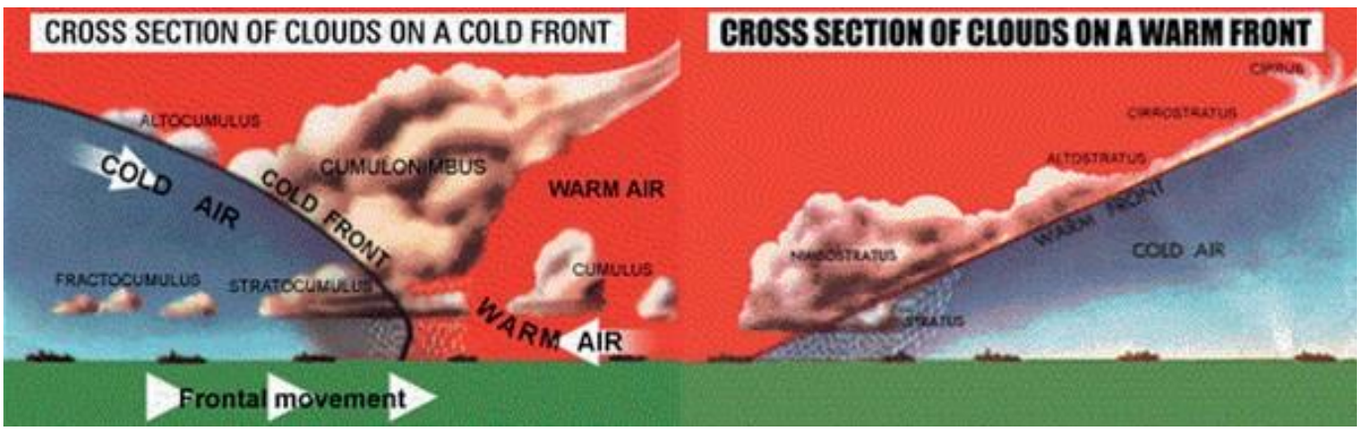


Fig. 8.4.2.1
Warmtefront, warme sector, koufront

troposfeer in gaat. Als het koufront over komt met een hoge treksnelheid (60-80 km/uur komt wel voor) zal bij het vallen van de eerste regen de wind al vlagerig worden. Vaak zit in de regen nog een felle maar smalle buienlijn 'ingebed'. En juist op deze buienlijn komt de regen met bakken uit de lucht, soms met hagel en daarbij zijn de zwaarste windstoten te verwachten, niet zelden ruim 80-120 km per uur. Deze buienlijn is goed via de radar te volgen maar ook visueel, ondanks dat het geheel bewolkt is en al wat regent. De buienlijn is vaak zeer scherp afgetekend en zeer donker met een duidelijk zichtbare neerslagband. Precies op

windsprong

deze buienlijn zal ook de windsprong plaatsvinden en komt direct de koude lucht binnen. De wind ruimt hier en dat kan snel gaan. Vaak neemt achter de buienlijn de wind wat af en de barometer vertoont even een stijging. Ook komen dan al vrij snel opklaringen het land binnen want de luchtsoort is anders geworden, de temperatuur zakt en de relatieve luchtvochtigheid daalt snel.
De barometer begint vervolgens snel te stijgen, (teken van veel wind in aantocht)

knijpveld

en vaak trekt er nog een trog over het land met flinke buien en een 'knijpveld' (isobaren komen dichter bij elkaar te liggen), wat betekent dat de wind al vrij snel weer gaat aantrekken.
De wind komt nu immers over zee met nauwelijks afremming door het gladde wateroppervlak. Ook boven land trekt de wind flink aan en aan zee stormt het.

Er komen flinke windvlagen voor want er zijn twee dingen anders geworden:

1. Achter het koufront is de lucht onstabiel geworden. De tropopauze komt ineens een flink stuk lager te liggen in en rond de depressiekern en daarmee ook de koude lucht op hoogte. Daardoor neemt de onstabiliteit en de buiigheid toe.

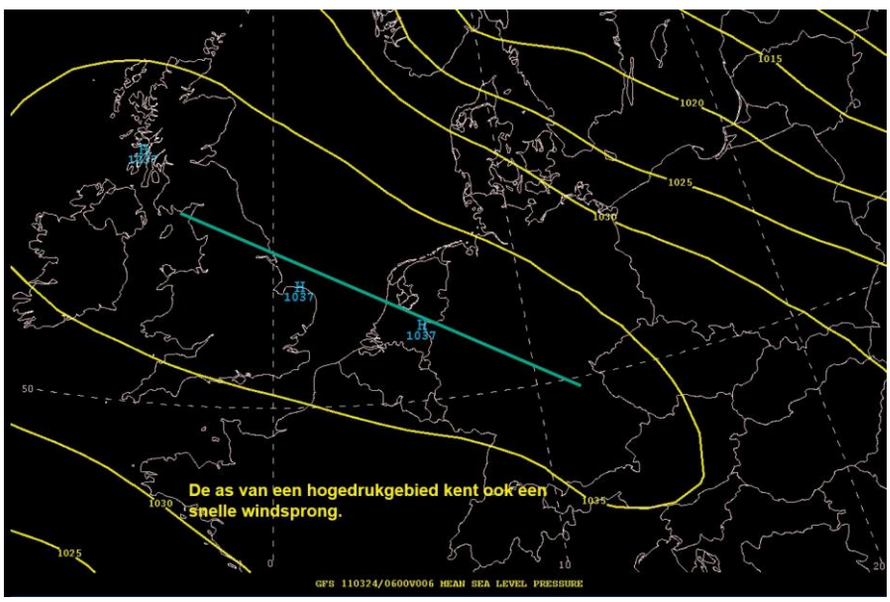
2. Tijdens losse buien en troggen komen forse windstoten voor want die laten de neerslag een interactie ondergaan met de stormwinden boven ons hoofd.

De depressie ligt nu ten NO. van ons land. Als de trog zelf over trekt is er een maximum in de windsnelheid met vaak een buienlijn die overtrekt. Hierachter volgen nog losse buien maar de stijging van de barometer begint af te vlakken en de wind neemt ook af. Wel kunnen buien nog steeds forse windstoten geven, want de wind op hoogte neemt vaak langzamer af dan aan de grond!
Uiteindelijk zal een rug van hogedruk zich over ons land opbouwen vanaf Engeland en in die rug van hogedruk valt de naar noordwest gedraaide wind dan geheel weg. Achter de rug van hogedruk kan de cyclus dan opnieuw beginnen.

© Het Gilde van Molenaars

8.4.3 Een hogedrukgebied trekt over ons land

Ook tijdens de passage van een hogedrukgebied vindt er een flinke windsprong plaats en wel langs de as van het hogedrukgebied, ofwel de middellijn van de kern, ondanks dat hier nauwelijks wind staat en ook rondom de kern weinig wind staat.



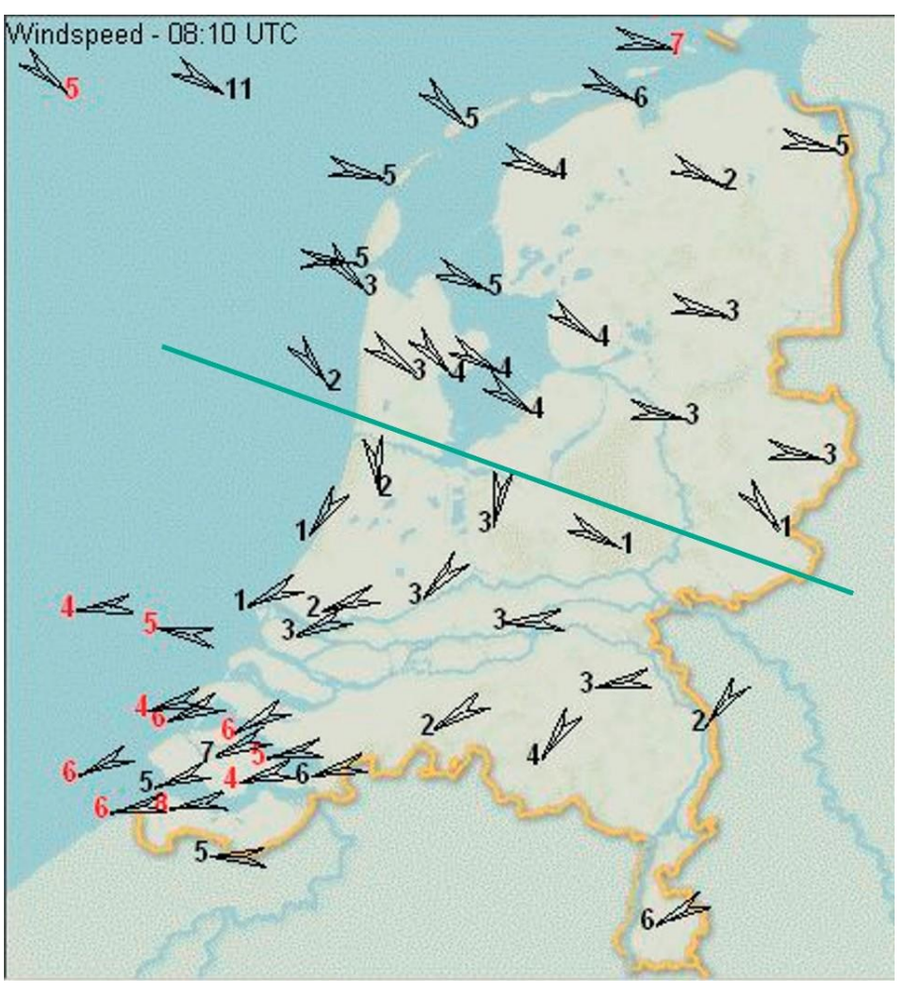


Fig. 8.4.3.1
Een as van een hogedrukgebied ligt boven Nederland. De kern van het hogedrukgebied kent een druk van 1037 millibar/hPa. De groenige lijn is de as van het hogedrukgebied met een windsprong.

8.5 WIND

8.5.1 Algemeen

Wind is lucht die stroomt van hoge naar lage druk. Wind kan men direct relateren aan isobaren en hun onderlinge afstand. Liggen isobaren dicht bij elkaar, dan is er een groot drukverschil en zal er veel stroming ofwel wind staan. Dit is kenmerkend voor lagedrukgebieden. Bij hogedrukgebieden liggen de isobaren ver uit elkaar, waardoor deze gekenmerkt worden door weinig wind.

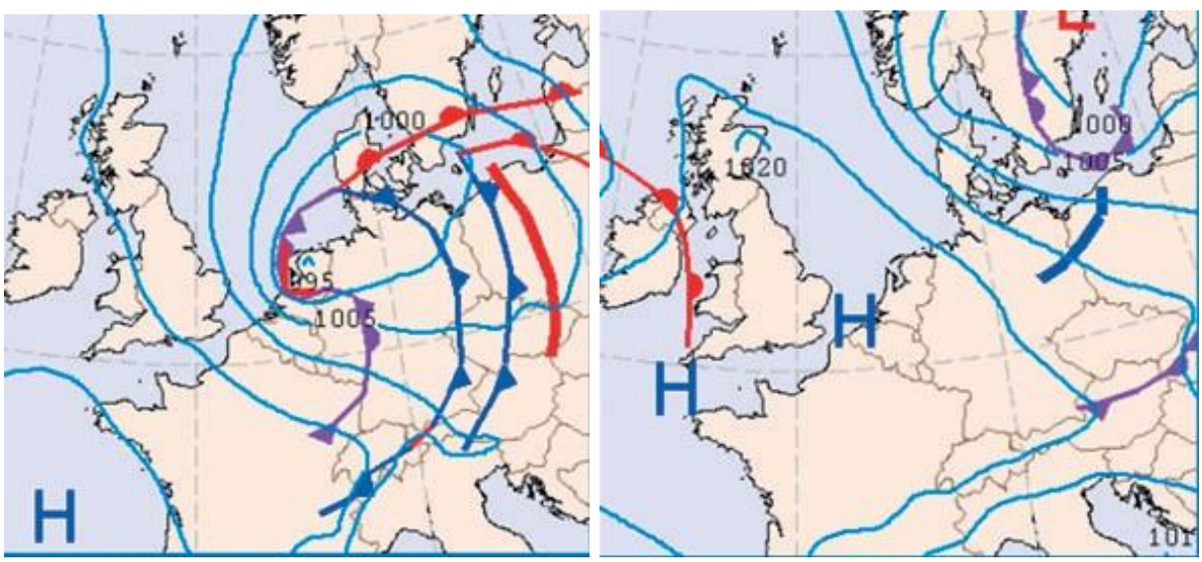


Fig. 8.5.1.1
Op het linker kaartje liggen de isobaren dicht bij elkaar en dat geeft veel wind langs de Nederlandse kust uit het NW. Op het rechter kaartje liggen geen isobaren boven Nederland en staat er nauwelijks wind.

8.5.2 Windsprong

Vrijwel elk front kent een windsprong, een verandering van windrichting. Hoe actiever een depressie, des te groter en duidelijker meestal de windsprongen zijn. Windsprongen kunnen in zeer korte tijd plaats vinden maar het kan ook wel een half uur duren voordat de wind is bijgedraaid. Het kan een windsprong zijn van 10 graden maar ook soms wel tot 90 graden. In extreme gevallen is een windsprong van 180 graden mogelijk, dit vooral bij occlusies en dooi-fronten in de winter.
Bij fronten die vanuit een westelijke richting overtrekken zal de wind vrijwel altijd ruimen.
Ook tijdens het overtrekken van een depressie kern kan de wind in korte tijd snel van richting veranderen.

Windsprongen zijn meestal goed te zien op de weerkaart aan de hand van isobaren. Die maken dan een hoek met het front. Bij fronten die uit een andere richting komen dan het westen zitten ook windsprongen. Bekijk daarom de weerkaarten om te zien hoe de fronten over Nederland trekken en welke richting de wind zal draaien op het front.

© Het Gilde van Molenaars

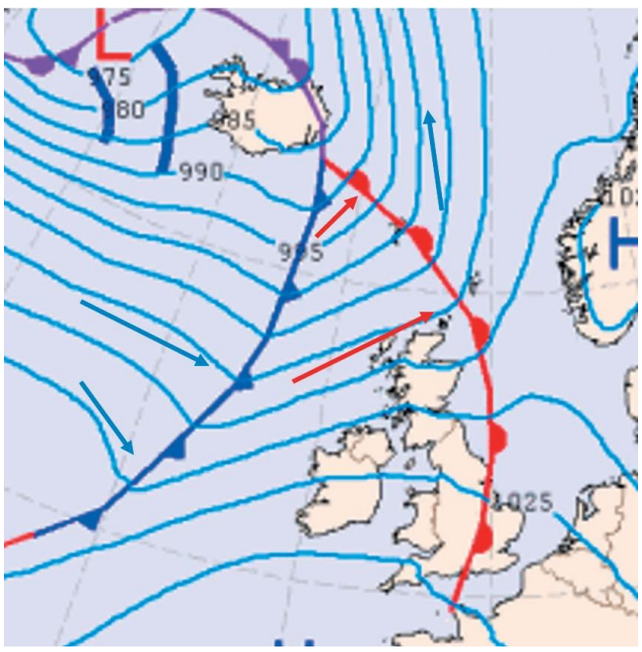


Fig. 8.5.2.1
Duidelijke windsprongen op de fronten. Goed is de knik te zien in de isobaren. De rode pijl geeft de windrichting aan in de warme sector. De blauwe pijlen geven de windrichting aan achter het koufront.

De windsprong komt precies op het front voor. Hier draait de wind. Dit kan, zoals eerder aangegeven, snel of langzaam gaan. Soms vind er echter geen windsprong plaats.

Let als molenaar goed op wanneer er een windsprong te verwachten is en neem geen risico. De wind kan ineens uit een andere hoek komen. Is de hoekverandering groot en het vervolg niet te overzien stop de molen dan en zet deze op een veilige manier weg. Beoordeel na de verandering wat je verder gaat doen.

