

Polar Portalens Sæsonrapport 2016

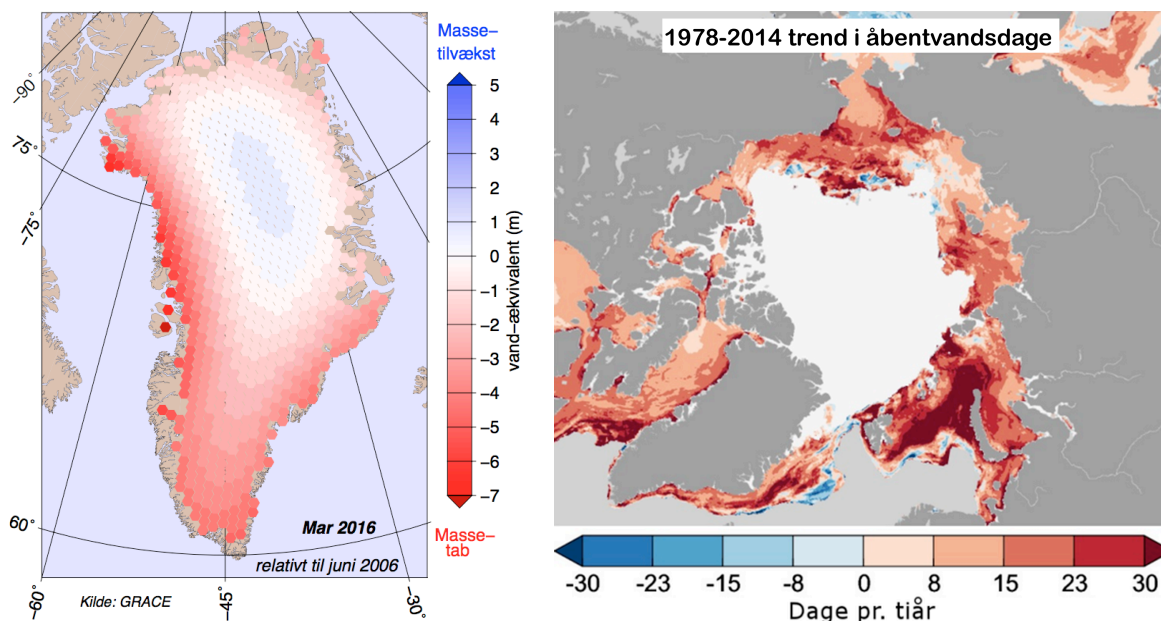
Mindre is – både til lands og til vands

Årets rapport er den fjerde siden Polarportalen blev lanceret, og vi har valgt at indlede med at se lidt på tendenserne i de forandringer, der er sket i Arktis såvel på havet som på Indlandsisen.

Hvis man ser på Indlandsisen, så fortsætter afsmeltningen omtrent i den takt, vi har set siden årtusindskiftet. Der er godt nok både varme og kolde år – men støt og roligt går det én bestemt vej – massetabet fortsætter. I perioden 2003-2016 har Indlandsisen i gennemsnit mistet 268 Gt is om året. Denne udvikling er afdækket via data fra GRACE-satellitterne.

Når man ser på havisen, er der en tilsvarende udvikling. Her er der også år med mere eller mindre havis, men set over flere år svinder havisen mere og mere. Den del af året, hvor

havet i Arktis er dækket af is, er forkortet med en til tre måneder siden slutningen af 1970'erne. Det er konklusionen på nye beregninger fra DMI med baggrund i satellitdata fra 1978 til 2015. Når issæsonen bliver kortere, så bliver den såkaldte åbentvandsæson til gengæld længere. Og det udgør i sig selv en trussel mod havisen. Når isen er væk, får Solen nemlig længere tid til at varme vandet op i løbet af sommeren. Det forsinker opfrysningen om efteråret, og isen har nu kortere tid til at vokse sig tyk i løbet af vinteren. Det gør, at den er tyndere om foråret, og derfor bryder den også tidligere op.



