

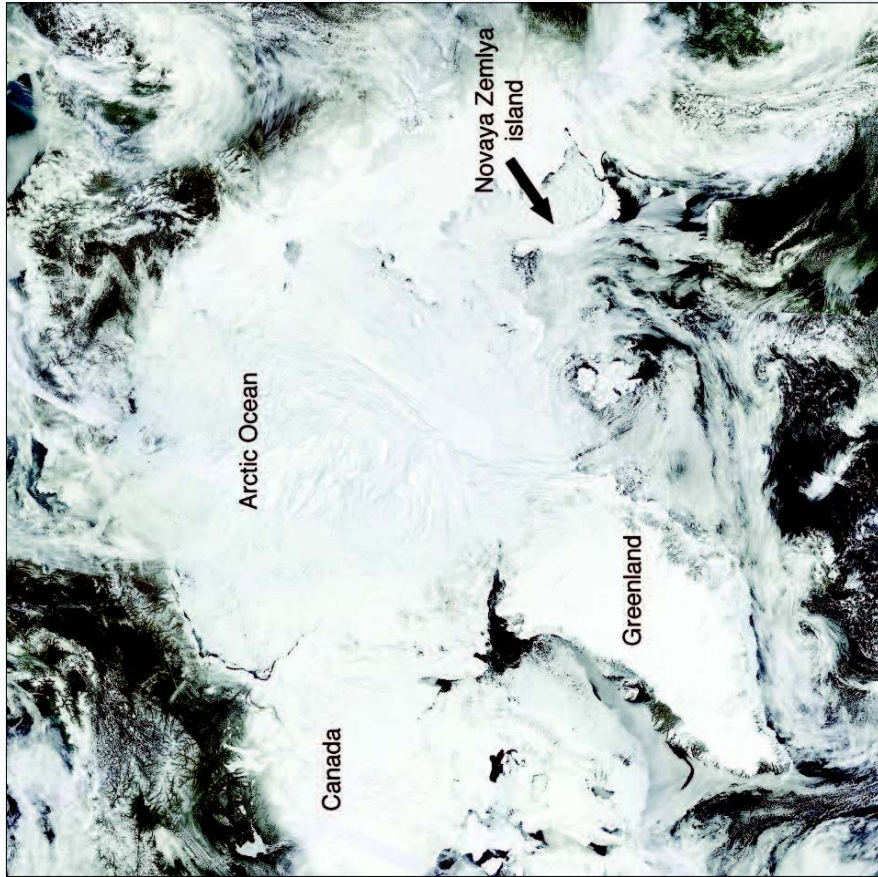
Satellietmetingen van zee-ijs

De omvang van het zee-ijs in het noordpoolgebied was de afgelopen zomer minder dan normaal. Het record van 2007 werd echter niet overtroffen en ook vorig jaar was het gebied met zee-ijs kleiner. Wel blijft er over de jaren heen sprake van een afnemende tendens. Maar ... hoe weten we dat eigenlijk? Hoeveel ijs moet er drijven om van een zee-ijsbedekking te spreken. En wat is normaal?

Zee-ijs is bevroren zeewater dat drijft op het onderliggende oceanwater. De omvang van het gebied dat met zee-ijs bedekt is, varieert met het seizoen. 's Winters groeit het zee-ijs aan en bereikt in het noordpoolgebied vervolgens zijn maximale omvang in februari of maart. In de daaropvolgende zomer maanden smelt het ijs gedeeltelijk weer weg, om in de tweede helft van september een voor dat kalenderjaar minimale omvang te bereiken.