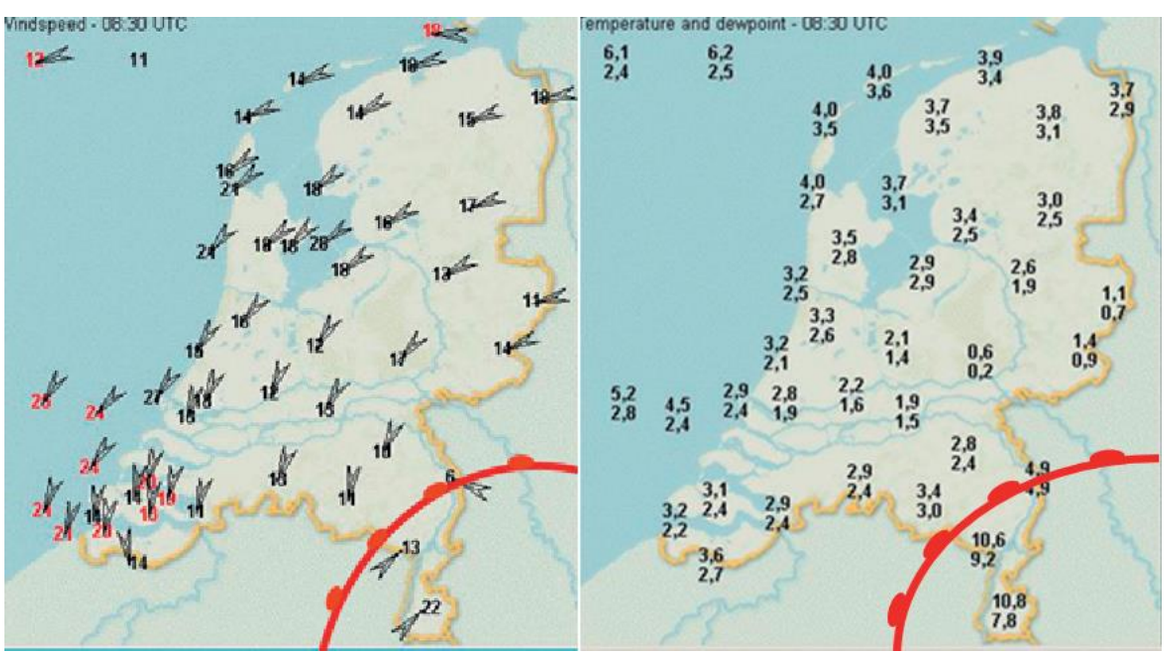


Fig. 8.5.2.2
Een warmtefront trekt over het zuidoosten van Nederland naar Duitsland. Er zit een flinke windsprong rond het warmtefront (kaartje links) en ook de temperatuur maakt een forse sprong omhoog. (kaartje rechts).Het bovenste getal op het rechter kaartje is de temperatuur in graden, het onderste is de zogeheten dauwpunt temperatuur.

Een occlusie gaat ook vaak gepaard met een windsprong.

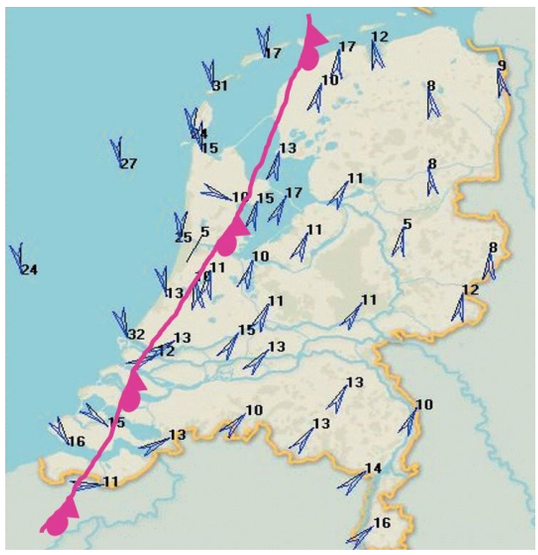


Fig. 8.5.2.3
De windsprong is enorm!

8.5.3 Windkarakter in de warme sector

In een warme sector staat meestal een stevige wind, zeker in de herfst, winter en lente. Dan is immers het drukverschil het grootst tussen de depressiekern en de omgeving.
Tijdens deze periode zal direct na passage van een warmtefront de wind flink toenemen en ook stevig door blijven waaien. De fluctuatie in windkracht is echter niet zo groot en ook de windstoten blijven erg beperkt.

8.5.4 Windkarakter op en achter een koufront

Vlak voor het koufront komt de meeste wind voor en dit duurt meestal totdat de neerslag is verdwenen. Na de neerslag, als het koufront voorbij is, is de wind gedraaid (geruimd) en neemt dan iets af. In veel gevallen neemt later de wind opnieuw toe maar ook komt het voor dat de wind gewoon flink blijft doorwaaien. Een en ander is altijd goed op een weerkaart te volgen aan de hand van de getekende isobaren.

8.5.5 Windkarakter rond troggen, vores en ruggen

Een trog (bel koudere lucht op grotere hoogte met meestal een buienlijn) gaat vaak gepaard met een zogenaamd ‘knijpveld’ in de isobaren. Daar liggen de isobaren dicht bij elkaar en maken bovendien ook een bocht. De wind neemt bij een trog toe tot een maximum. Achter de trog neemt de wind weer af. Een trog kent eigenlijk nooit een plotselinge windtoename. Dit gebeurt geleidelijk (enkele uren) maar kan wel tot hoge windsnelheden leiden. Er kunnen ook windstoten voorkomen tijdens de trogbuien.

Een vore kent gemiddeld genomen nooit grote windsnelheden. Vaak trekt de wind pas aan achter een vore vanwege de aanvoer vanaf de Noordzee. Ervoor waait dan bijvoorbeeld een zuidoostenwind. De wind klapt echter wel erg snel om, vaak direct op de vore.

© Het Gilde van Molenaars

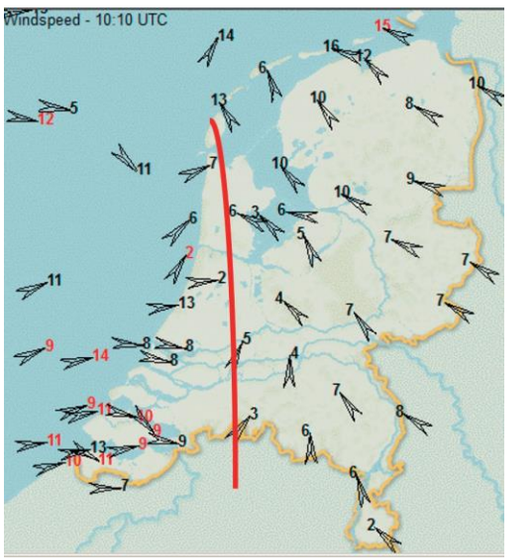


Fig. 8.5.5.1
Windsprong op een vore.

Een rug van hogedruk kent bij een flinke uitstulping in isobaren vrijwel altijd een zo goed als gradiëntloos gebied d.w.z. weinig luchtdrukverschillen en weinig isobaren waardoor een rug van hogedruk meestal amper wind op zal leveren.
In de rug-as, het gebied waar de wind omgaat van bijvoorbeeld noordwest naar zuidwest, staat meestal helemaal geen wind. Op de nadering van een rug van hogedruk neemt de wind geleidelijk af en valt vervolgens helemaal weg als de rug-as overtrekt.
Daarna is de wind gedraaid en zal weer geleidelijk toenemen. Vóór een rug uit staat meestal een wind tussen WNW. en N., achter de rug wordt hij zuidelijk als de verplaatsing van de rug van west naar oost over ons land is.
Een vlakke rug kent wel een gradiënt. De isobaren liggen er dichter bij elkaar. In deze ruggen van hogedruk blijft er wel wind staan.

8.5.6 De dagelijkse gang van de wind

Wind kent op rustige dagen een zogenaamde dagelijkse gang. Dit is een vast patroon dat de wind gedurende een rustige dag volgt, vanaf het vroege voorjaar tot aan de late herfst in het binnenland, dus in ieder geval op enige afstand vanaf de kust. Als er in de avond en nacht op leefniveau weinig wind te vinden is houdt dat niet in dat er nergens wind waait. Integendeel: regelmatig, maar niet altijd, blijft er op enige hoogte in de troposfeer (tussen 500 en 2000 meter) wel wind staan.
Daar merk je in de avond en nacht helemaal niets van, je hoort en ziet het niet, tenzij er lage wolken zijn, die met een flinke vaart voorbij komen. Dat de wind op leefniveau niet meedoet, komt omdat juist daar de afkoeling in de avond en nacht de lucht zo zwaar maakt dat de windsnelheid flink afneemt. Die afkoeling, die altijd aan de grond begint, is er niet op enige hoogte.
Zoals we al eerder gelezen hebben weten we dat koude lucht het zwaarst is. Tegen zonsopkomst is die lucht nabij het aardoppervlak te vinden, waar dan ook de laagste temperaturen zijn. Die zware lucht is in rust en staat zo goed als stil. Op enige hoogte, niet te merken aan de grond zoals hierboven beschreven, waait het wel. Als de zon na enige tijd hoger boven de horizon staat zal ze steeds beter de aarde kunnen verwarmen. Dat gaat echter niet gelijkmatig, want er zijn immers ook schaduwplekken. Door de zon verwarmde delen zullen snel opwarmen en warmer worden dan de lucht eromheen. Hier gaan warme luchtbellen opstijgen. Dit noemen we thermiekbellen. Ze zijn niet zichtbaar. In het begin zijn deze bellen nog maar een klein beetje warmer dan de omgeving en stijgen ze langzaam op. Doordat ze opstijgen ontstaat er plaatselijk een kleine onderdruk waardoor daar weer lucht

© Het Gilde van Molenaars

naar toe gaat stromen. Heel langzaam komt de lucht aan de grond zo in beweging Met het klimmen van de zon komen deze bellen echter hoger en worden ook groter want ze worden steeds warmer. De zon zorgt ervoor dat de temperatuur aan de grond steeds hoger wordt. Hierdoor worden de 'onderdruk' gaten groter en neemt de wind al iets toe. Dit gaat in de ochtend geleidelijk. Op een gegeven moment bereiken de warme bellen ook de windbanden die wat hoger in de troposfeer liggen en verstoren deze, waardoor ze deels naar beneden worden afgebogen. Hierdoor wordt de wind aan de grond vlagerig en kan dan wel toenemen tot 4-5 Bft. Kenmerk is het echt vlagerig zijn van de wind. Dit begint vaak rond elf uur in de ochtend en duurt tot een uur of vijf in de middag. Natuurlijk is dit effect het sterkst bij blauwe luchten waarbij de zon maximaal kan schijnen. In de loop van de middags daalt de zon weer en begint de warmtestraling af te nemen. De thermiekbellen zakken terug naar de grond en de stromingen komen weer tot rust. Ook wordt de wind die op enige hoogte waait dan niet meer verstoord en verdwijnen de windvlagen. Halverwege de avond is de wind dan weer helemaal weggevallen aan de grond. Dagelijkse gang vindt vooral plaats bij winden tussen west en noord, aangezien hierbij altijd koele lucht wordt aangevoerd die al relatief zwaar is en die in de avond extra snel kan afkoelen.

Tijdens dagen waarop bewolking ontstaat zal de wind afnemen. Omdat deze bewolking de zon afschermt neemt de zonnestraling ter plaatse af en daarmee ook de warmte. Hierdoor wordt de thermiek minder en komt de lucht wat tot rust.

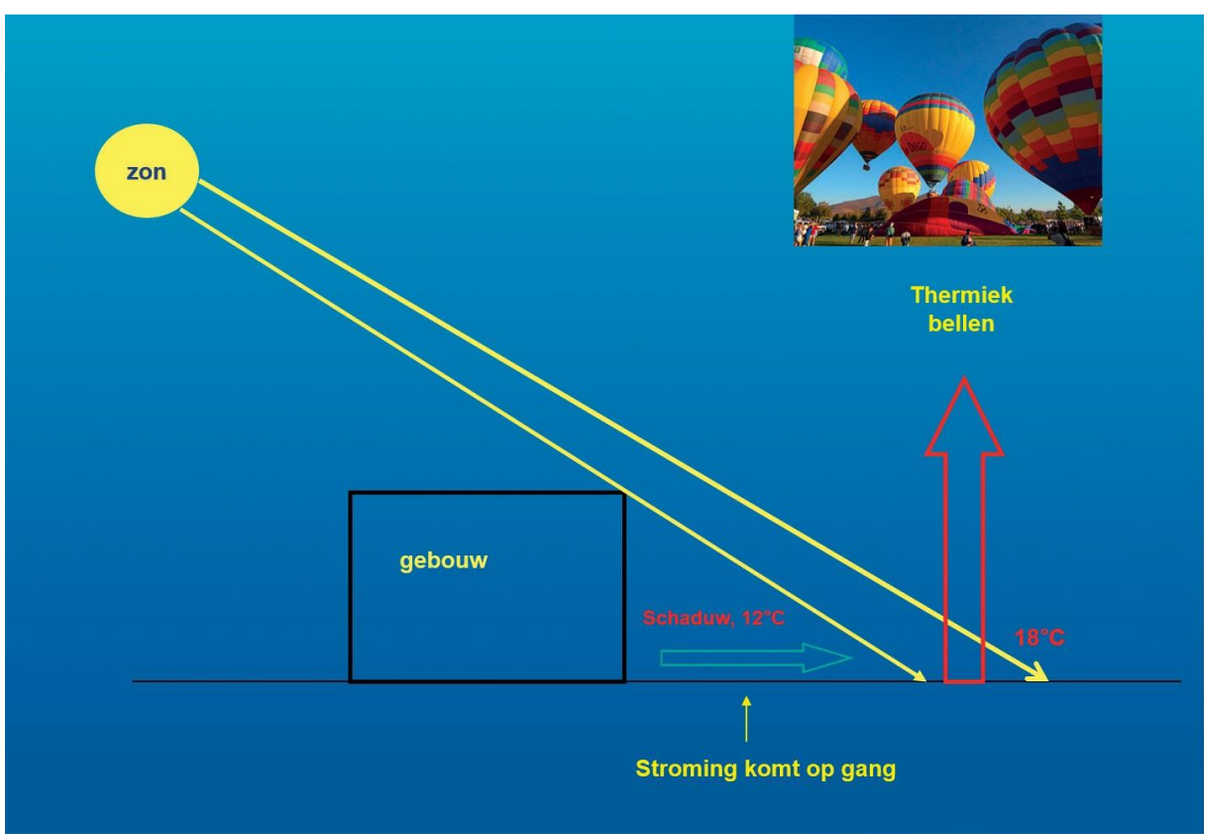


Fig. 8.5.6.1
In de ochtend begint de zon met het verwarmen van de aarde en begint lucht op te stijgen in de vorm van thermiekbellen.

8.5.7 Wind en landschap

Het landschap heeft een sterke invloed op het windgedrag en maakt de wind vlagerig. Hoe vlakker het landschap, hoe gelijkmatiger de wind zal waaien. Figuur 8.5.7.1 laat e.e.a. duidelijk zien. Dit effect kan men al merken bij obstakels die enkele honderden meters van de molen verwijderd zijn.

© Het Gilde van Molenaars

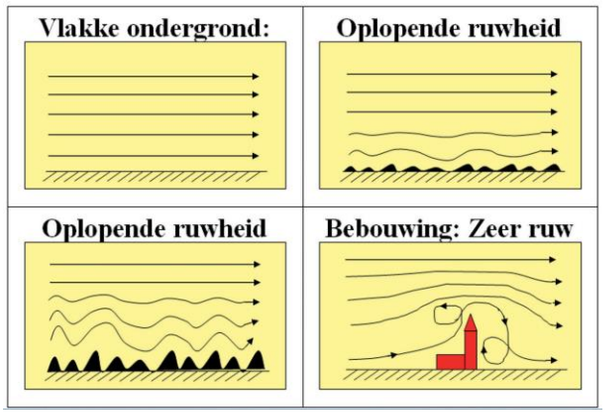


Fig. 8.5.7.1
Wind en landschap

Rond obstakels in het veld (bomen, bossen, huizenrijen, dijken, gebouwen, heuvels en duinen) vindt een lokale versnelling van de wind plaats waardoor de wind in kracht toe zal nemen. Dit noemen we het venturie-effect. Dit is goed waar te nemen op een molen die hier last dan wel profijt van heeft.