Figur 1. Trends over flere år. Kortet til venstre viser totalmassetabet på Indlandsisen til og med marts 2016 relativt til juni 2006 i meter vandækvivalent. Jo mørkere rød farve, desto større er massetabet. I Nordvestgrønland er iskapen blevet 7 m tyndere gennem de sidste 10 år. Kortet til højre viser ændringen i antal dage med åbent vand i Arktis pr. tiår i perioden 1978 til 2014. Jo mørkere rød farve, desto længere er åbentvandsæsonen, og jo kortere er issæsonen blevet. Mellem Svalbard og Nowaja Semlja er åbentvandsæsonen blevet tre måneder længere gennem de sidste 37 år. Enkelte områder har tilsyneladende den modsatte tendens. Det skyldes dels, at analysen i de områder er baseret på relativt få observationer, samt at analysemetoden ikke fungerer for nyis i meget dynamiske områder. Tendenserne i de blå områder er ikke signifikante.

Der er altså et klart mønster for udviklingen af både havisens og Indlandsisens tilstand i Arktis – der bliver mindre af begge dele. Det varmere klima i Arktis betyder bl.a. fortsat afsmeltning af gletsjer-is, og det har flere konsekvenser end bare stigende vandstand i havet. Det kan øge tilførslen af næringsstoffer til havet. Og det kan nedsætte havets evne til at absorbere CO₂. Det er forandringer, der kan have stor betydning for skibsfart, fangersamfund, infrastruktur, arktisk fødekæde og fiskeri. Og det er forandringer, der allerede har afstedkommet, og som fortsat kræver, en større opmærksomhed på sammenhængen mellem is-udviklingen på hav og land.

I det følgende ser vi på de væsentligste overvågningsresultater i Arktis i 2016:

- Tidlig afsmeltning på grund af rekordvarme i Grønland
- Største tab af gletsjerareal siden 2012
- Stor, men ikke rekordstor, smeltesæson
- Albedoen af Indlandsisen var i 2016 den femtelaveste i 17 år
- Havisen i Arktis nåede et lavt, men ikke rekordlavt, niveau i 2016

Tidlig afsmeltning på grund af rekordvarme i Grønland

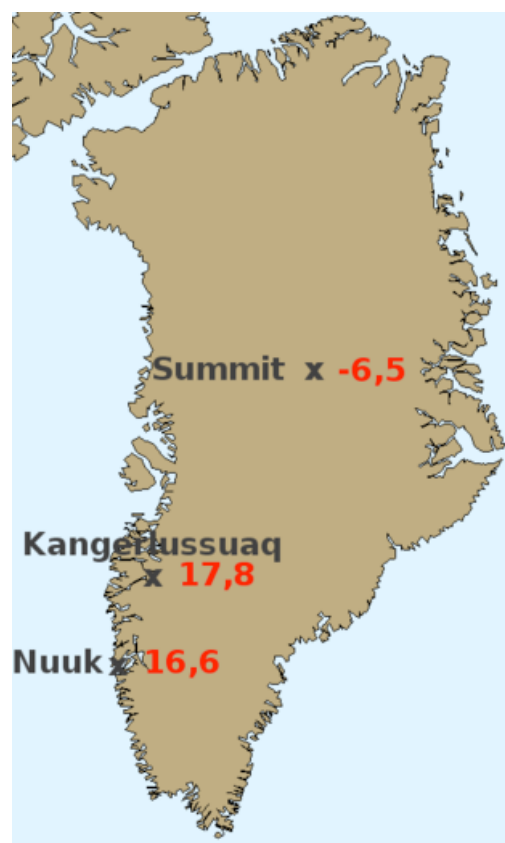
I april oplevede Grønland, at der strømmede meget varm luft op fra sydvest, som bl.a. gav regn langs kysten. Det medførte flere varmerekorder, og det førte til en rekordtidlig afsmeltning fra Indlandsisen. I bygden Kangerlussuaq blev den tidligere varmerekord på 16,0°C fra 1996 afløst af en ny på 17,8°C (11. april 2016). I Nuuk blev den gamle varmerekord på 13,0°C fra 1969 overgået af en ny på 16,6°C (11. april 2016). Og på forskningsstationen Summit, som ligger i ca. 3000 meter højde midt på Indlandsisen, blev den tidligere varmerekord fra 2007 på -8,2°C afløst af en ny på -6,5°C (12. april 2016). Samlet set betød denne varme, at der kom ualmindelig tidligt gang i afsmeltningen af den grønlandske indlandsis i 2016.

