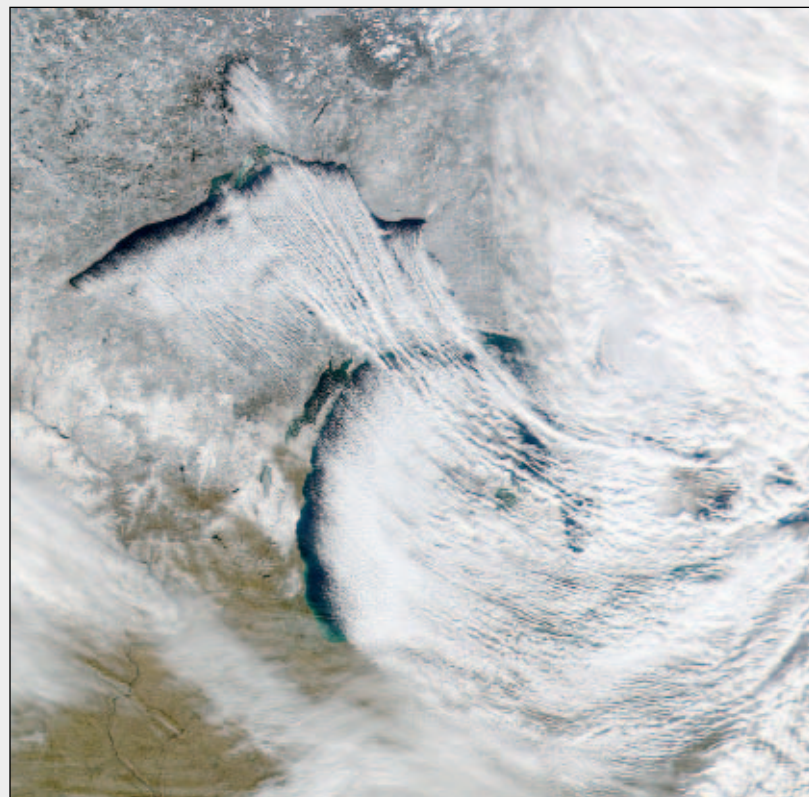


Meer sneeuw achter de Grote Meren

Stel je zit in het noordoosten van de Verenigde Staten en bent op weg van Cleveland, Ohio, naar Buffalo, New York. Het is een prachtige, zonnige dag in november of december, maar er staat wel een stevige, koude westenwind. Hier en daar ligt wat sneeuw, een overblijfsel van een koufront-passage niet zo lang geleden. Geleidelijk aan begint het in het noordwesten donkerder te worden. Niet veel later betreft de hemel en zijn er wat kleine sneeuwbuities. Plotseling is het geheel bewolkt en grijs en gaat het veel harder sneeuwen. Er valt tien, twintig centimeter, of misschien wel meer sneeuw per uur. In de sneeuw zakt het zicht sterk terug. De hoop dat je Buffalo nog kunt bereiken, laat je in één klap varen. Hoe kan zo'n onvoorstelbare weersverandering zich over zo korte afstand voltrekken?

Voor een verklaring is het van belang te weten dat de route loopt langs de zuidoostkant, de lijszijde, van het Eriemeer, een van de vijf Grote Meren aan de grens tussen de Verenigde Staten en Canada. Cleveland ligt aan de zuidkant van het meer, Buffalo ter hoogte van de noordpunt. Als het Eriemeer of de andere meren dichtvriezen, is dat pas later in de winter, na de jaarwisseling. Tot het zover is, kunnen grote temperatuurtegenstellingen ontstaan tussen het open water (nooit kouder dan nul graden) en de arctische vrieslucht erboven. De opbouw van de atmosfeer boven de meren wordt dan zo onstabiel dat bewolking ontstaat die uiteindelijk kan uitgroeien tot sneeuwbuien. Volgens dit mechanisme gevormde sneeuwbuien doen zich elk jaar voor aan het eind van de herfst en het begin van de winter. Ze nemen in de gebieden aan de lijszijde van de meren een kwart tot de helft van de totale hoeveelheid sneeuw voor hun rekening. In bepaalde streken kan het dan 48 uur achtereensneeuwen; dat is langer dan de duur van de sneeuwval tijdens het langstrekken van een 'gewone' depressie. Van 20-23 november 2000 sneeuwde het in Buffalo zelfs zestig uur lang. De bewolking en de buien zijn gewoonlijk geordend in wolkenstraten



Wolkenbandenpatroon boven het Nipigonmeer, het Bovenmeer en het Michiganmeer, veroorzaakt door het warmwatereffect. Opname van de Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) op de Amerikaanse satelliet SeaSTAR, 5 december 2000.