8.5.8 Zeewind

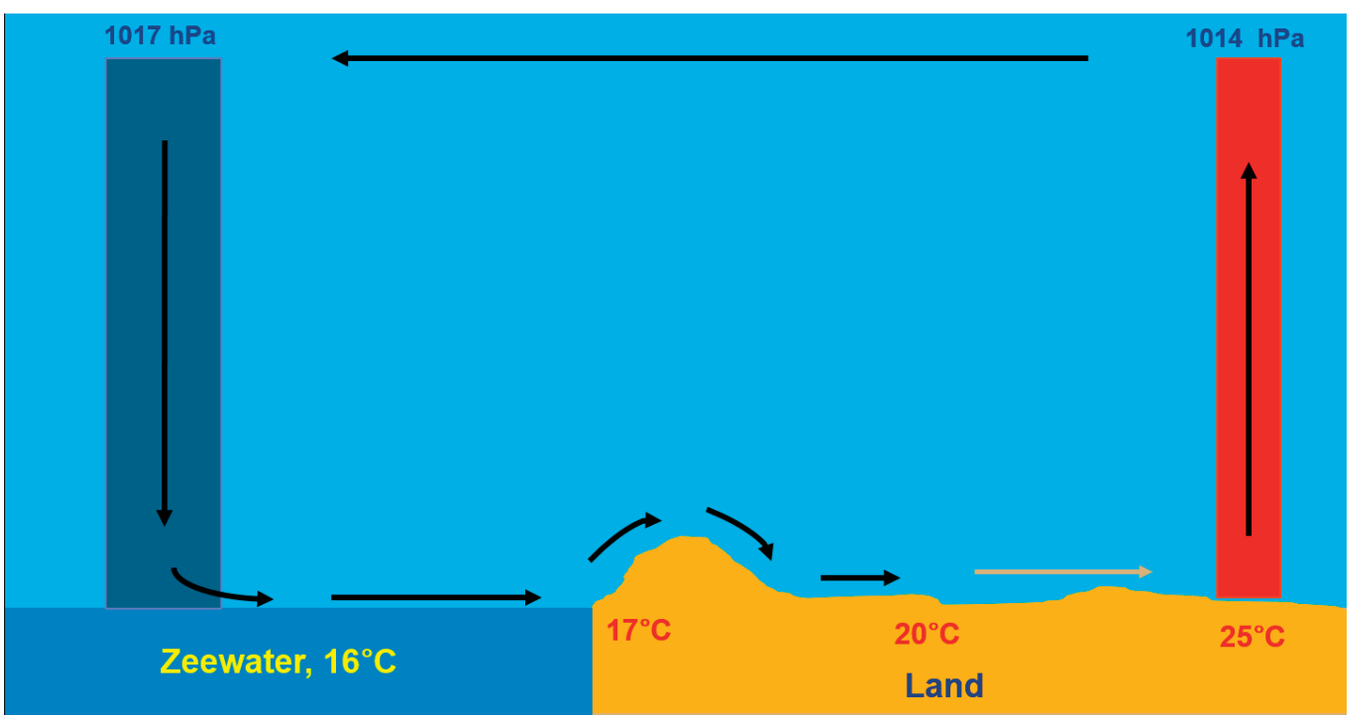


Fig. 8.5.8.1
De zeewindcirculatie

Zeewind is een circulatie van wind die voorkomt op warme dagen met een groot verschil in temperatuur boven zee en land. Het is een typisch voorjaars- en vroeg zomerverschijnsel als het zeewater nog relatief koud is. Hierbij trekt een meest zwakke wind vanaf zee in de late ochtend of vroege middag het land op. Dit kan alleen als de reguliere wind die vanaf het land waait, vaak tussen oost en zuid, een kracht heeft lager dan 3 Bft. Is de landwind hoger dan 3 Bft dan geeft deze zoveel tegendruk dat de zeewind niet op gang kan komen.
Door de flinke opwarming van het land in het voorjaar, kan het landinwaarts soms wel 25°C worden. Zeewater warmt dagelijks echter nauwelijks op door zonneschijn en blijft bijvoorbeeld vlak voor de kust 16°C. Hierdoor ontstaat door de warmte boven land (warme lucht stijgt immers op) een soort van mini-lagedrukgebied met stijgende luchtbewegingen en een iets lagere druk ten opzichte van haar

© Het Gilde van Molenaars

omgeving. Om dit luchttekort weer aan te vullen wordt lucht vanaf zee aangevoerd/ aangezogen. Hiermee draait automatisch de wind aan zee naar richtingen tussen west en noordwest en dan stroomt lucht vanaf zee het land binnen.
De kracht is meestal niet meer dan 2-3 Bft. Juist op het zeewindfront (grens koele zeelucht en warme landlucht) vindt flinke menging plaats en wordt de wind korte tijd vlagerig. Daarna zwakt de wind weer iets af en is dan gedraaid naar het zuidwesten tot noordwesten in het binnenland. Vaak begint de zeewind circulatie tussen 11 en 13 uur aan de kust en breidt zich dan landinwaarts uit. Hij stopt tegen het einde van de middag want dan begint de zon weer te zakken en het land af te koelen. Geleidelijk neemt de wind, in de avond en nacht, zijn oorspronkelijke richting dan weer aan. Het zeewindfront wordt vaak gekenmerkt door een wolkenbank en een duidelijk vochtigere luchtsoort die binnen stroomt. De verplaatsingssnelheid is laag. Doordat het front 6-7 uur nodig heeft om zich vanaf de kust het binnenland in te verplaatsen, komt het meestal niet veel verder dan halverwege het land. Het ontstaat tussen 11 en 13 uur en verdwijnt weer rond 17-18 uur.
Dit fenomeen komt ook zeer lokaal voor rond grotere plassen en meren en soms ook bij brede rivieren. Er zal dan altijd een zwakke wind waaien vanaf het koude water naar de warmere omgeving.

8.5.9 Windrichtingen en hun karakter

Verschillende windrichtingen, die hieronder genoemd worden, hebben vaak een eigen kenmerkend windkarakter.

ZW
Zuidwesten winden zijn de meest voorkomende winden in Nederland. Ze komen voor wanneer lagedrukgebieden (ver) ten noorden van ons land naar het NO. trekken en hogedrukgebieden boven midden Europa liggen. Het is een wind die meestal vlagerig is en in de nacht maar een fractie afneemt, zeker niet met depressies in de buurt. Hij kent in de winterperiode geen sterke dagelijkse gang. In de lente, zomer en vroege herfst kent deze windrichting echter vaak wel een sterke dagelijkse gang en op sommige dagen kan de wind een dagelijkse gang hebben van windstil naar wel 4-5 Bft in de middag.

W
Westenwinden kennen het hele jaar door een sterke dagelijkse gang. Meestal neemt tegen zonsondergang, in het binnenland, de kracht snel af. Buien trekken vaak bij deze windrichting over het land. Depressies liggen dan ten noorden van ons land en hogedrukgebieden ten zuiden van ons land.

NW
Noordwesten winden kennen een zeer sterke dagelijkse gang met tegen zonsondergang snel afnemende winden in het binnenland. Vaak trekken in deze stroming nog enkele buien mee. Dit is dan ook een echte buienwind met bovendien windstoten tijdens buien. Depressies veroorzaken deze wind wanneer ze ten NO. van ons land liggen met hogedruk boven Engeland en Ierland.

N
Noordelijke winden kennen een sterke dagelijkse gang met snel afnemende winden tegen het einde van de middag. Vaak trekken in deze stroming nog enkele buien mee. Depressies liggen dan al ten NO. van ons land met een hogedrukopbouw richting Schotland en de Noorse zee, ten westen van Noorwegen.

© Het Gilde van Molenaars

NO
Noordoosten wind is een vrij stabiele wind met vooral in de zomer een dagelijkse gang die vaak beperkt blijft. Deze wind heeft meestal te maken met een hogedrukgebied ten N. of NO. van ons land. Trekt een depressie zuid van Nederland langs dan zal de wind krimpen vanuit NO. naar NW.

O
Oostenwind is een vrij stabiele wind met vooral in de zomer een dagelijkse gang die vaak beperkt blijft tot een enkele Beaufort. Tot In de vroege zomer krimpt de wind, langs de kust tot enkele kilometers landinwaarts, meestal iets t.o.v. de reguliere wind als gevolg van het koude zeewater. Vaak wordt deze wind ook veroorzaakt door hogedrukgebieden ten N. of NO. van ons land. Deze winden kunnen soms dagen achtereen voorkomen en zullen ook in de nacht blijven doorwaaien.

ZO
Zuidoosten winden komen vooral voor tussen hogedrukgebieden boven het Europese vasteland en opdringende lagedrukgebieden boven Engeland en West-Frankrijk. Zeker in de herfst, winter en voorjaarsperiode kennen ze een lichte dagelijkse gang. Vaak ziet men dat de wind vanuit het zuiden begint te krimpen naar het zuidoosten. Meestal is dit een voorbode van een weersverslechtering omdat er een lagedrukgebied naderbij komt. Trekt het lagedrukgebied ten noorden van ons land langs dan zal de wind blijven hangen in de zuidoosthoek en niet verder doorkrimpen naar het oosten maar al snel ruimen naar het zuiden tot zuidwesten. Krimpt de wind wel verder door van zuidoost naar oost dan gaat de kern van het lagedrukgebied dicht in de buurt overtrekken.

Z
Zuidenwinden komen bij ons voor als een lagedrukgebied ten westen van ons land boven Engeland of de Atlantische Oceaan ligt. Hogedruk ligt dan ten oosten van ons. Deze wind kent een sterke dagelijkse gang in alle jaargetijden.

Dat winden vanuit het westen/noordwesten en noorden meestal in het binnenland rond zonsondergang snel afnemen, heeft alles te maken met de luchtsoort. Winden uit deze richtingen komen vrijwel altijd voor aan de achterzijde van een depressie, waarmee lucht vanaf noordelijke breedtes wordt aangevoerd. Deze lucht is vaak van oorsprong al vrij fris/koud, kent een lage relatieve vochtigheid en wordt snel kouder als de zon zakt en de temperatuur afneemt. Door de afkoeling wordt de lucht zwaarder en komt vrij snel tot rust, ofwel: de stroming neemt snel af.
Noordoosten- en oostenwinden waaien meestal door, hoe koud of warm het ook is. Ze worden vaak veroorzaakt door krachtige hogedrukgebieden ten noorden van ons land boven Rusland en Scandinavië met altijd als tegenhanger een lagedrukgebied boven de Alpen of Italië. Hierdoor is er altijd stroming, ook bij zeer lage temperaren.
Meestal kennen winden uit het noordoosten tot oosten vooral in het voorjaar een sterke dagelijkse gang met in de kustgebieden de neiging tot krimpen en vaak, vlak bij zee, nog wat extra wind. Dit heeft met twee dingen te maken.

1. In het voorjaar is de lucht uit het noordoosten tot oosten meestal kraakhelder en erg droog. (lage relatieve luchtvochtigheid.) Hierdoor kan de zon maximale instraling geven, stijgt boven land de temperatuur snel en neemt ook de wind overdag snel toe.

© Het Gilde van Molenaars

2. De zee is nog koud, waardoor de wind aan zee gaat krimpen. Een oostenwind wordt dan noordoost, een noordoostenwind wordt dan noordelijk. Dit alleen vlak aan zee tot wellicht enkele kilometers landinwaarts. Het IJsselmeer heeft ook op deze manier invloed op de wind langs haar kustgebieden.
Stormwinden boven land en aan zee kunnen in Nederland vrijwel alleen maar voorkomen vanuit uit het zuidwesten, westen, noordwesten en noorden. Stormvelden komen vrijwel altijd aan de zuid-, west- en noordwestzijde van lagedrukgebieden voor, dit t.o.v. de kern van het lagedrukgebied.

Als afsluiting van deze paragraaf over wind de schaal van Beaufort

Kracht*	Benaming	Windgemiddelde snelheid over 10 minuten (km/u)	Windgemiddelde snelheid over 10 minuten (m/sec)	Uitwerking boven land en bij mens
0	stil	0-1	0-0,2	rook stijgt recht of bijna recht omhoog
1	zwak	1-5	0,3-1,5	windrichting goed af te leiden uit rookpluimen
2	zwak	6-11	1,6-3,3	wind merkbaar in gezicht
3	matig	12-19	3,4-5,4	stof waait op
4	matig	20-28	5,5-7,9	haar in de war, kleding flappert
5	vrij krachtig	29-38	8,0-10,7	opwaaiend stof hinderlijk voor de ogen, gekuifde golven op meren en kanalen en vuilcontainers waaien om
6	krachtig	39-49	10,8-13,8	paraplu's met moeite vast te houden
7	hard	50-61	13,9-17,1	lastig tegen de wind in te lopen of fietsen
8	stormachtig	62-74	17,2-20,7	voortbewegen zeer moeilijk
9	storm	75-88	20,8-24,4	schoorsteenkappen en dakpannen waaien weg, kinderen waaien om
10	zware storm	89-102	24,5-28,4	grote schade aan gebouwen, volwassenen waaien om
11	zeer zware storm	103-117	28,5-32,6	enorme schade aan bossen
12	orkaan	>117	>32,6	verwoestingen

© Het Gilde van Molenaars

8.6 WOLKEN

8.6.1 Algemeen

Wolken komen voor tussen 15 meter vanaf de grond tot in extreme gevallen 17 kilometer hoogte. Wolken bestaan, afhankelijk van de hoogte waarop ze voorkomen, uit zeer kleine waterdruppels, onderkoelde waterdruppels of ijskristallen.
Onderkoelde waterdruppels zijn waterdruppels met een temperatuur onder het vriespunt maar dan nog steeds in vloeibare vorm. Ze komen voor bij temperaturen tussen 0 en -12°C, ergens tussen 1 en 5 km hoogte. De hoogte is sterk afhankelijk van het jaargetijde.

8.6.2 Wolken indeling

Wolken zijn in te delen in 4 hoofdcategorieën, t.w. lage, middelbare en hoge wolken en stapelwolken. Zie voor hoogten in de troposfeer figuur 8.6.2.1

lage wolken
Lage wolken komen voor onderin de troposfeer tussen 15 meter en ongeveer 2 km hoogte. Deze wolken bestaan meestal uit waterdruppels en in het winterseizoen ook uit onderkoelde waterdruppels en ijskristallen.
Enkele voorbeelden zijn:
Stratocumulus (Sc), Stratus (St) en Cumulus (Cu), die zich ook meestal vormt op deze hoogte.

middelbare wolken
Middelbare wolken komen voor tussen gemiddeld 2 en 5,5 km hoogte. Ze bestaan uit waterdruppels, onderkoelde waterdruppels en ijskristallen.
Enkele voorbeelden zijn:
Altocumulus (Ac), Altostratus (As).

hoge wolken
Hoge wolken komen voor boven 5,5 km, waar het altijd vriest, en bestaan uit ijskristallen. Ze zijn fijn van structuur en kennen prachtige vormen. Vormen ze een dikkere laag dan zie je de zon als door matglas en deze wolken moeten wel erg dik worden wil je de zon niet meer kunnen zien.
Enkele voorbeelden zijn:
Cirrus (Ci), Cirrocumulus (Cc) en Cirrostratus (Cs)

stapelwolken
Stapelwolken vormen een aparte categorie, aangezien hun wolkenbasis ergens tussen 50 meter en 2 km hoogte ligt en ze door kunnen groeien tot aan de tropopauze. Ze vormen een massieve wolk zonder onderbrekingen**.**
Voorbeelden:
Cumulus (Cu) en Cumulonimbus (Cb)

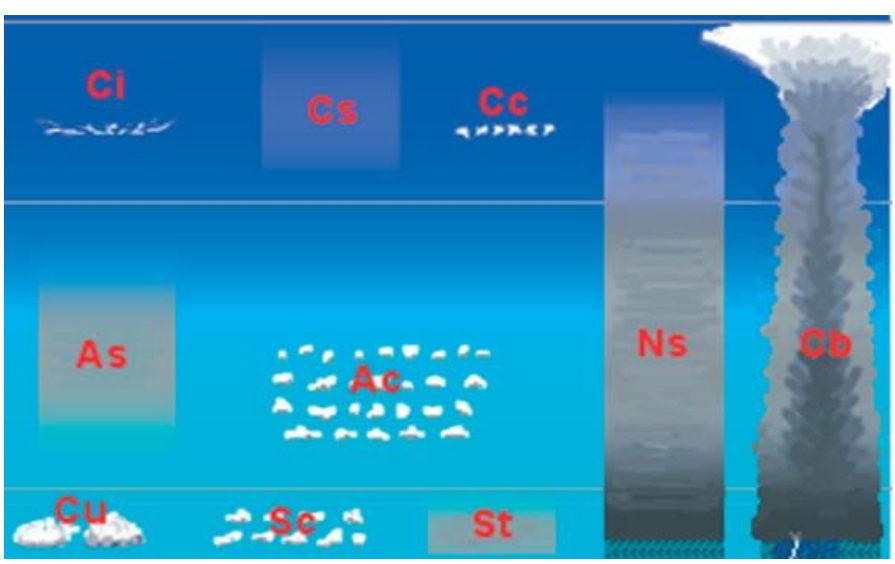


Fig. 8.6.2.1
Verdeling wolkensoorten met hoogten in de troposfeer waar ze gemiddeld voorkomen. Nimbostratus (Ns) komt voor bij een warmtefront.