På trods af dette blev kriteriet for sæsonstart dog ikke opfyldt. Kulden vendte nemlig hurtigt tilbage, og først mellem den 10. og 12. maj 2016 smeltede Indlandsisen så meget, at sæsonen for afsmeltning officielt startede.

Man definerer starten på smeltesæsonen som den første dag af en periode på tre dage i træk, hvor mere end 5% af Indlandsisens areal er udsat for afsmeltning.

Senere på sommeren blev der igen målt rekordhøje temperaturer. Den gennemsnitlige sommertemperatur var for eksempel

8,2°C ved Tasiilaq på sydøstkysten, hvilket er 2,3°C over gennemsnittet for 1981-2010 og dermed en rekord siden 1895, hvor målingerne på stedet begyndte. Der blev ligeledes sat rekorder i Narsarsuaq i det sydlige Grønland og i Danmarkshavn i nordøst.



Figur 2: De tre varmerekorder for april måned 2016. Grafik Henning Gisselø.

Varmerekorderne var ikke de eneste denne sæson. Der er også både sat kulderekord og rekord for laveste nedbør. I juli måned fik Tasiilaq i alt kun 0,1 mm nedbør, og det er ikke sket siden 1898, hvor disse målinger begyndte. Og selv om den grønlandske sommer generelt har været varm, så blev der også sat kulderekord d. 1. august, hvor DMI's

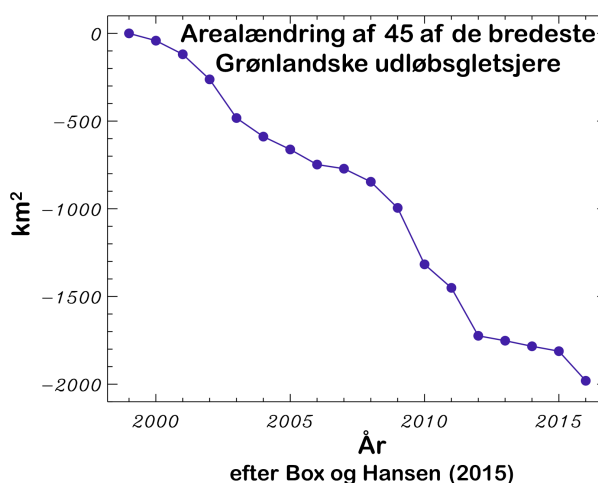
målestation på Summit – midt på Indlandsisen – registrerede $-30,7^{\circ}\text{C}$. Det er den laveste julitemperatur, der eksisterer fra den målestation. Teknisk hører rekorden til juli, fordi den falder inden for det måledøgn, som slutter 1. august klokken 06.00 UTC. Den tidligere rekord var fra 1992 – på $-27,7^{\circ}\text{C}$.

Største tab af gletsjerareal siden 2012

GEUS gennemfører årlige undersøgelser af ændringer i udstrækningen af 45 af de bredeste gletsjere i Grønland (Box og Hansen, 2015). I 2016 trak 22 af disse sig tilbage (101 km^2 tab), 11 gik frem (41 km^2 forøgelse) og 12 forblev uændrede, således at nettotabet er 60.6 km^2 , det største tab siden rekordåret 2012. Disse tal indeholder dog ikke tabet fra Spalte Gletsjeren, hvor en isflade af cirka 100 km^2 (på størrelse med Amager) rev sig næsten men endnu ikke helt løs.