Het meeste zee-ijs van het noordelijk

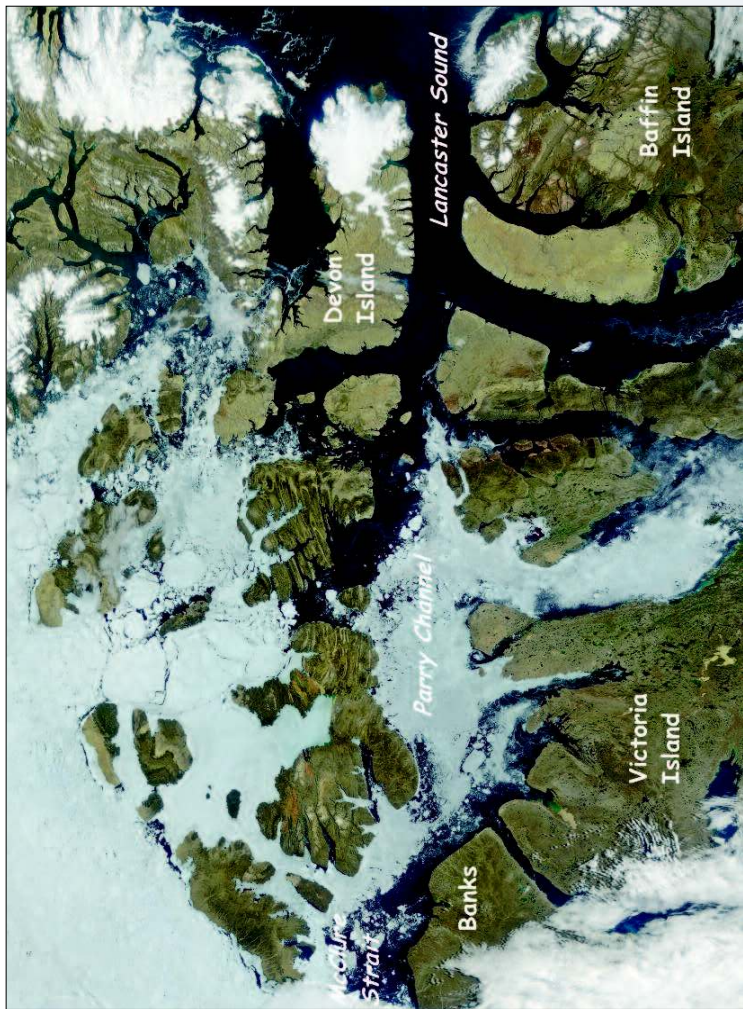
halfmond drijft op de Noordelijke IJszee (Arctic Ocean in figuur 1), de kleinste en ondiepste van de vier oceanen. Doordat deze grotendeels omringd is door land, kan het ijs slechts bij een beperkt aantal windrichtingen wegdrijven naar zuidelijker breedtes om daar geleidelijk weg te smelten. In de winter vormt zich ook zee-ijs in gebieden buiten de Noordelijke IJszee, zoals de Groenlandzee, de Labradorzee, de Beringzee, de Hudsonbaai, de Baffinbaai en de Zee van Ochootsk.



1. Satellietbeeld van de Noordelijke IJszee (Arctic Ocean) en het aangrenzende land van Groenland (Greenland), Canada en Rusland (bovenin het beeld). Het zichtbaarheidsbeeld in natuurlijke kleuren dateert van 29 mei 2009. Ijs en bewolking zijn wit, open water is donker. Het ijs in de Barentssee (tussen Rusland, Nova Zembla (Nova Zemlya) en Spitsbergen) begint in stukken te breken. Ook zit er al water in de Baffinbaai ten westen van Groenland en in de Beaufortzee voor de kust van Canada en Alaska. Instrument: MODIS. Satelliet: Terra. Bron: National Snow and Ice Data Center (NSIDC) en NASA/GSFC MODIS Rapid Response Team.

Kees Floor

Kees Floor verzorgt cursussen, workshops, lezingen en geschreven teksten over het weer en aanverwante onderwerpen. Veel van zijn bijdragen aan Zenit (en andere tijdschriften) zijn te vinden op keesfloor.nl

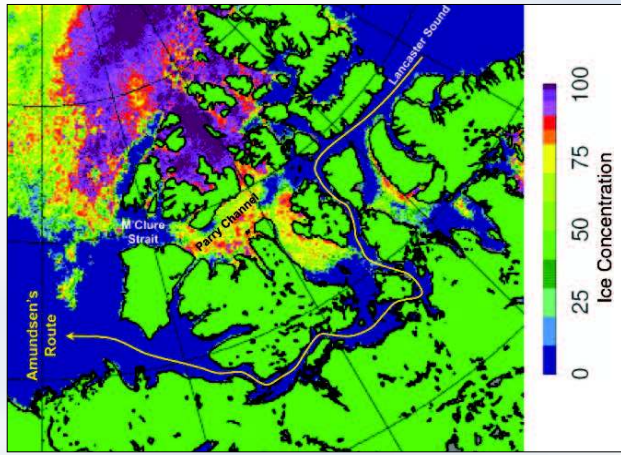


2. Satellietbeeld van de Noordwestpassage op 27 augustus 2009. De vrijwel altijd door ijsgang geblokkeerde noordroute ten noordoosten van Canada, loopt door Lancaster Sound, noord van Victoria Island door Parry Channel en door McClure Strait. In dit geval blokkeert ijs in het westelijk deel van Parry Channel de route. Een veel moeilijker bevaarbare, zuidelijker gelegen variant, ten zuiden van Victoria Island langs ijs at en toe open en was dat ook op het tijdstip dat de satelliet overkwam. De beide varianten van de noordwestpassage zijn ingetekend in het satellietbeeld van figuur 6. Het satellietbeeld van figuur 3 bevat alleen de zuidelijke variant. Instrument: MODIS. Satelliet: Aqua. Bron: NASA/GSFC MODIS Rapid Response Team.