Fig. 8.6.2.2
Cirrostratus (Cs, hoge wolken) met rechts de zon en links een regenboogkleurige vlek ofwel een linker bijzon. Verder komen enkele contrails (vliegtuigstrepen) voor. Op deze foto neemt de hoeveelheid bewolking snel toe ofwel de lucht wordt snel vochtiger op grote hoogte. Er is een storing in aantocht.

Fig. 8.6.2.3
Cirrocumulus (Cc, hoge wolken) met enkele contrails. Deze bewolking vormt vaak een restant van een oud front.

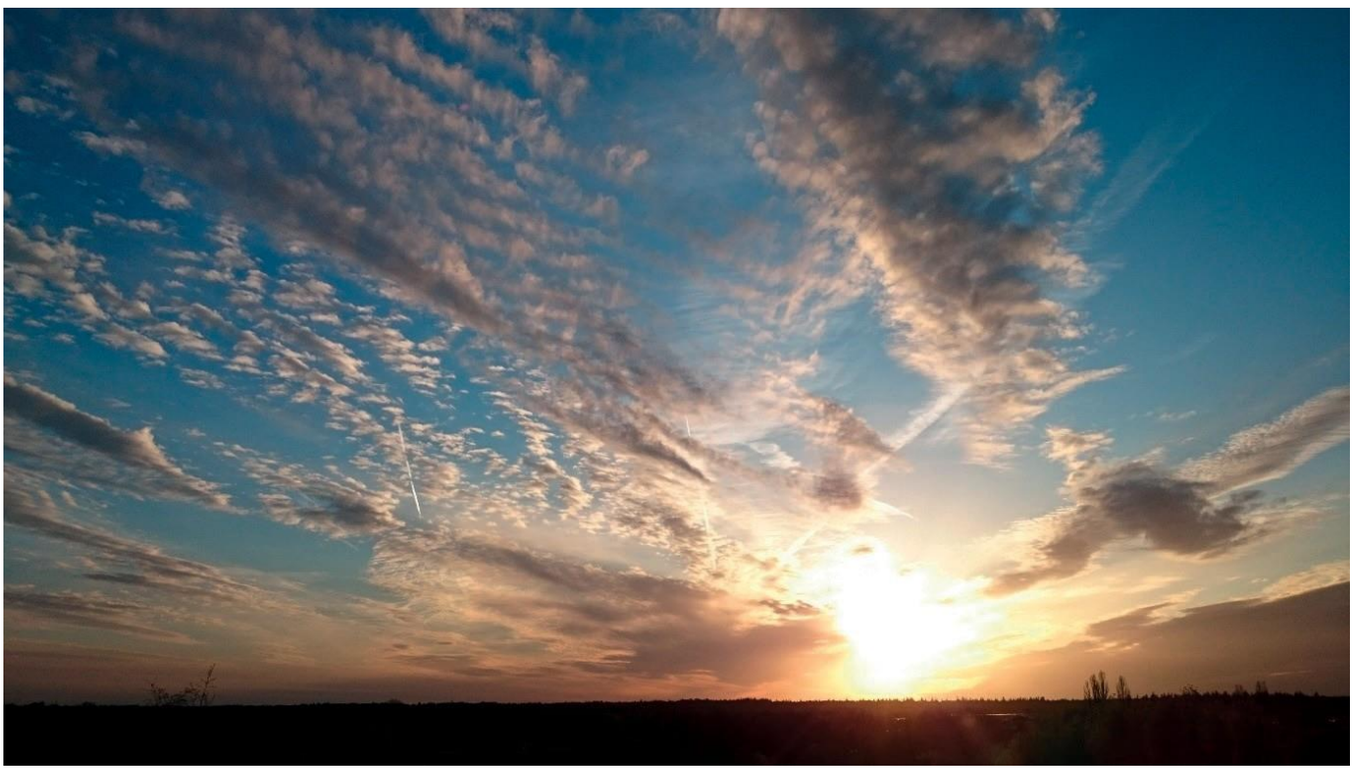


Fig. 8.6.2.4
Cirrus (Ci). Er nadert mogelijk een warmtefront.

Fig. 8.6.2.5
Altocumulus (Ac). Meestal een restant van een oud front, dat geen activiteit meer heeft.

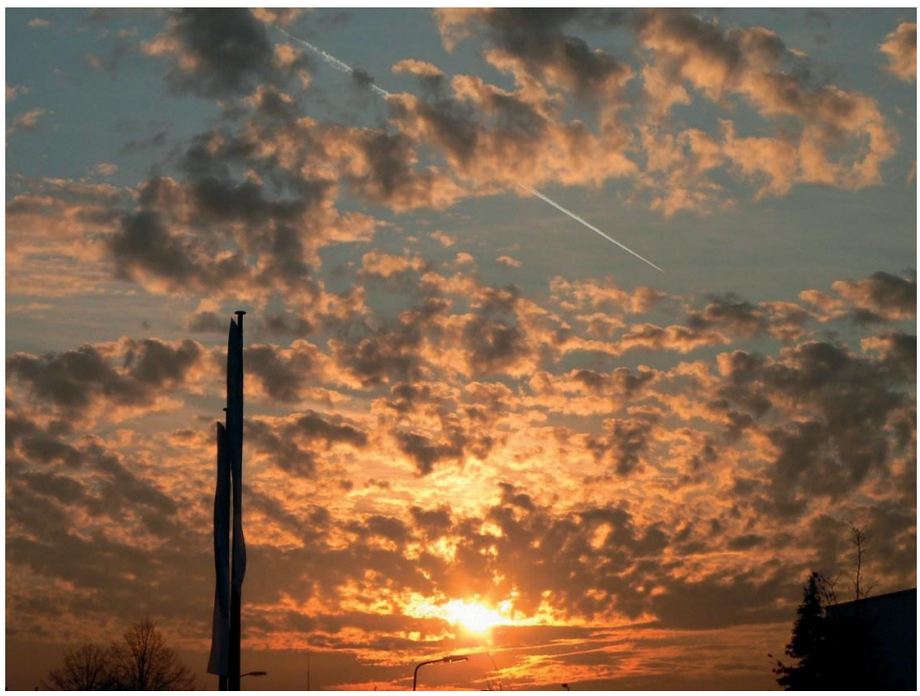


Fig. 8.6.2.6
Altocumulus (Ac) tijdens zonsopkomst kan duiden op onstabiliteit en buien later op de dag.

Fig. 8.6.2.7
Stratus. Stratusflarden trekken weg terwijl drogere lucht achter een koufront ons land binnenstroomt. Hogerop ziet men nog de frontale achterkant van het koufront.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.6.2.8
Stratocumulus

8.6.3 Wolken bij een warmtefront

geleidelijk

Een warmtefront bestaat uit warmere lucht die geleidelijk tegen koude lucht opkruipt/opglijdt over een groot en breed gebied. Hierdoor ontstaan bepaalde wolkensoorten. Vóór het warmtefront uit ontstaan op grote hoogte (6-10 km) Cirrus en Cirrostratus. Dit zijn wolken die geheel bestaan uit ijskristallen. Eerst komen er toefjes bewolking voor maar al snel trekt de hele lucht dicht en wordt melkwit. Vaak zijn dan ook halo's te zien, kringen om de zon. Naarmate het warmtefront in de troposfeer dichter bij het aardoppervlak komt, wordt de wolkenlaag steeds dikker en gaat over in Altostratus (As). Hieruit kan dan al wat regen vallen. We zitten dan halverwege het warmtefront. Uiteindelijk komt vóór het grondwarmtefront de Nimbostratus (Ns) met regen en motregen. Omdat het opglijden van warme lucht over koude lucht geleidelijk gaat, ontstaat ook de neerslag op een vrij rustige manier en is er vaak sprake van regen en motregen. De lucht wordt steeds stabieler want de koude laag neemt immers af in dikte en de warmte komt steeds lager. Achter het grondwarmtefront komen we in de warme lucht (warme sector) en zal de meeste regen verdwijnen. In de zomer klaart het vaak iets op, in de winter zien we vaak dat er veel bewolking overblijft, vooral lage bewolking met soms nog wat motregen.

8.6.4 Wolken bij een koufront

flinke snelheid

Bij een koufront stroomt koude lucht vrij snel onder de warme lucht en duwt die omhoog met een flinke snelheid en over een relatief korte afstand. Hierbij ontstaat vaak buiige regen, soms met onweer. Dit zijn vooral Cumulonimbussen (Cb) met daaromheen vaak andere wolkensoorten zoals Altocumulus (Ac). Vooral tijdens stormdepressies komt vaak een smalle, zeer actieve buienlijn voor. Meestal gaat de lage bewolking in de warmte sector naadloos over in de bewolking van het koufront, zeker in de winter. Het koufront zelf is dan moeilijk te herkennen.
Achter het koufront zakt de temperatuur en de luchtvochtigheid zodat opklaringen voor kunnen komen. Echter, door het kouder worden van vooral de lucht op grotere hoogte (de tropopauze komt immers omlaag want je zit onder de invloed van een lagedrukgebied) zal de onstabiliteit toenemen en meestal zullen zich al snel Cumulonimbus (Cb), ofwel buien, aandienen.

© Het Gilde van Molenaars

8.6.5 Wolken bij een occlusie

Een occlusie bestaat uit een wolkengebied met buiige regen, die vaak enige uren duurt. Het gaat hier dan ook om Cumulonimbus vermengd met andere wolkensoorten.

8.6.6 Stapelwolken

Stapelwolken ofwel Cumuluswolken (Cu) vormen zich altijd op enige hoogte in de troposfeer. Daar waar hun basis zich vormt, ligt het zogenaamde condensatiepunt. Daar is de luchtvochtigheid gestegen tot 100% waarna de waterdamp condenseert en zich de wolk vormt. Dit condensatiepunt ligt elke dag op een andere hoogte maar alle stapelwolken die zich overdag vormen zullen wel vanaf dat punt omhoog groeien. De bovenkant noemen we de wolkentop.
Stapelwolken vormen zich door thermiekbellen die in een onstabiele troposfeer opstijgen en afkoelen. Door deze afkoeling neemt de relatieve vochtigheid (RV) toe in de thermiekbel en wanneer deze RV 100% bereikt wordt de wolk gevormd. Zolang de lucht onstabiel blijft zal deze wolk naar boven blijven groeien. De lucht om de wolk heen koelt dan namelijk harder af dan de wolk zelf ofwel de wolk blijft warmer dan de omgeving en houdt dus stijgkracht. Kan hij zover groeien dat de top van de wolk ruim onder het vriespunt komt te liggen dan kan er een bui uit gaan vallen. Blijft de wolk kleiner, dan blijft het een wolk zonder neerslag of alleen maar met wat lichte neerslag.
Ook komen zonnige dagen voor zonder dat zich ook maar één wolk zal vormen. Dan zijn er wel onzichtbare thermiekbellen maar die kunnen niet hoog genoeg stijgen om wolken te vormen. De lucht is dan te stabiel en te droog.

Fig. 8.6.6.1
Cumulus.
De wolkenbasis is erg plat; van daaruit groeit een stapelwolk omhoog.
Alle stapelwolken op de foto hebben hun wolkenbasis op dezelfde hoogte maar door het zogenaamde 'coulissen effect' lijkt het of de voorste wolken een hogere basis hebben.

8.6.7 De dagelijkse gang van stapelwolken

Een rustige voorjaarsdag begint zonnig met vaak een strakblauwe lucht. De zon neemt toe in kracht en met het oplopen van de temperatuur stijgen ook de thermiekbellen omhoog. Die komen aanvankelijk nog niet zo hoog dat ze wolken kunnen vormen maar later in de ochtend lukt dat wel omdat het warmer wordt. Dan vormen zich de eerste kleine stapelwolken. Doordat de zon steeds hoger komt te staan neemt de temperatuur toe en zal tussen 14 en 16 uur een maximum bereiken. De thermiekbellen zijn dan op hun krachtigst (hoogste temperatuur aan de grond) en de wolken zijn dan op hun grootst met wellicht enkele buien, als de troposfeer onstabiel genoeg is. Na 16-17 uur begin de temperatuur weer

© Het Gilde van Molenaars

af te nemen en worden de thermiekbellen minder krachtig. De wolken verliezen hierdoor hun voeding en zullen langzaam in gaan zakken. Ook de buien zullen langzaam minder actief worden en in aantal afnemen. In de avond lossen de laatste wolkenresten op en rond zonsondergang is de lucht weer strakblauw geworden. De volgende dag speelt zich dan wellicht hetzelfde weer af.

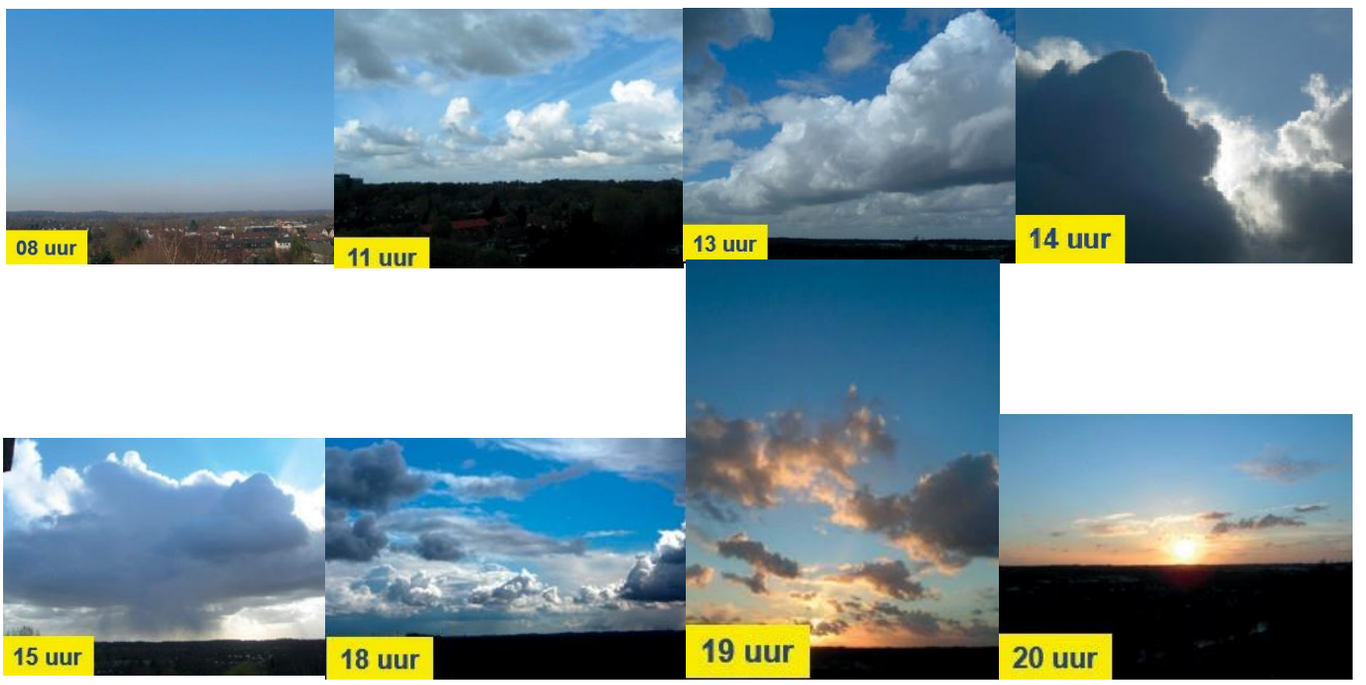


Fig. 8.6.7.1
Wolkenvorming gedurende een normale dag. Van strakblauwe lucht in de ochtend via een kleine bui in de middag naar weer een mooie blauwe lucht in de avond.

8.7 NEERSLAG

8.7.1 Neerslag in fronten

Neerslag ontstaat vooral op hoogte in de wolken, bij temperaturen tussen -10 en -20°C. Daar gaan wolkendeeltjes over van vloeibaar onderkoeld naar ijskristallen. Die ijskristallen worden bij deze temperaturen steeds groter en groeien ten koste van de onderkoelde waterdruppels. Uiteindelijk vallen de zware ijskristallen als sneeuwvlokken naar beneden. Dit gebeurt zowel in de zomer als in de winter. Buiten het winterseizoen om is het vaak onder de bui te warm en zal de sneeuw smelten en als regen naar beneden vallen. Zelfs zomers bij 35°C zal het hoog in de bui nog sneeuwen want die -10 tot -20°C is een absoluut vereiste voor de neerslagvorming. Op deze manier wordt 95% van al onze neerslag gevormd. De overige 5% neerslag wordt gevormd doordat kleine wolken en regendruppels tegen elkaar aan botsen, groeien en dan vallen. Dit komt vooral voor bij lage bewolking en dan is er sprake van motregen.
Bij warmtefronten wordt de bewolking door opglijding vrij langzaam en gelijkmatig door die luchtlagen met -10 tot -20°C omhoog geduwd, zodat neerslagvorming in de regel rustig zal plaats vinden. Het kan in sommige gevallen echter ook flink regenen bij warmtefronten.
Bij koufronten is dit juist net andersom: hier wordt lucht met grote snelheid omhoog geduwd waardoor de wolken snel afkoelen en tot neerslag leiden. Dit kan heftig gaan.