Jo varmere det er om sommeren, desto mere is smelter, og noget af smeltevandet løber ned i gletsjerspalter, som dermed presses mere åbne. På denne måde kan varme somre føre til større tilbagetrækning af gletsjerne. Sammenholdes et samlet mål for gletsjertilbagetrækningen med sommertemperaturerne ved 12 DMI-vejrstationer rundt langs Grønlands kyst, så

ses sammenhæng ved 8 af disse 12 stationer med mere end 80% sikkerhed og ved 4 af dem med mere end 95%.

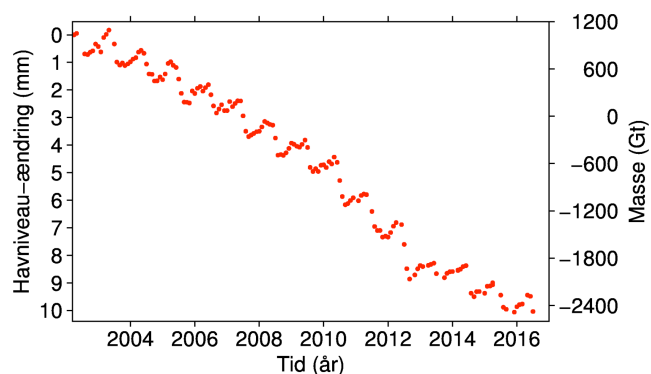


Figur 3: Arealændring af 45 af de bredeste Grønlandske udløbsgletsjere, inklusive Spalte Gletsjeren, se tekst.

Iskappens bidrag til havniveaustigning

(Data til at beregne det totale massetab i smeltesæsonen 2016 er endnu ikke til rådighed)

Som det ses af Figur 4, følger massetabet fra Grønlands indlandsis igen omtrent forløbet fra før rekordåret 2012, hvor der var rekordstor overfladeafsmeltning og et usædvanlig stort samlet massetab, som svarede til en havstigning på 1,7 mm. Vi kan endnu ikke beregne det totale massetab og dermed havniveaustigningen for smeltesæsonen 2016, fordi data kun er til rådighed til og med juli 2016.



Figur 4: Kurven viser udviklingen i den totale massebalance måned for måned, målt i Gt (1 Gt er 1 mia. tons eller 1 km^3 vand. 100 Gt svarer til 0,28 mm globalt havniveau). Alle ændringerne er i forhold til juni 2006.

Massetab og havniveau

Satellitobservationer med GRACE siden 2002 viser, at Grønlands indlandsis har mistet masse med omtrent 268 Gt pr år i perioden, hvor vi har observationer, dvs. i mere end et årti. 1 Gt er 1 milliard ton og svarer til 1 kubikkilometer vand. Et massetab på 100 Gt svarer til en havstigning på 0,28 mm. Et massetab på 250 Gt pr år svarer altså til en havstigning på ca. 0,7 mm årligt, og det samlede massetab over GRACE-perioden (siden 2002) svarer til ca. 1 cm global middelhavniveaustigning fra Grønland.