die min of meer evenwijdig aan de wind over het meer liggen. Op bovenstaande foto is dit patroon duidelijk herkenbaar. De wolkenstraten zijn slechts enkele kilometers breed, maar kunnen soms meer dan tweehonderd kilometer lang worden. Soms is er sprake van slechts één zo'n wolkenband, maar meestal zijn het er tien of twintig, gescheiden door enkele kilometers onbewolkte hemel. De hoeveelheden sneeuw die er vallen lopen sterk uiteen: soms niet meer dan één of twee centimeter, maar een bui kan ook meer dan een meter sneeuw achterlaten. De meeste sneeuw valt in dit geval dus niet tijdens de passage van een koufront van een winterse depressie, maar enige tijd later in de koude lucht achter het front. Elders is het dan opgeklaard, maar aan de lijszijde van de meren doet de invloed van het warmwatereffect zich gelden en wordt het weer alleen maar slechter. De door dit effect vallende sneeuw veroorzaakt in de

Verenigde Staten veel overlast en vormt een belangrijke kostenpost, bijvoorbeeld voor sneeuwruimen of door verkeersschade. Talrijke werken schooldagen gaan verloren. Alleen al in de staat Michigan wonen meer dan 1,5 miljoen mensen in het gebied waar het verschijnsel zich voordoet en ondervinden industrie, recreatie en landbouw veel hinder. De sneeuwval treedt, behalve in de reeds genoemde steden, ook op in Syracuse en Rochester (in de staat New York), Erie (Pennsylvania) en London (Ontario).

Meteorologische factoren

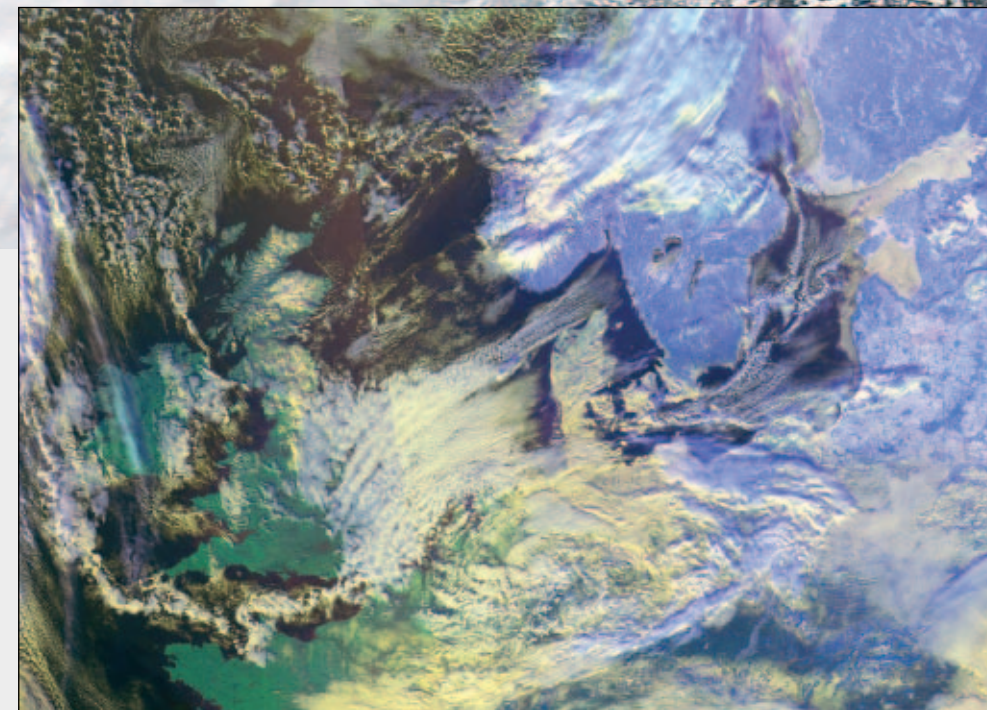
Het temperatuurverschil tussen de lucht en het wateroppervlak is niet de enige factor die een rol speelt bij de vorming van sneeuw achter het Eriemeer en de andere Grote Meren. Zo moet er voldoende wind staan om de arctische lucht te kunnen doen uitstromen over het meer en om de opgewarmde lucht de an-

dere oever op te voeren. Bij meer wind is de uitwisseling tussen het warme water en de koude lucht effectiever. Het moet ook weer niet te hard waaien; als de arctische lucht te snel over het meer wordt gejaagd, is er te weinig tijd om vocht en warmte op te pikken.

De windrichting bepaalt waar de sneeuwbuien zullen toeslaan. Bovendien bepaalt zij de zogeheten strijklengte, de afstand waarover de koude lucht in contact is met het relatief warme water van het meer. Om flinke convectie te krijgen is een strijklengte van ten minste tachtig kilometer nodig. Voor het Eriemeer en het Ontariomeer betekent dit dat de koude lucht bij voorkeur over de volle lengte van de meren moet strijken. Het Huronmeer, het Bovenmeer en het Michiganmeer zijn breed genoeg om ook bij een luchtstroming dwars op het meer sneeuwbuien te krijgen.