8.7.2 Neerslag in buien

Bij buien wordt neerslag op dezelfde manier gevormd als in fronten. Echter e.e.a. gebeurt veel heftiger. Buien transporteren met flinke snelheid wolkendeeltjes omhoog door de temperatuurlagen zodat die deeltjes veel sneller en massaler in sneeuw omgezet kunnen worden. Hierdoor is de hoeveelheid neerslag groter en kan ook in korte tijd ineens op gang komen. Vervolgens smelt de sneeuw meestal weer tot regen. Bij buien kan de neerslagproductie geleidelijk op gang komen of ineens. Groeien buien bij erg onstabiele lucht hard de troposfeer in dan worden er in korte tijd zeer grote hoeveelheden sneeuw gevormd die dan massaal naar beneden komen als flinke regenval. Groeit een bui langzaam dan zal de regen rustig beginnen en steeds heviger worden. Het spreekt voor zich dat het ’s winters wanneer het koud genoeg is, uit buien flink kan sneeuwen.
Buien kennen twee verticale stromingsrichtingen; de eerste is verticale stroming omhoog die de wolk laat ontstaan en een tweede is verticale stroming omlaag met neerslag. Zodra de stroming naar beneden de overhand krijgt zal een bui geleidelijk uitregenen en verdwijnen.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.7.2.1
Een sneeuwbui trekt in de verte weg.

Fig. 8.7.2.2
Een kleine maar felle regenbui in aantocht.

8.7.3. Neerslagsoorten

Regen valt uit fronten (scheidslijnen tussen luchtmassa's) en buien en komt het hele jaar voor in Nederland. Regen is de meest voorkomende neerslagsoort. Het kan zacht motregen tot stortregenen. Zoals eerder gezegd ontstaat bijna alle regen het hele jaar door als sneeuw op grote hoogte. Die sneeuw smelt vervolgens tijdens het vallen naar de aarde.
Regen maakt een molenomloop (stelling) glad en stortregen beperkt het zicht flink en kan voor windstoten zorgen. Zie je in de verte flinke regenval aankomen of een zogenaamd regengordijn, houd dan altijd rekening met windstoten.
Sneeuw is de eerste vorm van neerslag die ontstaat en zolang de temperatuur onder de bui of in/onder het front laag genoeg blijft, zal de sneeuw ook het aardoppervlak bereiken.
Sneeuw is weer onder te verdelen in natte en droge sneeuw. Natte sneeuw valt bij temperaturen tussen 0 en 3°C en is echte plaksneeuw, die vaak ook uit grote vlokken bestaat. Het kan snel wegsmelten maar ook aan alles vastplakken, ook aan molendelen. Natte sneeuw heeft een flink gewicht. Natte sneeuw geeft aan dat de sneeuwvlok naast ijskristallen ook deels uit water bestaat en die combinatie is zwaar, zeker in grotere hoeveelheden. Er kunnen gemakkelijk enkele honderden kilo's aan natte sneeuw op de molen afgezet worden. Zeilen en het gevlucht worden zwaar en de omloop of stelling glad.
Vanaf 0°C en lager valt er droge sneeuw, die geheel uit ijskristallen bestaat. Droge sneeuw plakt dan ook niet en zal zich niet afzetten op een molen, wel ophopen. Hoe lager de temperatuur bij sneeuwval, des te kleiner de vlokken zullen worden. Sneeuw maakt molendelen glad en er is natuurlijk kans op bevriezing. Sneeuw kan zich ophopen op windluwe plaatsen en de kleine ijskristallen kunnen door de kleinste spleten en gaatjes naar binnen waaien.
Sneeuwbuien kunnen overigens verrassend forse windstoten geven. Dit komt door het relatief grote oppervlak van de sneeuwvlokken die daarmee een flinke hoeveelheid lucht in beweging zetten. Deze lucht is van oorsprong al erg koud en heeft als gevolg van de lage temperatuur en de sneeuw een fors gewicht, dat de windstoten wat zwaarder maakt.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.7.3.1
Droge sneeuw op 'De Windhond' te Soest. Kleine, fijne vlokken die gemakkelijk ophopen.

Hagel valt alleen uit buien en komt het hele jaar voor.

Zomerhagel wordt in zware buien gevormd (vaak met onweer) en bestaat uit hagelstenen die uit heel hard ijs bestaan. In een zware zomerse bui waar grote hoeveelheden sneeuw gevormd worden vinden zeer heftige bewegingen naar boven en naar beneden plaats.

Door deze op en neer gaande beweging in de bui botsen de sneeuwvlokken tegen elkaar en worden flink samengedrukt tot een compact sneeuwballetje. Dit sneeuwballetje valt naar beneden en begint gedeeltelijk te smelten tijdens deze val. Vervolgens wordt het half gesmolten sneeuwballetje door een flinke beweging in de bui weer mee omhoog gevoerd waardoor de gesmolten buitenkant weer bevriest. Het botst opnieuw tegen sneeuwvlokken en onderkoelde waterdruppels en zo groeit het balletje uit tot een echte hagelsteen. Uiteindelijk zal deze door het toegenomen gewicht niet meer omhoog geslingerd worden maar als een hagelsteen naar de aarde vallen en onderweg gedeeltelijk smelten. In dit proces kunnen hagelstenen wel 6-8 cm in doorsnede worden. Snij je een hagelsteen door dan kun je precies aan de hoeveelheid ringen zien hoeveel keer hij in een bui op en neer geslingerd is. De zomerhagel bestaat uit heel hard ijs en kan flinke schade opleveren; een hagelsteen valt al snel met een snelheid van 50 tot 120 km/uur. Ze vallen dan ook met een flinke tik op de grond en spatten niet zelden in kleinere stukjes uiteen.
Grote hagel valt bij zware zomerse onweersbuien vaak aan de voorzijde uit het aambeeld omlaag, vlak voordat de regen begint. Bij minder zware buien zijn er vaak hagelzuilen aan de voor- en zijkant van een bui te zien, die wittig oplichten. Hagelval kan spontaan optreden maar ook net zo snel weer verdwijnen en is altijd erg lokaal. Voor hagel zal in het algemeen altijd in weersberichten worden gewaarschuwd.

© Het Gilde van Molenaars

Winterhagel valt in een koude troposfeer en zelfs kleine buien kunnen dan hagel geven, meestal tussen november en eind maart. Omdat de troposfeer bij deze hagel zo koud is, ontbreekt een smelt traject, waardoor er geen harde ijslaag gevormd kan worden. De hagelsteen blijft dan een compact bolletje samengeknepen ijskristallen. Vaak hebben deze bolletjes trouwens een puntzakvorm als het echt winters is, anders een mengvorm van bolletjes en puntzakjes.

Valt een winterhagelsteen op de grond dan plopt hij op de grond en veert vaak weer iets op. Het kan glad worden maar er is vaak geen schade. Overigens kan dezelfde bui soms hagel en sneeuwval door elkaar heen geven.

Fig. 8.7.3.2
Zomerhagel

Fig. 8.7.3.3
Winterhagel

Als het na een vorstperiode (minimaal een paar dagen een temperatuur onder het vriespunt ofwel enkele ijsdagen) begint te dooien dan hebben de grond en delen van de molen een temperatuur die onder het vriespunt ligt. Lucht warmt tijdens dooi vrij snel op maar vaste delen warmen veel langzamer op. Valt er dan regen (de temperatuur van de lucht is immers boven het vriespunt) dan valt deze regen op de nog bevroren ondergrond en op de molen. Hierdoor kan zich een ijslaagje vormen dat erg gevaarlijk kan zijn vanwege de extreme gladheid die ontstaat. Meestal valt deze regen niet in grote hoeveelheden zodat de afzetting op de molendelen beperkt blijft. Vaak duurt dit fenomeen niet veel meer dan een uur en dan zijn het aardoppervlak en de molendelen al zo ver opgewarmd dat het ijs verdwenen is.

IJsregen ontstaat wanneer er regen door een dikke koude luchtlaag boven de grond valt met temperaturen onder nul. Hierdoor bevriezen de regendruppels die er doorheen vallen en komen als een soort glasbolletjes op de grond te liggen. Ze klitten niet samen en geven ook geen afzetting op de molen. Het vriest in deze situatie, met op enige hoogte in de troposfeer een warmere luchtlaag die boven het vriespunt is, want er valt eerst immers regen die dan vervolgens bevriest. Het kan glad worden.

IJzel is de gevaarlijkste neerslagsoort en dat komt door het feit dat het zich overal direct op afzet. Het kan in grote hoeveelheden vallen en honderden kilo's ijs op de molendelen afzetten. IJzel kan een half uur tot soms wel enkele uren duren en komt eigenlijk elk jaar wel voor in ons land.

IJzel bestaat uit onderkoelde waterdruppels, die op een oppervlak vallen. De

© Het Gilde van Molenaars

waterdruppels hebben een temperatuur onder het vriespunt maar zijn nog wel vloeibaar**.** Door de schok die ze krijgen wanneer ze een voorwerp raken veranderen ze spontaan in ijs. Het vriest in deze situatie, met op enige hoogte in de troposfeer een warmere luchtlaag die boven het vriespunt is, want er valt eerst immers regen. Deze vorstlaag is echter dunner dan bij ijsregen. Hierdoor bevriezen de druppels niet tot ijsregen maar blijven ze onderkoeld.
IJzel kan in flinke hoeveelheden vallen en objecten topzwaar maken. 1 liter water is 1 kg ijs! IJsbrokken kunnen afbreken, ijspegels worden gevormd, zeilen worden planken etc. Het is wachten totdat de dooi goed heeft ingezet.
Vaak komt ijzel tegelijkertijd voor met sneeuw en ijsregen, aangezien de warme lucht een strijd moet leveren om op enige hoogte door te komen en de temperatuurverschillen niet erg groot zijn.

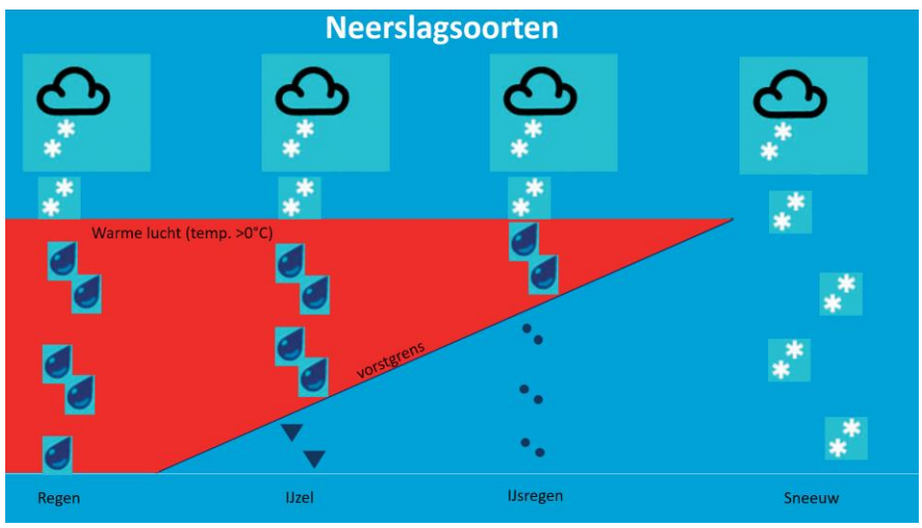


Fig. 8.7.3.4
Neerslagsoorten en hun ontstaan

Hoewel rijp geen neerslagvorm is, geeft het toch een flinke maar lichte afzetting. Rijp bestaat uit kleine ijsnaaldjes die groeien doordat onderkoelde waterdruppels tegen deze ijsnaaldjes aanbotsen. Doordat delen van een molen flink afkoelen ’s nachts, wordt dat molendeel vochtig en bevriest. De bevriezing bestaat dan uit zeer kleine ijsnaaldjes, die vervolgens weer groeien doordat er bijvoorbeeld onderkoelde mistdruppels tegenaan botsen. Rijp kan soms wel enkele centimeters dik zijn maar verdampt of smelt overdag snel wanneer de zon schijnt. Het heeft nauwelijks gewicht en valt in poedervorm van de molen.

Fig. 8.7.3.5
Rijpafzetting

8.8 BUIEN

8.8.1 Algemeen

Buien bestaan uit grote stapelwolken die langzaam of snel groeien, al naar gelang de onstabiliteit van de troposfeer. Hoe sneller de temperatuur met de hoogte afneemt, des te harder de stapelwolken groeien. De toppen groeien meestal uit tot hoogtes tussen 4 en 15 km. Afhankelijk van het seizoen kan de temperatuur op die hoogte tussen -10°C tot wel -70°C zijn. De grootste stapelwolken komen in de zomer voor wanneer de meeste warmte nabij het aardoppervlak aanwezig is en de tropopauze hoog ligt. Een kleine stapelwolk kan in extreme gevallen binnen een half uur uitgroeien tot een zware onweersbui met wolkbreuken en hagel.
Vormen zich vóór de middag al buien, dan is de lucht erg onstabiel. Er zullen dan regelmatig buien vallen maar de zwaarte zal afhangen van hoe hoog ze met hun top kunnen komen. De bovenkant van de wolk wordt of is dan plat.
Vanaf het moment dat de eerste regen uit een bui valt tot hij is uitgeregend duurt gemiddeld een half uur. Door de treksnelheid hangt een bui echter hooguit 5 à 10 minuten boven de molen. Vaak ontstaan verschillende stapelwolken bij elkaar en zie je dat een bui die uitgeregend is opgevolgd wordt door een nieuwe bui die dan ontstaat of inmiddels volgroeid is.

Fig. 8.8.1.1
Een volgroeide bui. Links ontstaat een nieuwe bui.

Tijdens de vorming van een stapelwolk zal de wolk meestal scherp afgetekend zijn tegen de achtergrond. Vaak zo scherp dat je met een potlood zo langs de contouren van de wolk zou kunnen tekenen. Zodra de bovenkant van de wolk begint te ‘ver-ijzen’, ofwel de ijskristallen worden gevormd, komt het neerslagproces op gang en is een bui een feit. Dit is gemiddeld als de bovenkant van de wolk een temperatuur heeft gekregen tussen -12°C en -20°C. Hierdoor begint de bovenkant van de wolk rafelig te worden, want ijskristallen hebben een andere vorm dan druppels en onderkoelde waterdruppels. Het aambeeld wordt nu gevormd. Juist deze rafelige bovenkant is erg belangrijk om forse stapelwolken van buien te kunnen onderscheiden, zeker als deze door elkaar heen voorkomen. Het rafelig worden van de buientop kan langzaam gaan of juist erg snel. Dit hangt af van de groeisnelheid van de wolk en de hoeveelheid wind op hoogte.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.8.1.2
Groei van een bui. De foto's van linksboven naar rechtsonder zijn in een tijdsbestek van een half uur genomen. Eerst zie je nog mooie scherpe contouren. (foto's boven). Zodra de bui (Cb) gevormd is met de ijskristalvorming (foto's onder) komt het neerslagproces op gang en worden de randen minder scherp en rafelig, wat wazig zelfs. Goed is te zien dat de vorm van de wolk per plaatje verandert.