Satellietmetingen van zee-ijs

Sinds 1979 leveren satellieten meetgegevens die een onafgebroken en samenhangend beeld geven van de hoeveelheid zee-ijs in het Noordpoolgebied. De meetreeks met betrouwbare metingen is dus betrekkelijk kort, eigenlijk te kort om van klimatologie te kunnen spreken. Om eventuele trends in de zee-ijsbedekking te bepalen, vergelijkt men actuele waarnemingen met de mediaan over de periode 1979 tot 2000. De helft van de in die periode waargenomen ijsbedekkingen is kleiner, de andere helft groter dan de mediaan. Voor het satelliettijdperk begon, was men aangewezen op poolexpedities, dure, tijdrovende en gevaarlijke ondernemingen. De meeste oudere waarnemingen komen uit Rusland, dat vanaf 1928 bases inrichtte in het Russische deel van het Noordpoolgebied. Daarvoor waren er eind negentiende eeuw waarnemingen van walvisvaarders.

Voor de periode 1954-1993 is een onafgebroken meetreeks beschikbaar van Russische ijswaarnemingen. Met het uiteenvallen van de Sovjet Unie in 1993 kwam er ook een eind aan de routinematige waarnemingen. Gelukkig waren er tegen die tijd



3. Ijsbedekking op 10 augustus vorig jaar (2008) in het gebied rond de noordwestpassage, gebaseerd op microgolfmetingen van de Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) op de Amerikaanse Terra-satelliet. De gele lijn duidelijke variant van de noordwestpassage, die in 1903 werd bevaarbaar door de Noorse ontdekkingsreiziger Amundsen. Bron: NSIDC en Universiteit van Bremen.

volgende satellieten in bedrijf om de waarnemingsreeksen te kunnen voortzetten. Ze worden aangevuld met de resultaten van incidenteel veldwerk, de meetgegevens van boeien en de weerwaarnemingen van automatische stations. De grens tussen gebieden met en die zonder zee-ijis legt men bij 15%, omdat de recente satellietwaarnemingen en de oudere visuele waarnemingen dan het best op elkaar aansluiten.

Satellietbeelden

Satellietbeelden van het noordpoolgebied wekken vaak de indruk dat de omvang van het gebied dat bedekt is met zee-ijis eenvoudig is vast te stellen. De bruikbaarheid van de 'klassieke' beelden in het zichtbaar licht (zoals figuren 1 en 2) en in het infrarood (niet afgebeeld) is echter beperkt. In beide golflengtegebieden belemmert bewolking het zicht op het wateroppervlak, het eventueel aanwezig land en, waar het in dit geval om gaat, het zee-ijis. In het Noordpoolgebied is het namelijk 70 tot 90 procent van de tijd bewolkt. Bij de zichtbaarlichtbeelden is bo-

om zo toch een detecteerbaar signaal te krijgen. De resolutie van deze metingen is dan ook niet zo hoog. Toch speelt deze techniek de belangrijkste rol bij het monitoren van het ijs in de Noordelijke IJszee. Op dit moment zijn het vooral de Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) op de Amerikaanse Terra-satelliet en de Special Sensor Microwave Imager/Sounder (SSMIS) op de Amerikaanse militaire satelliet DMSP-F17, die de gegevens leveren. Zo is figuur 3 gebaseerd op AMSR-E-gegevens op SSMIS-data.

Microgolven

Om minder afhankelijk te zijn van bewolking en belichting, werkt men daarom liever met microgolven. Voorwerpen zenden niet alleen warmtestraling uit, maar ook straling in het gebied van de microgolven. De straling is zwak, maar ze wordt wel dag en nacht uitgezonden en ondervindt weinig hinder van bewolking. De hoeveelheid straling die in dit golflengtegebied wordt uitgezonden, hangt af van de natuurkundige eigenschappen van de stof. Ijs met zijn kristallijne structuur zendt meer straling uit dan water. Doordat het signaal zwak is, meet men over een groter gebied,