De mate van onstabieleit van de atmosfeer bepaalt tot hoe hoog de sneeuwbuien zich kunnen ontwikkelen. In de koude lucht bevindt zich vaak een inversie, die de verticale ontwikkeling van de buien belemmert. Als de inversie niet hoger ligt dan duizend meter, is de grenslaag te dun voor de vorming van fikse buien. Is de grenslaag dikker dan 2500 meter, dan valt er gewoonlijk een dik pak sneeuw.

De condensatiewarmte die vrijkomt bij de wolkenvorming boven het meer, is een belangrijke bron van energie voor de sneeuwbuien. Verder speelt de relatieve vochtigheid van de aangevoerde arctische lucht een rol. Naarmate deze lucht droger is, duurt het langer en is er dus een grotere strijklengte nodig om de lucht verzadigd te doen raken. Ook de eigenschappen van het terrein aan de lijszijde van het meer spelen een rol. Hoe ruwer het landschap, des te meer wordt de luchtstroming afgeremd. De vertraagde lucht moet naar boven uitwijken, wat eventuele buien een extra stimulans geeft. Als de oevers enkele honderden meters boven het niveau van het meer liggen, krijgen buien een nieuwe impuls. Op jaarbasis levert een hoogteverschil van



honderd meter vijftig centimeter extra sneeuw op of meer.

Meer locaties

Het warmwatereffect zoals dat optreedt bij de Grote Meren in de Verenigde Staten en Canada, komt ook op andere plaatsen op aarde voor. Als kou uit Siberië naar het oosten wegstroomt, treedt het verschijnsel op boven de Japanse Zee en valt er veel sneeuw langs de westkust van de Japanse Eilanden Honshu en Hokkaido. Is de stroming iets zuidelijker, dan strijkt ze over de Gele Zee en brengt sneeuw in delen van Korea. Dichter bij huis komen de convectieve sneeuwbanden ook voor boven de Finse Golf, wanneer een oostnoordoostelijke stroming er koude lucht uit Siberië aanvoert. Gezien de vorm van de Finse Golf treedt daar meestal een enkelvoudige sneeuwbuienband op; Europese meteorologen spreken dan van *lijnconvergentie*. Een enkele maal zie je tijdens een koude winter ook boven de Noordzee het warmwatereffect optreden (foto hierboven). Nergens zijn de sneeuwbuien echter zo frequent en zo intens als in het gebied van de Grote Meren. Dat komt door een aantal 'gunstige' geografische factoren. Zo vormen de Grote Meren, na de ijskappen van de polen, de grootste zoetwaterbron ter wereld. Daarbij liggen ze ongeveer midden tussen de evenaar en de Noordpool, omringd door een groot continent. Elk afzonderlijk meer heeft de omvang van een kleine door land omgeven zee. Verder liggen de meren op een afstand van el-

Warmwatereffect boven de Noordzee, 6 januari 2003. Het beeld is afkomstig van de Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) van de Amerikaanse operationele weersatelliet NOAA 16. Het beeld is samengesteld uit stralingsmetingen in verschillende kanalen of golflengtegebieden: zichtbaarlichtkanalen 1 en 2 en infraroodkanaal 4. De beeldbewerking vond plaats op het Institut für Meteorologie van de Freie Universität van Berlijn.

kaar die kleiner is dan hun eigen lengte. Al deze factoren dragen bij aan het unieke weer in het merengebied.

Seizoengebonden

Sneeuwval als gevolg van het warmwatereffect treedt in het merengebied vooral op in november en december, met eventueel een uitloop tot in januari. Van augustus tot en met oktober is het water van de meren eveneens relatief warm, maar de buien die zich dan ontwikkelen brengen regen. De eerste maanden van het jaar vormt zich ijs op de meren. Het moment waarop het ijs komt en de hoeveelheid ijs variëren van jaar tot jaar en van meer tot meer. Als het ijs er is, is het met de sneeuwbuien goeddeels gedaan.

Van maart tot augustus is het water van de meren relatief koel; dan gaat er juist een stabiliserend effect van uit: langs de oevers is het zonniger dan op grotere afstand van het meer. Voor een reis van Cleveland naar Buffalo is dit dus een veel geschiktere periode.

Literatuur:

Sousounis, P.J., 2003, Lake-effect storms; in: Holton, J.R., Curry, J.A. & Pyle, J.A., *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, Vol 3, 1104-1115, Amsterdam, Academic Press.

Kees Floor*

* Kees Floor is als hoofd van de afdeling Meteorologische Opleidingen werkzaam bij het KNMI in De Bilt.