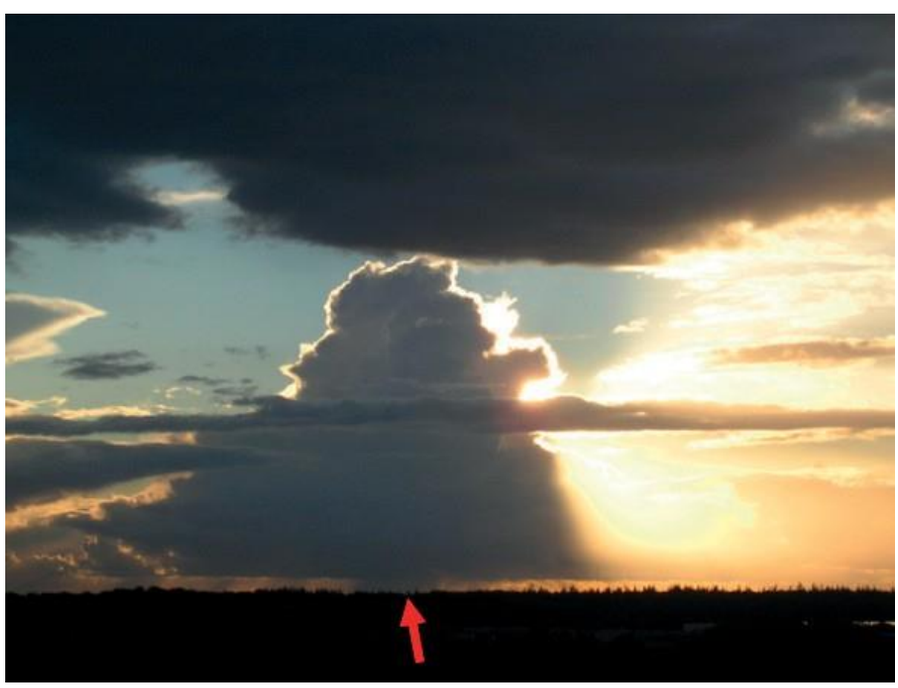


Fig. 8.8.1.3
Een flinke Cumulus (Cb) is zojuist overgegaan in een bui, getuige de neerslagstrepen precies onder de hoogste en koudste wolkentop. (rode pijl). De strepen ernaast zijn verstrooiing van zonlicht onder de wolk en geen neerslag.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.8.1.4
Buivorming. De wolk links bestaat nog uit waterdruppels. De wolk rechts is een Cumulonimbus met een rafelige rand vanwege de gevormde ijskristallen.

Fig. 8.8.1.5
(Nog) geen bui

Fig. 8.8.1.6
Beginnende bui

8.8.2. Aambeelden en oplossen van buien

Een bui kent in de top temperaturen ver onder nul en die top bestaat geheel uit ijskristallen. Vaak zie je die top uitwaaieren vóór de bui uit vanwege de sterke wind op grotere hoogtes. Zo'n top noemen we het aambeeld. Vaak heeft het aambeeld een platte vorm vanwege de botsing met de tropopauze, het warmere deksel waartegen het aambeeld zich zal uitspreiden. Daar stopt immers de onstabiliteit. Aambeelden kunnen laag in de troposfeer zitten of heel hoog. Ze kunnen enorm groot zijn en ver weg waaien van de bui (maar er nog wel mee verbonden zijn) of heel klein zijn en vlak in de buurt van een bui zitten.
Een aambeeld wordt gekenmerkt door de wittigheid van de ijskristallen en het aambeeld wordt richting de bui snel donkerder. Vaak zal de zon dan ook snel achter een aambeeld verdwijnen vanwege het snel dikker worden van de laag ijskristallen.

Fig. 8.8.2.1
De zon verdwijnt achter een snel dikker wordend aambeeld van een aanstormende, actieve bui. De neerslag is rechtsonder al te zien en een enkele donderslag was in de verte al te horen.

De achterkant van een bui bestaat ook vaak uit een aambeeld maar die is meestal veel minder uitgestrekt dan aan de voorkant.
Bij zwaardere buien kunnen onder het aambeeld Mammatus-wolken (ook wel buidelwolken genoemd) hangen, meestal aan de achterzijde maar soms ook wel aan de voorzijde. Zie je deze wolken onder een aambeeld en is de bui nog niet voorbij getrokken dan weet je dat het een zware bui is met kans op veel regen, onweer en windstoten. Alleen zware buien kunnen namelijk deze wolken onder het aambeeld vormen. Deze Mammatus kan overigens in elk seizoen voorkomen en deze soort wolken is niet alleen gebonden aan zware zomerse onweersbuien.

Fig. 8.8.2.2
Mammatus

De gemiddelde levensduur van een enkele bui is ongeveer een half uur. Dan is een bui uitgeregend want door het vallen van de neerslag worden ook veel wolkendruppels gevangen en meegenomen naar beneden. Tegen zonsondergang stopt tevens de thermiek ofwel de voeding van de bui. Op deze manier lost een bui op. De bui regent van onder naar boven toe uit en wat overblijft zijn de ijskristallen van het aambeeld, die langzaam verdampen of samenklitten tot sneeuwvlokken en dan uitsneeuwen naar beneden, waarbij ze onderweg alsnog verdampen. Dit uitsneeuwen kan in elk jaargetijde voorkomen.
Bij een oude bui kunnen nog wel lichte windstoten voorkomen want de neerslag reikt nog tot de grond.

8.8.3 Buien en windstoten

Windstoten hebben te maken met de wind aan de grond maar vooral met de wind op enige hoogte, met name rond 2-3 km. De wind op die hoogte is altijd krachtiger dan aan de grond en juist die windsnelheid is maatgevend voor meteorologen om te bepalen hoe zwaar de windstoten uit zullen pakken. De neerslag zorgt ervoor dat deze windbanden deels naar de grond gebogen worden en zo windstoten geven. De zwaarste windstoten komen voor bij buien met heftige neerslag die de windbanden in de troposfeer ombuigen van horizontaal naar verticaal, ofwel naar de grond. Hierbij hebben we het over normale ‘dagelijkse’ buien of trogbuien die achter een koufront voorkomen. Zodra de neerslag in de bui afneemt, verdwijnen ook de windstoten. Zolang wolken nog geen buien zijn, kunnen ze geen windstoten geven, want de neerslag ontbreekt immers.
Zomerse onweersbuien zullen, met hun windstoten en andere kenmerken, in een apart gedeelte behandeld worden.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.8.3.1
Een bui in aantocht met een flink regengordijn. De neerslag valt hier niet recht naar beneden maar waaiert wat uit naar links, een teken dat er windstoten voorkomen bij de bui!

We weten uit voorgaande hoofstukken dat er hoger in de troposfeer vrijwel altijd wind staat.
Doordat een bui neerslag vanaf grotere hoogte laat vallen naar de aarde creëert deze op twee manieren windstoten:
Allereerst zorgen het gewicht en de omvang van de neerslag, die bovendien vrij koud is omdat ze van grotere hoogte komt, voor een flinke luchtverplaatsing ofwel wind naar beneden.

Staat daarbij in de troposfeer ook nog eens een harde wind, dan wordt die door de neerslag meegenomen en afgebogen naar de grond en veroorzaakt windstoten.

Bij elke bui die vlak langs de molen trekt kan de wind tijdelijk naar de molen toe waaien, ongeacht de heersende wind die dag. Een bui die links langs een molen trekt, laat de wind vaak iets krimpend draaien ten opzichte van de heersende wind. Dit komt door de ronde vorm van de bui, die de wind ook naar de zijkanten doet uitwaaien. Trekt een bui rechts langs de molen, dan kan de wind tijdelijk wat meer ruimend naar de molen waaien.

Als de molen draait met een zeilvoering op basis van de heersende wind en er komt een bui met windstoten op de molen af, wees dan bedachtzaam en zet de molen zo nodig stil. Na de bui zal de wind teruggaan naar zijn oorspronkelijke richting.

© Het Gilde van Molenaars

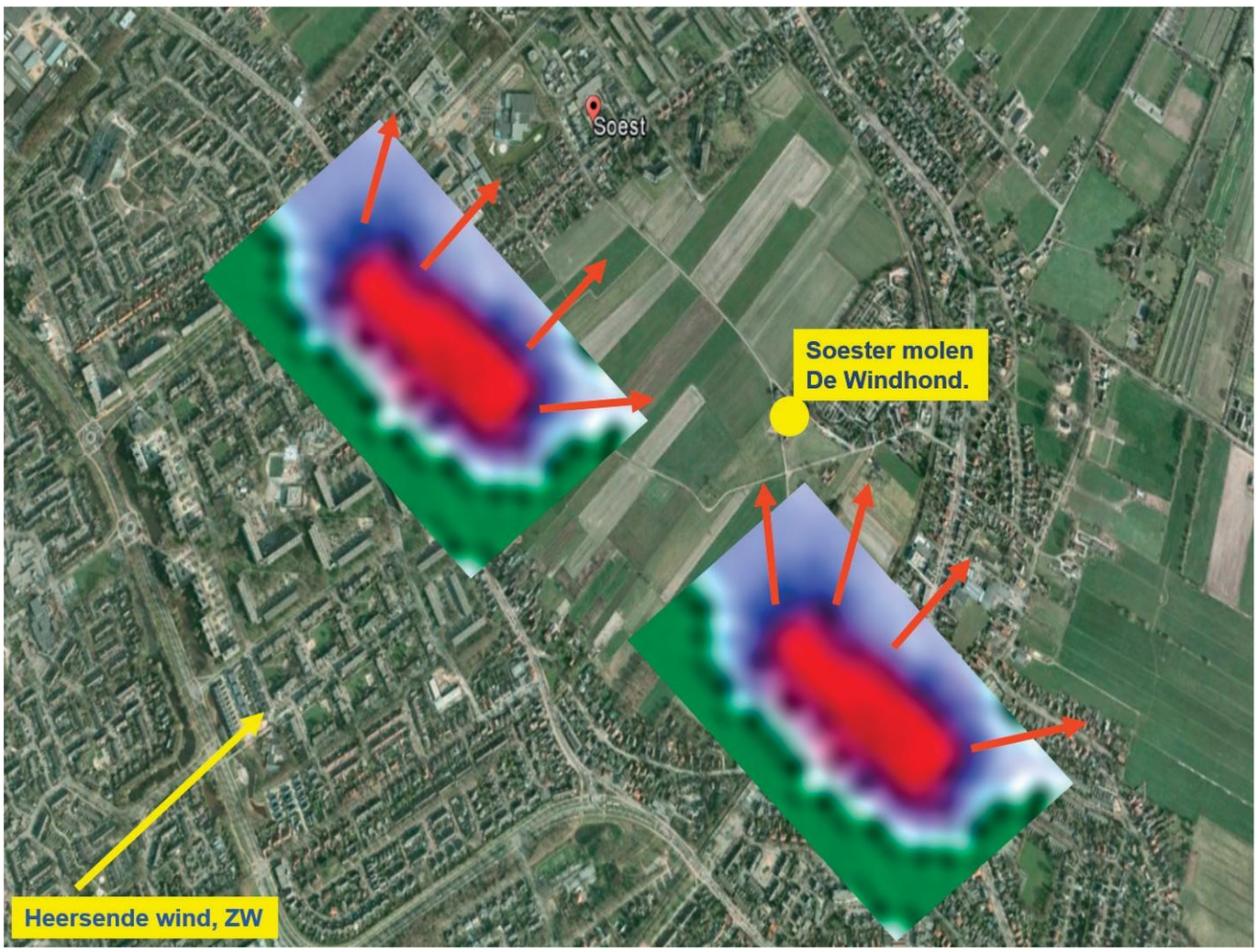


Fig. 8.8.3.2
Een links of rechts langstrekkende bui jaagt windstoten in een waaiervorm voor zich uit zoals de rode pijlen aangeven. Hierdoor kan de wind tijdelijk uit een andere hoek richting de molen waaien.

8.8.4 Onweersbuien

Onweersbuien geven onweer, veel regen, meestal windstoten en soms hagel. Onweersbuien kunnen vaak zeer opvallende kleuren hebben. Op afstand zal de wolk wit aandoen maar naarmate de bui nadert wordt de onderkant donkerder. Ziet men een gelige of groenige lucht aankomen, dan duidt dat op zware neerslag met kans op hagel. De stelregel is: hoe donkerder, des te meer opletten. Maar ook wanneer een lucht lichter lijkt te worden kan het heftig gaan regenen.
Onweersbuien brengen bliksems voort waardoor ze afwijken van normale buien. Bliksem ontstaat doordat tussen elektrische ladingen in een wolk een kortsluiting ontstaat. Deze kortsluiting levert een bliksemflits op. Overigens kent elke wolk, hoe klein of groot ook, elektrische ladingen maar vaak zijn deze (veel) te zwak om een bliksem op te leveren.
De bliksem bestaat uit een krachtige elektrische vonk die zeer heet en zeer sterk is. Door de hitte van het bliksemkanaal (de weg die de bliksem gaat) zet de lucht met kracht zeer snel uit en dit geeft een drukgolf die wij horen als de donder.
Omdat de geluidssnelheid rond 300 meter per seconde ligt, houdt men gemiddeld aan: de bui bevindt zich op 1 km afstand indien er 3 seconden tussen het zien van de bliksem en het horen van de donder zit.
Onweersbuien kunnen een enkele bliksem geven maar ook meer dan tienduizend. Alles hangt samen met de stijgkracht van de wolk de troposfeer in, de hoogte van het aambeeld, de luchttemperatuur en de verdeling van de elektrische ladingen in een wolk. Bliksems kunnen zowel verticaal als horizontaal voorkomen evenals in

© Het Gilde van Molenaars

de wolk zelf. Het is een gevaarlijk verschijnsel dat nooit onderschat moet worden. Zodra men bliksem in de verte ziet is het zeer belangrijk goed in de gaten te houden waar de bui heen gaat. Bliksems doen zich vooral voor in het gebied waar de neerslag begint en in de neerslag zelf maar af en toe komen ze ook voor onder het aambeeld en kunnen soms kilometers ver voor de bui uit reiken. Onweer is tevens een teken dat het een heftige bui betreft. Laat duidelijk zijn: als een onweersbui in de buurt van de molen komt, moet men stoppen en aarden!

8.8.5 Windstoten tijdens onweersbuien

Windstoten kunnen op verschillende manieren ontstaan.
In onweersbuien vallen grote hoeveelheden neerslag van boven naar beneden. Deze neerslag passeert daarbij de windbanden die in de troposfeer blazen. Deze windbanden worden daardoor afgebogen naar de aarde en veroorzaken zo de windstoten. De windstoten lopen vaak iets voor de neerslag uit, meestal aan de voorzijde van de bui. Windstoten komen plots opzetten en kunnen enorme snelheden halen van wel 100-120 km/uur, in extreme gevallen boven 150 km/uur maar altijd zeer kort en zeer lokaal.
Windstoten kunnen ook ontstaan door een flinke hoeveelheid neerslag die uit de wolk naar beneden valt en daarbij veel wind met zich meeneemt. Deze wind valt op de grond en verspreidt zich met grote snelheid naar verschillende kanten, de aanwezige lucht snel voor zich uit duwend. Letterlijk alsof je een emmer leeg gooit.

8.8.6 Warmte-onweer

Warmte-onweer, de naam zegt het al: de vaak op zichzelf staande (losse) maar grote en zware onweersbuien ontstaan in de warme en onstabiele lucht. Die onstabiliteit wordt veroorzaakt door een storing in de hogere luchtlagen, waar aan de grond niets van te merken is. Er bevindt zich dan namelijk een bel met koudere lucht hogerop in de troposfeer in combinatie met warme lucht nabij het aardoppervlak. Dit zijn buien die zich boven land in het late voorjaar, zomer en vroege herfstseizoen voordoen. Deze buien ontwikkelen zich meestal net na de hoogste temperatuur in de middag en ze bereiken meestal in de vroege avond hun hoogtepunt, d.w.z. dat ze dan het zwaarst zijn. In de loop van de avond zakken ze weer in en verdwijnen. Deze buien kondigen geen weersomslag aan.
De buien ontstaan in een rustige troposfeer zonder veel wind op hoogte, waardoor ze vrijwel altijd slechts langzaam voorttrekken. Ze kunnen grote hoogten bereiken en pakken vaak zwaar uit met wolkbreuken, flink onweer, lokaal forse windstoten en hagel. Ze zijn meestal goed te zien als ze naderen want aan de voorkant zit er vaak niet te veel verstorende bewolking. De eventuele windstoten kunnen een eind voor de bui uit al aanwezig zijn, doordat de wind zich sneller langs het aardoppervlak verspreidt dan dat de buien trekken. Hierdoor kan de wind bij de molen al flink aantrekken, terwijl de bui nog ver van de molen verwijderd is.
Berucht zijn de zogenaamde ‘Ost-Gewitters’; forse onweersbuien die boven het westen van Duitsland ontstaan en dan met een oostelijke of zuidoostelijke stroming naar Nederland trekken. Juist boven ons land bereiken ze hun grootste intensiteit en lossen weer op als ze daarna de Noordzee optrekken. Dit zijn typische warmte-onweersbuien.