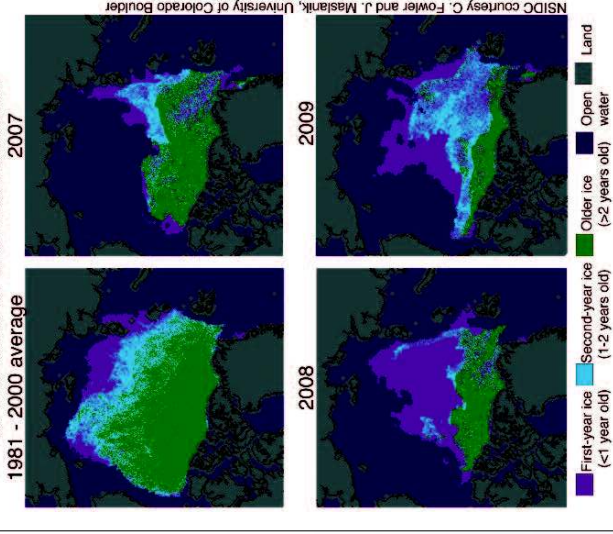
Radar

De aanwezigheid van bewolking en de afwezigheid van zonlicht vor-

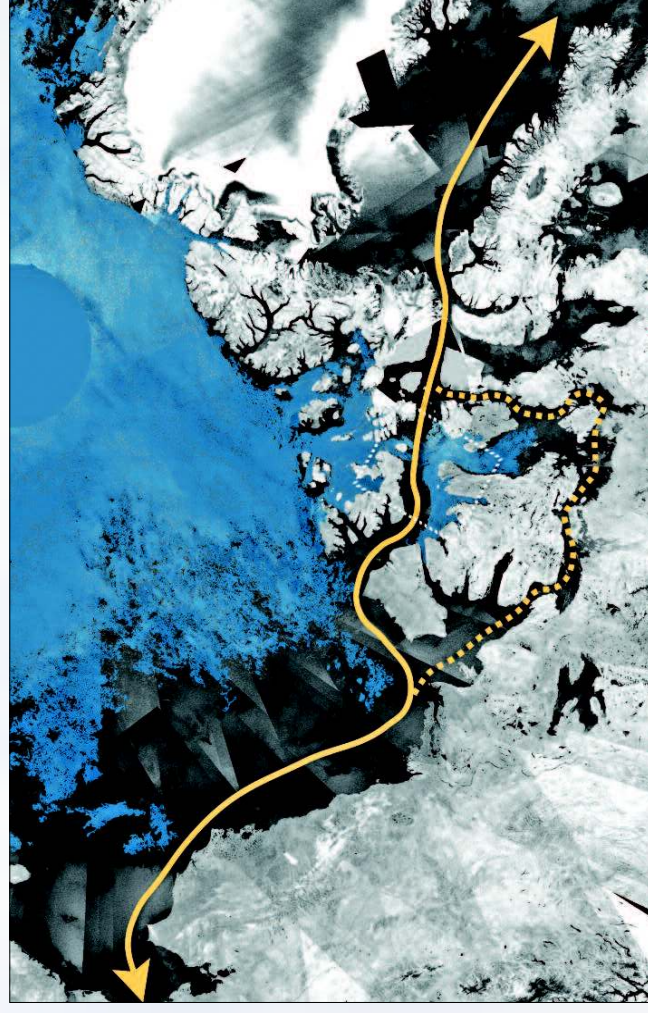
men ook geen probleem bij radar-metingen. Zee-ijis reflecteert meer van de door een synthetische aperture radar (SAR) op een satelliet uitgezonden radarstraling dan zeewater, zodat het onderscheid goed kan worden gemaakt. De resolutie van de SAR-beelden is zelfs zo goed dat ook kleine watergeulen in het ijs zichtbaar zijn (zie ook figuur 6). Op de radarbeelden ziet ouder ijs er ook anders uit dan jonger ijs. Het jongere ijs bevat nog zeewater; in het oudere ijs zitten meer luchtbelletjes; deze verschillen leiden tot verschil-

len op het radarbeeld. De leeftijd en de daarmee samenhangende dikte van het ijs zijn van belang om een inschatting te maken van de kwetsbaarheid van het zee-ijis gedurende de zomerperiode. Vooral ijs dat in de winter nieuw is ontstaan, loopt een groot risico gedurende de daarop volgende zomer weer te verdwijnen. Ijs dat meer dan twee jaar oud is, komt de zomer doorgaans wel ongeschonden door. Dunner ijs heet minder energie nodig om te smelten. Ook breekt het sneller, waarbij er meer

Arctic sea ice age at the end of the melt season 1981 - 2000 average



7. De leeftijd van het zee-ijis aan het eind van de zomer. Ijs van twee jaar of ouder is groen, ijs jonger dan 1 jaar paars, open water donkerblauw en land grijs. Het tweedejaarsijs (lichtblauw) is de afgelopen zomer toenomen ten opzicht van vorig jaar. De omvang van het oudere ijs is echter zorgelijk en ligt ver onder het niveau van de periode 1981-2000. Bron: NSIDC, NASA/Earth Observatory en C. Fowler en J. Maslanik, University of Colorado.