8.8.7 Kou-frontaal onweer/vore-onweer

Frontaal onweer is een beetje misleidende term, want kou-frontaal onweer komt eigenlijk alleen maar voor tussen oktober en april en dan vooral bij stormdepressies, met name als er veel wind dwars op de koufronten staat. Dan bestaan de koufronten vaak uit felle buienlijnen waar regelmatig onweer in voor zal komen.

© Het Gilde van Molenaars

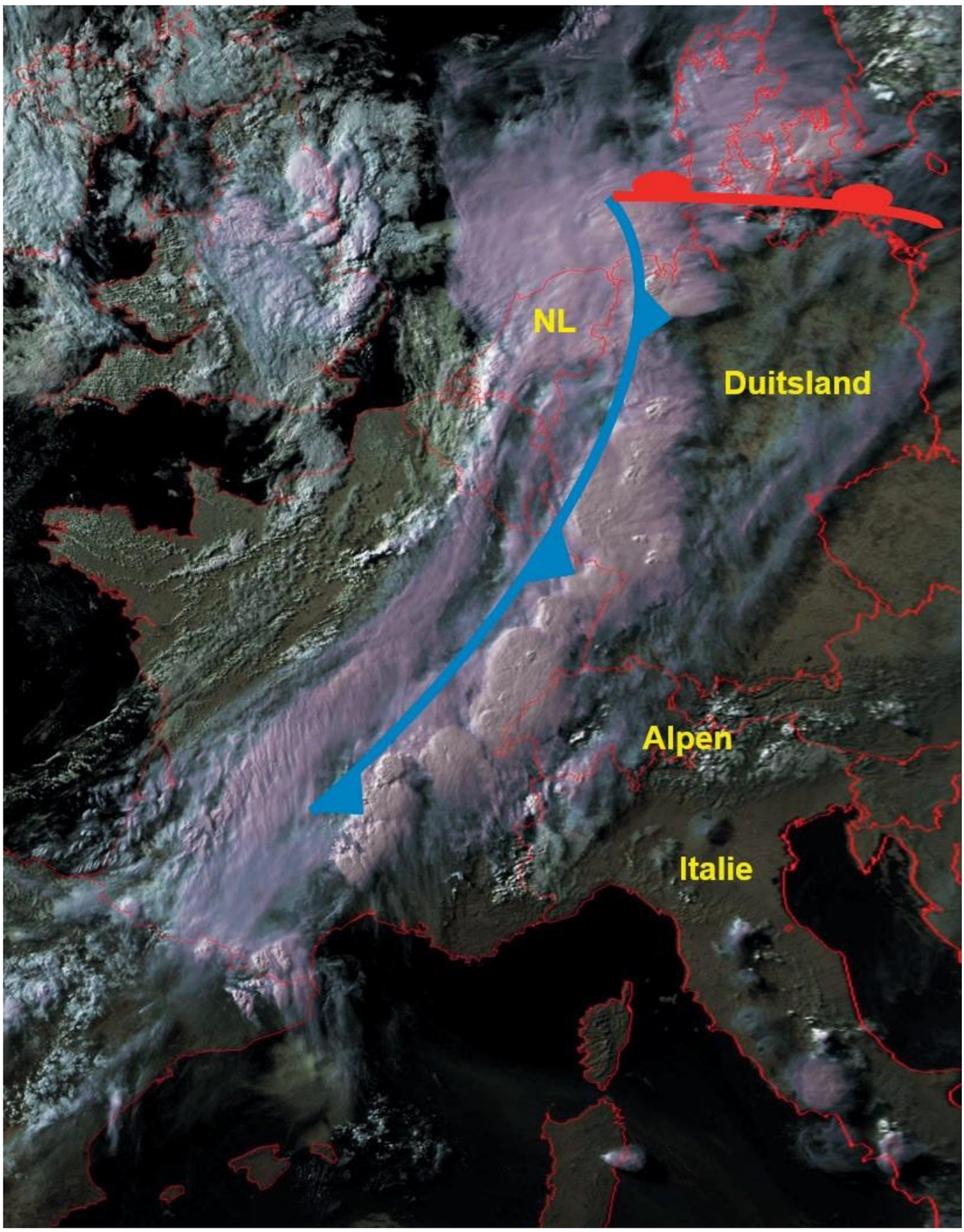
Fig. 8.8.6.1
Een warmte-onweersbui; het grote en goed gevormde aambeeld met mammatusachtige structuren is goed te zien.

Tussen mei en september zal onweer meestal vóór het koufront uit ontstaan op een zogenaamde vore die een windsprong heeft en die de buien laten ontstaan. Het koufront daarna heeft dan vaak niet meer voldoende energie om flinke buien te laten ontstaan, omdat de warmte al door de buien is verdreven. Tussen mei en september lukt het maar een enkele keer dat het koufront zelf de onweersbuien laat ontstaan.
Deze vore-onweersbuien komen vrijwel altijd opzetten vanuit het zuiden en zuidwesten! Tussen oktober en maart komen de onweersbuien op het koufront vooral uit het zuidwesten, westen en noordwesten opzetten.

Let op de weerkaart: ligt er een vore voor het koufront? Dan komen vooral daar de zware buien op voor en meestal niet op het koufront zelf.

Fig. 8.8.7.1
Kou-frontaal onweer. Een lange lijn van onweersbuien ligt dwars over Europa in het najaar. Ze zijn ontstaan op een koufront. De aambeelden van de buien zijn in de avondzon goed te zien als de dikke witte dotten.

© Het Gilde van Molenaars



© Het Gilde van Molenaars

8.8.8 Polair onweer

Polaire onweersbuien zijn vaak op zichzelf staande buien achter een koufront die zo af en toe (soms flink) onweer kunnen produceren. Die buien zijn echter niet gekoppeld aan een front, maar ontstaan in de onstabiele lucht achter een koufront. Wel zijn ze regelmatig gekoppeld aan een trog maar komen ook los voor om een trog heen met ertussen brede opklaringen. Ze komen opzetten vanuit het westen, noordwesten en noorden.

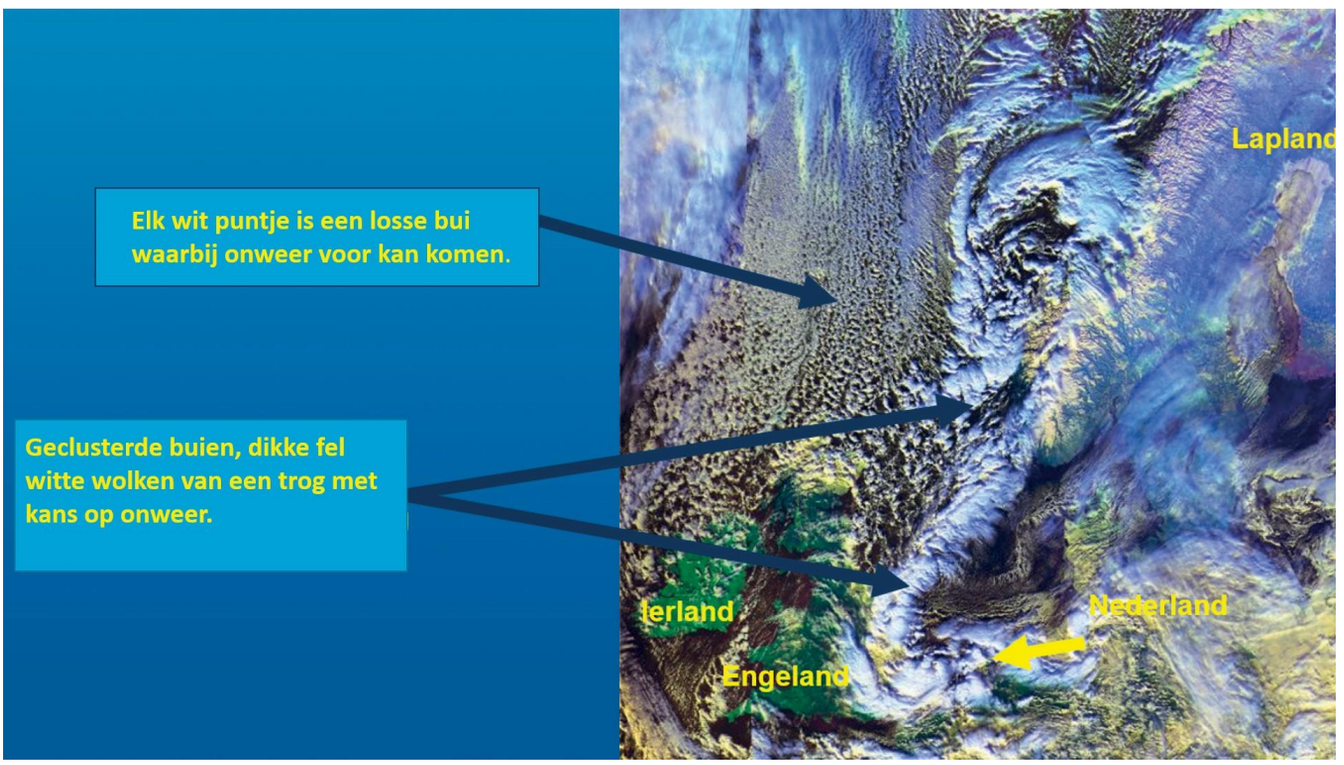


Fig. 8.8.8.1
Polair onweer. Een noordelijke stroming voert honderden buien aan richting Ierland, Engeland en de Noordzee. Twee troggen zijn goed te herkennen aan de geclusterde, felwitte buien. Nederland ligt bij de gele pijlpunt.

Onweersbuien geven altijd risico's, vooral vanwege windstoten en draaiende winden als de bui niet recht overtrekt. Neem elke bui serieus en denk niet te snel dat het wel meevalt!

8.8.9 Wolkenkragen

Veel onweersbuien gaan gepaard met wolkenkragen; een wolkenrand die aan de bui vastzit en de overgang markeert tussen de lucht voor de bui uit en de wind en neerslag van de bui zelf. Wolkenkragen kunnen wit, zwart, blauw en groenig van kleur zijn en veel vormen hebben. Ze kunnen vrij glad van structuur of chaotisch zijn. Achter de wolkenkraag kan meteen de neerslag vallen maar dat kan ook nog enige tijd duren, waardoor men eerst een zeer turbulente lucht ziet. Ga bij het zien van wolkenkragen vooral op je gevoel af, je merkt snel genoeg of je onrustig wordt bij het zien van een bepaalde wolkenlucht.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.8.9.1
Een zware bui in aantocht met een duidelijke wolkenkraag. De kleur is groenig wat duidt op zeer veel neerslag, wellicht een wolkbreuk met hagel.

8.8.10 Rolwolken

Rolwolken komen voor bij zeer actieve onweersbuien waarbij in de bovenlucht veel wind staat en deze wind ook door de bui naar de grond afgebogen wordt. Vaak betreft het een vrijwel op zichzelf staande wolk die wit/grijs van kleur is en vlak voor of een eindje voor de bui uit trekt. Hij kan om zijn as rollen en verandert snel van vorm. Vaak hebben ze een flinke snelheid van soms wel 80-90 km/uur. Deze wolk ontstaat juist op de zeer krachtige uitstroom van wind.
Indien je een rolwolk in de verte ziet meteen actie ondernemen want de kans op zeer krachtige windstoten is erg groot en bovendien is de treksnelheid van de begeleidende bui vaak erg hoog.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.8.10.1
Rolwolken.

8.8.11 Onweersvoorspellers

Vaak treden zomerse onweersbuien op na bekende onweersvoorspellers in de lucht zoals Altocumulus Castellanus en Altocumulus Floccus (beide middelbare bewolking).
Deze onweersvoorspellers trekken meestal 6-8 uur vóór de buien uit en geven aan dat de troposfeer onstabiel genoeg is om stevige buien te vormen. Deze wolken hebben als kenmerk dat ze tijdelijk voorkomen en nooit de hele hemel bedekken zoals stapelwolken. Het zijn echt velden/banken met bewolking. Ze kennen niet de mooie stapelwolkcontouren maar hebben hun eigen vorm. Vaak trekken ze in de ochtend/begin middag over en wordt het daarna drukkend warm en geleidelijk heiig. Daarna passeren enkele forse onweersbuien.

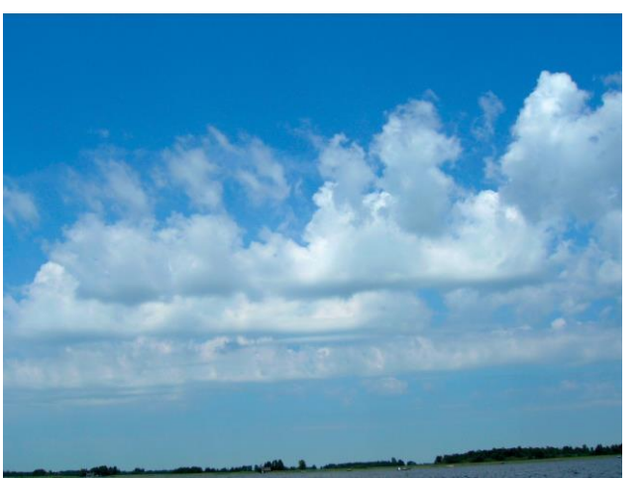


Fig. 8.8.11.1
Altocumulus Castellanus met duidelijke torentjes.

Fig. 8.8.11.2
Altocumulus Floccus, losse plukjes wolk die in velden overdrijven.

8.8.12 Onweersbui komt niet tegen de wind in opzetten.

Vaak wordt gezegd dat een onweersbui tegen de wind in komt opzetten. Dit kan echter niet; de schijn bedriegt ons.

Hieronder de verklaring:

Grote en zware, snel trekkende onweerscomplexen in de zomer, in een zeer onstabiele troposfeer, stuwen letterlijk grote hoeveelheden lucht omhoog in combinatie met een vore of koufront. Daardoor ontstaat een lokaal luchttekort waardoor de bui aan de voorkant lucht gaat aanzuigen. Deze lucht wordt naar de bui toegetrokken. Hierdoor lijkt het of de bui tegen de wind in komt opzetten, iets wat verwarrend is en niet kan. De bui trekt gewoon met de heersende hoogtewinden mee maar de grondwind tot enkele honderden meters hoogte wordt wel door de bui beïnvloed en stroomt er naar toe.

Een voorbeeld:

In de ochtend waait een zwakke zuidoostenwind en het is drukkend warm. Enkele velden Altocumulus (Ac, middelbare bewolking) trekken met de hoogtestroming mee van zuidwest naar noordoost en zo zullen ook de buien trekken. Komen de onweersbuien in de buurt dan zal de stroming tijdelijk wegvallen en dan plots draaien naar N. tot NO., ofwel tegengesteld aan de buienrichting. Kleine stapelwolken verplaatsen zich dan ineens richting de buien. De grondwind wordt dan ook noordelijk terwijl de buien wel degelijk vanuit het zuidwesten komen opzetten. Hierdoor lijkt het of de buien tegen de wind in komen opzetten. Het is een lokaal verschijnsel en dit fenomeen komt sporadisch voor binnen enkele kilometers van de buien. Alleen grote, zware, sneltrekkende onweersbuien zijn in staat om de wind naar zich toe te trekken, ofwel vanuit molenaarsoogpunt gezien: tegen de wind in opkomen. Als zo'n bui op je afkomt is het gewenst om de molen zo snel mogelijk stil te zetten, af te zeilen en te aarden.

© Het Gilde van Molenaars

Fig. 8.8.12.1
Onweer komt niet tegen de wind in. Een zware onweersbui komt opzetten en heeft de trekrichting van de winden op hoogte (gele pijl). Aan de voorzijde wordt echter warme lucht aangezogen naar de bui toe (rode pijl) Hierdoor lijkt het of de bui tegen de grondwind in komt opzetten.

© Het Gilde van Molenaars

8.9 WEERWAARNEMING

8.9.1. De radar

In ons land staan twee radartorens die heel Nederland en omgeving afdekken. Hierdoor 'zien' we eigenlijk alle neerslag richting ons land komen en buien zich ontwikkelen. Alle radarbeelden in Nederland worden bij het KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut in De Bilt) verwerkt.

Radar is straling die door neerslag deels wordt teruggekaatst. Een radar zendt zijn signaal in een rechte lijn en heeft een bereik van ongeveer 300 km. Door de kromming van de aarde kijkt de radar aanvankelijk slechts bovenin een bui die nadert en ziet de neerslag nauwelijks. Komen buien dichterbij dan lijkt het of ze steeds actiever worden maar de radar ziet ze naarmate ze dichterbij komen steeds beter en daarmee ook de neerslag.

Sneeuw en radar gaan niet goed samen omdat sneeuwvlokken de radarstralen deels naar opzij wegkaatsen en absorberen. Hierdoor is sneeuwval vrijwel altijd zwaarder dan de radar zal weergeven. Tevens sneeuwt het vaak op veel uitgebreidere schaal dan de radar doet vermoeden, omdat de radarstralen 'vastlopen' in de sneeuwval; de straling komt er niet doorheen.

Het lijkt dan bijvoorbeeld achter Amersfoort droog te zijn, maar met behulp van de automatische lokale waarnemingen die om de zoveel tijd binnenkomen en ververst worden, zie je dat het daar nog flink aan het sneeuwen is.

Motregen bestaat uit zulke fijne druppels dat de radar deze meestal niet ziet. Er wordt gewoon te weinig straling teruggekaatst. Ook komt motregen vaak laag in de troposfeer voor waardoor het ook met radar moeilijk waar te nemen is.

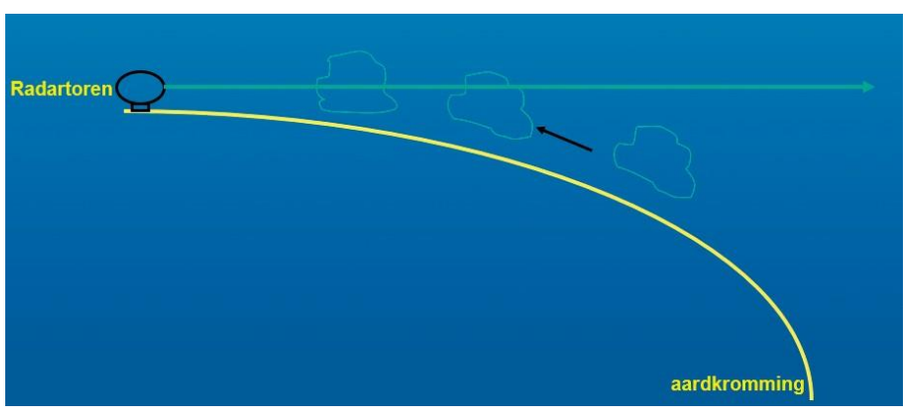


Fig. 8.9.1.1
Radar 'ziet' de buien op afstand minder goed door de aardkromming.

8.9.2 Media en het weer.

Vrijwel overal wordt het weer tegenwoordig gepresenteerd; via radio, TV, internet en persoonlijk op ieders smartphone.
Een weerbericht bestaat uit het weer dat we de komende uren zullen hebben en vaak een vooruitblik naar komende nacht en morgen. Dit in een notendop. Het geeft je maar heel globaal een indruk. Wel worden altijd de belangrijkste weer-items genoemd zoals veel wind, buien, onweer of windstoten.

Internet is een veel geraadpleegde bron van weersinformatie. Er zijn echter een paar 'mitsen en maren'. Het meeste weer dat op internet verschijnt is direct overgenomen van zogenaamde 'weermodellen'. De data die deze modellen genereren worden rechtstreeks op internet gezet als zijnde de werkelijkheid.

© Het Gilde van Molenaars

Dit noemen we DMO of wel Direct Model Output. Geen enkele meteoroloog bekijkt echter deze data of corrigeert ze. Voorbeelden van deze modellen zijn bijvoorbeeld het ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasts), GFS (Global Forecasting System) en Hirlam (High Resolution Limited Area Model). Komt het Hirlam model met een berekening dat het morgen 30°C wordt met veel regen- en onweersbuien dan staat er ook 30°C met buien op je pc of telefoon. Komt het model 6 of 12 uur later met een nieuwe berekening van maar 20℃ en droog weer, dan staat dat ook meteen op je pc of smartphone. Omdat de internetsites en de weerapps data van verschillende weermodellen gebruiken kunnen ze onderling ook nog eens flink verschillen.

Het is daarom handiger om op een weersite te kijken, bijvoorbeeld die van het KNMI. Elke 6 uur wordt door een KNMI-meteoroloog een zogenoemde guidance (handleiding) opgesteld. Dit is een uitgebreid verhaal over het weer voor de komende 48 uur voor ons land. Alle relevante weersverschijnselen worden beschreven, ook de ‘mitsen en maren’. Er worden veel technische termen gebruikt maar bijvoorbeeld onder het kopje ‘wind’ staat genoeg uitleg die voor iedereen toch wel redelijk te begrijpen zou moeten zijn.

http://www.knmi.nl/nederland-nu/weer/waarschuwingen-en-verwachtingen/extra/guidance-modelbeoordeling

Het KNMI hanteert verschillende waarschuwingen m.b.t. het weer. Meer is te vinden op: http://www.knmi.nl/nederland-nu/weer/waarschuwingen

Het KNMI is het enige instituut dat officieel waarschuwingen uitgeeft. Dit echter altijd in overleg met andere weerbureau’s. Code rood staat gelijk aan code oranje maar de mate van zekerheid m.b.t. het verwachte weerfenomeen is toegenomen van 24 uur naar binnen 12 uur.

© Het Gilde van Molenaars

Verwachtingstermijn, kans en gebiedsgrootte

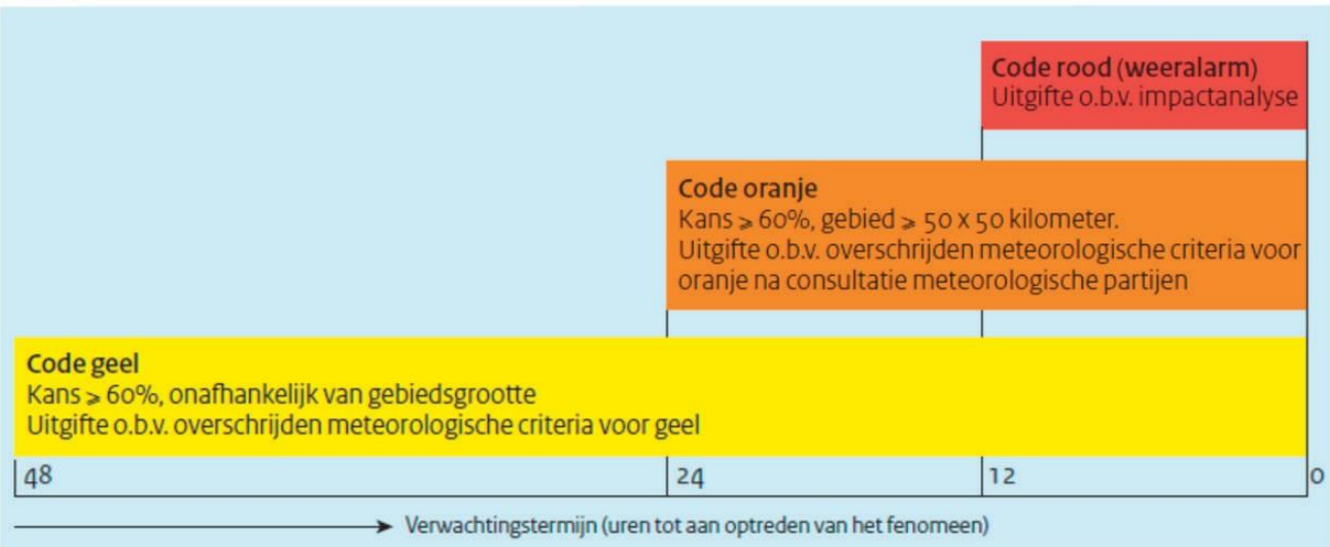


Fig. 8.9.2.1
Weerwaarschuwingen

Drempelwaarden voor de kleurcodes

	Code geel	Code oranje
Regen	Verkeershinder door aquaplaning, of >50 mm in 24 uur	>75 mm in 24 uur
Gladheid & sneeuw	Minimaal 1 van de volgende criteria: * lokale gladheid door op-, aan- of bevriezing van natte weggedeelten, hagel, sneeuwresten of lokale ijzel * tot 5 cm sneeuw in 6 uur * tot 3 cm sneeuw in 1 uur	Minimaal 1 van de volgende criteria: * op uitgebreide schaal gladheid door ijzel of bevriezing * >5 cm sneeuw in 6 uur * >3 cm sneeuw in 1 uur * sneeuwval en/of driftsneeuw (>40 km per uur), leidend tot sneeuwduinen
Onweersbuien	Lokale onweersbuien met lokaal één of meer van de volgende verschijnselen: * windstoten (>60 km per uur) * of lokaal veel neerslag (>30 mm in 1 uur) * of hagel (tot 2 cm)	Georganiseerde onweersbuien met lokaal één of meer van de volgende verschijnselen: * zware windstoten (>75 km/uur) * of lokaal veel neerslag (>50 mm in 1 uur) * of grote hagel (>2 cm)
Windstoten	>75 km per uur Kust, winter: 90 km per uur	>100 km per uur Kust, winter: 120 km per uur

Fig. 8.9.2.2
Kleurcodes

8.9.3 Websites en het weer

Buienradar geeft actueel weer voor Nederland, België en Europa, actuele satellietbeelden, actuele temperaturen, neerslag en wind en verwachtingen voor de komende 2, 3, 24 uur en verder vooruit.
www.buienradar.nl

Weerplaza
Weerplaza presenteert het model van het KNMI met veel informatie en modeldata. Hun radarpresentatie is zeer goed en de satellietdata worden per 5 minuten ververst, wat vrij uniek is.
www.weerplaza.nl

Onder het kopje 'Meer weten' bovenin de balk zie je 'Weerkaarten' staan.

Wetterzentrale
Op deze Duitse site staan alle weermodellen die belangrijk zijn voor Europa, waaronder ECMWF en GFS hogeresolutie beelden voor Nederland en omgeving.
http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsgfsmeur.html

Voordeel van deze kaarten is dat Nederland redelijk centraal in de kaart ligt en al het weer om ons heen wordt weergegeven.
www.wetterzentrale.de is de hoofdpagina.

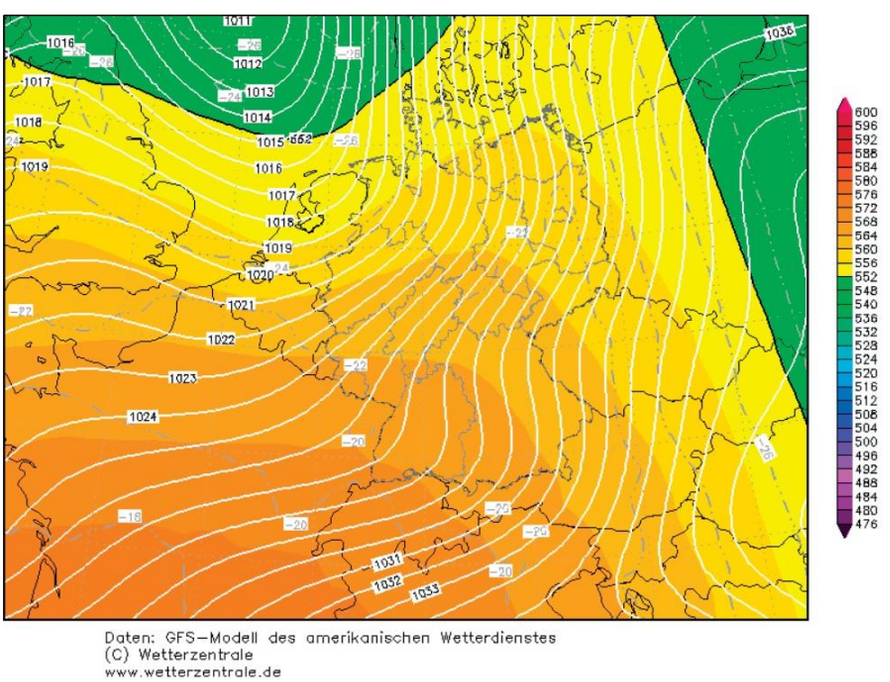


Fig. 8.9.3.1
Weerkaart. Voorbeeld van een hogeresolutie GFS weerkaart zoals die op www.wetterzentrale.de te vinden is. Het betreft hier de gronddruk.

Wetter3
Op deze Duitse site staat vooral één belangrijke parameter; modelweer ofwel 'Modelwetter'. Hier zie je of de neerslag bestaat uit hagel, sneeuw, onweer dan wel regen. Ga op de website van de hoofdpagina naar 'Standardkarten (GFS)'. Kies vervolgens 'Mitteleuropa' en vervolgens 'Modellwetter'.
www.wetter3.de

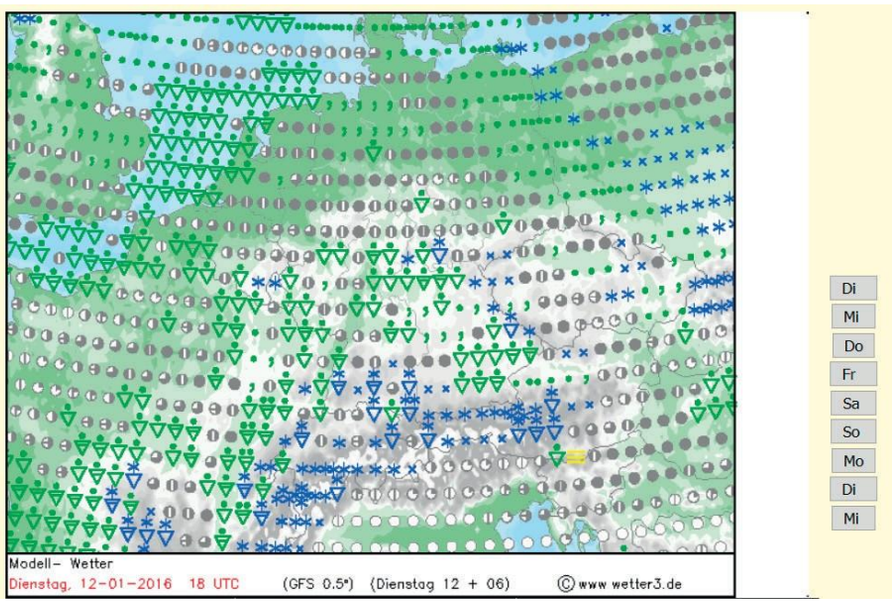


Fig. 8.9.3.2
Voorbeeld van een Modelwetter-kaartje waarbij de neerslagsoort weergegeven wordt. In Nederland matige tot zware regenbuien.

Weeronline
Op deze site vindt u onder andere kaarten met druk en wind.
www.weeronline.nl

Teletekst
Al vele jaren kun je het weer via de bekende teletekstpagina's 700 tot en met 710 volgen. Onderaan pagina 703 staat wie de leverancier van de gegevens is, want dat wil nog wel eens wisselen.
Op RTL4 kun je de Teletekst weerpagina vinden tussen de cijfers 190 en 200.

Boeken
Een zeer goed en gratis te downloaden boek bij de KNMI bibliotheek:
Inleiding tot de algemene meteorologie
http://bibliotheek.knmi.nl/knmipubmetnummer/knmipub184a.pdf
Mocht dit boek niet meer te downloaden zijn dan even de titel googelen voor meer downloadsites.
Verder zijn er tientallen boeken uitgegeven over het weer, overal te verkrijgen, van papier dan wel digitaal.

Apps
TorchlightWeather models
Een leuke en handige app die een aantal weerkaarten op makkelijke wijze presenteert en waar je ook gemakkelijk doorheen kunt bladeren.

Windfinder
Een handige app met voorspelling van windrichting en – snelheid.

© Het Gilde van Molenaars

8.9.4. Aanbevelingen

Als je voor het eerst weerkaarten gaat bekijken vergt het geruime tijd voordat je patronen leert herkennen. In eerste instantie is het vooral handig om te kijken wat voor weersysteem Nederland gaat passeren wanneer je op de molen bent, welke windsnelheid verwacht wordt en of er die dag een windsprong zal optreden. Op die manier leer je wolkenpatronen herkennen die bij de fronten horen. Buien ontstaan spontaan in de omgeving en het is belangrijk om de tijd te nemen om deze goed te observeren.
Bekijk elke dag, maar zeker de dag vóór een molendienst, de dag van de molendienst zelf en de dag erna de weerkaart. Zo leer je patronen herkennen en weet je welke weersystemen en fronten zullen passeren en ongeveer wanneer deze bij de molen kunnen zijn. Dat helpt ook mee om de betekenis van de diverse wolkenformaties te kunnen begrijpen.
Op de website Wetterzentrale.de worden ook de windkaartjes voor Nederland gepresenteerd, waarop de windsprongen goed te zien zijn. Zo weet je bijna tot op het uur nauwkeurig wanneer een windsprong bij jou gaat passeren. De actuele windkaarten van het KNMI of Weerplaza laten dit ook goed zien.

© Het Gilde van Molenaars