6. Mozaiek van radarbeelden van een deel van het noordpoolgebied, midden augustus 2008, dus kort voor het zee-ijsminimum van vorig jaar. De stroken waaruit het beeld is opgebouwd, zijn in de afbeelding terug te vinden. De dekking rond de noordpool is onvoldoende, zodat daar geen waarnemingen beschikbaar zijn (grijze cirkel). Ijs is blauw weergegeven; open water is donker, land is lichter van tint. De oranje lijn geeft de route door de zogeheten noordwestpassage, van de Labradorzee langs Canada en Alaska naar de Beringstraat; de route is vrijwel ijsvrij. De oranje stippellijn geeft een alternatieve route, de zogeheten Amundsen noordwestpassage, die op dat tijdstip al bijna een maand geheel ijsvrij was. Instrument: Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR). Satelliet: Envisat. Bron: ESA.

5. Omvang van het zee-ijis tijdens het meest recente wintermaximum van maart 2009. De magenta kromme geeft de mediaan van de ijsrand in maart voor de periode 1979-2000. Instrument: SSMIS. Satelliet: DMSP-F17. Bron: NSIDC.

4. Zomerminimum van het zee-ijis in het Noordpoolgebied

12 september 2009. De figuur is gebaseerd op waarnemingen van de Special Sensor Microwave Imager/Sounder (SSMIS) op de Amerikaanse militaire satelliet DMSP-F17. De magenta kromme geeft de mediaan van de ijsrand tijdens het zomerminimum voor de periode 1979-2000. Bron: NSIDC.

5. Omvang van het zee-ijis tijdens het meest recente wintermaximum van maart 2009. De magenta kromme geeft de mediaan van de ijsrand in maart voor de periode 1979-2000. Instrument: SSMIS. Satelliet: DMSP-F17. Bron: NSIDC.

6. Mozaiek van radarbeelden van een deel van het noordpoolgebied, midden augustus 2008, dus kort voor het zee-ijsminimum van vorig jaar

De stroken waaruit het beeld is opgebouwd, zijn in de afbeelding terug te vinden. De dekking rond de noordpool is onvoldoende, zodat daar geen waarnemingen beschikbaar zijn (grijze cirkel). Ijs is blauw weergegeven; open water is donker, land is lichter van tint. De oranje lijn geeft de route door de zogeheten noordwestpassage, van de Labradorzee langs Canada en Alaska naar de Beringstraat; de route is vrijwel ijsvrij. De oranje stippellijn geeft een alternatieve route, de zogeheten Amundsen noordwestpassage, die op dat tijdstip al bijna een maand geheel ijsvrij was. Instrument: Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR). Satelliet: Envisat. Bron: ESA.

7. De leeftijd van het zee-ijis aan het eind van de zomer. Ijs van twee jaar of ouder is groen, ijs jonger dan 1 jaar paars, open water donkerblauw en land grijs. Het tweedejaarsijs (lichtblauw) is de afgelopen zomer toenomen ten opzicht van vorig jaar. De omvang van het oudere ijs is echter zorgelijk en ligt ver onder het niveau van de periode 1981-2000. Bron: NSIDC, NASA/Earth Observatory en C. Fowler en J. Maslanik, University of Colorado.

8. Mozaiek van radarbeelden van een deel van het noordpoolgebied, midden augustus 2008, dus kort voor het zee-ijsminimum van vorig jaar

De stroken waaruit het beeld is opgebouwd, zijn in de afbeelding terug te vinden. De dekking rond de noordpool is onvoldoende, zodat daar geen waarnemingen beschikbaar zijn (grijze cirkel). Ijs is blauw weergegeven; open water is donker, land is lichter van tint. De oranje lijn geeft de route door de zogeheten noordwestpassage, van de Labradorzee langs Canada en Alaska naar de Beringstraat; de route is vrijwel ijsvrij. De oranje stippellijn geeft een alternatieve route, de zogeheten Amundsen noordwestpassage, die op dat tijdstip al bijna een maand geheel ijsvrij was. Instrument: Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR). Satelliet: Envisat. Bron: ESA.