Stor, men ikke rekordstor, smeltesæson

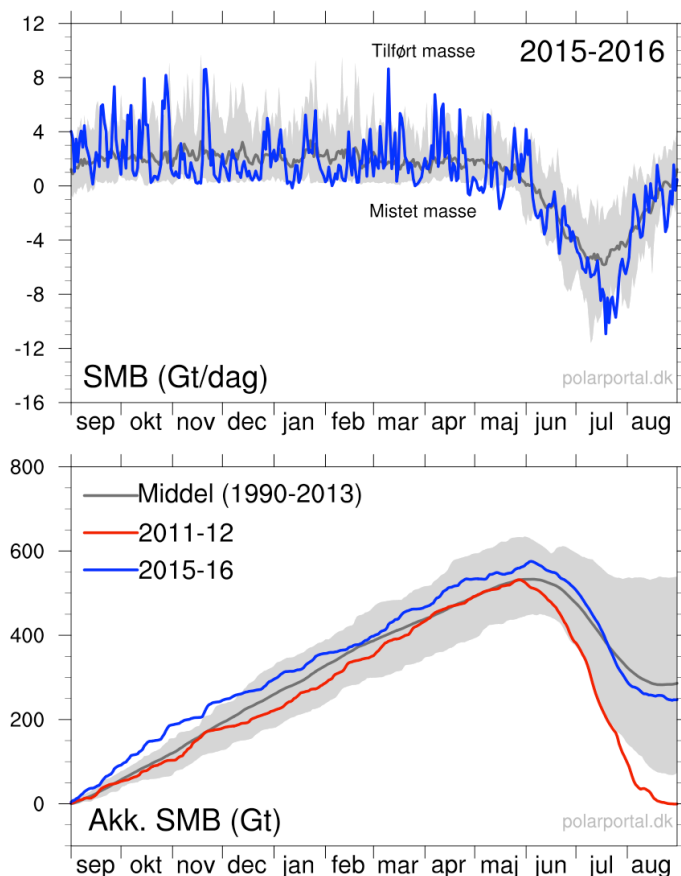
Ligesom i 2015 blev afsmeltningen fra Indlandsisens overflade i 2016 større end normalen. Årstotalen for Indlandsisens overflademassebalance (SMB) endte på 247 Gt.

Historien om overflademassebalancen for sæsonen 2015-16 handler om usædvanligt vejr, som alligevel i sidste ende førte til et gennemsnitligt resultat. På trods af den store afsmeltning tidligt i april endte overflademassebalancen for 2016 nemlig på 247 Gt (i perioden september 2015 til august 2016), ca. 40 Gt under gennemsnittet for perioden 1991-2013 på 286 Gt. Vinteren bød ellers på meget sne med en akkumulation på 576 Gt i perioden fra september 2015 til primo juni 2016, og det er 35 Gt over gennemsnittet. Men den lave overflademassebalance er resultatet af en høj sommerafsmeltning på 328 Gt, som er ca. 75 Gt over normalen. Afsmeltningen var altså høj, men ikke rekordhøj.

Ved universitetet i Liege foretages lignende beregninger af SMB, men med et andet input af vejrdata og en anden sne/is-model. Der ses på lignende vis, at vinteren bød på meget sne og sommeren på stor afsmeltning, således at årstotalen blev lav.

Overflademassebalancen er et udtryk for den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade. Nedbør er med til at øge Indlandsisens masse, mens afsmeltning får Indlandsisen til at svinde. Tilvæksten forekommer typisk i ni måneder om året, mens afsmeltningen typisk forekommer i de tre sommermåneder juni, juli og august. Man bruger begrebet ablationssæson for den periode, hvor iskappen mister mere masse

fra afsmeltning langs kanterne, end den vinder via nedbør på toppen.



Figur 5: Den øverste kurve viser, det totale daglige simulerede bidrag til overflademassebalancen fra alle punkter på Indlandsisen. Den nederste kurve viser den samlede akkumulerede overflademasse. Den blå kurve viser sæsonen 2015-16, og det ses, at sæsonen ved afslutningen placerer sig under den grå normalkurve, men ikke udenfor normalområdet som år 2012 (rød kurve).

På polarportalen definerer vi starten af ablationssæsonen som den første af tre dage i træk, hvor isen har mistet mere end 1 Gt fra overfladen til havet. Det var i år d. 6. juni. Og det er den sjette tidligste start på ablationssæsonen i de 27 år, der er foretaget den slags beregninger.

Afsmeltning fra Indlandsisen måles direkte på udvalgte steder under PROMICE-projektet. Observationer fra de omkring 20 vejrstationer i Indlandsisens smelteområde viser lufttemperaturer, der er over gennemsnittet. Det gælder for 88% af alle målinger fra januar til august. Særligt i april blev der målt rekordhøje temperaturer på mere end halvdelen af målestationerne.

Månederne maj til august var også ualmindelig varme ved iskappens rand i den

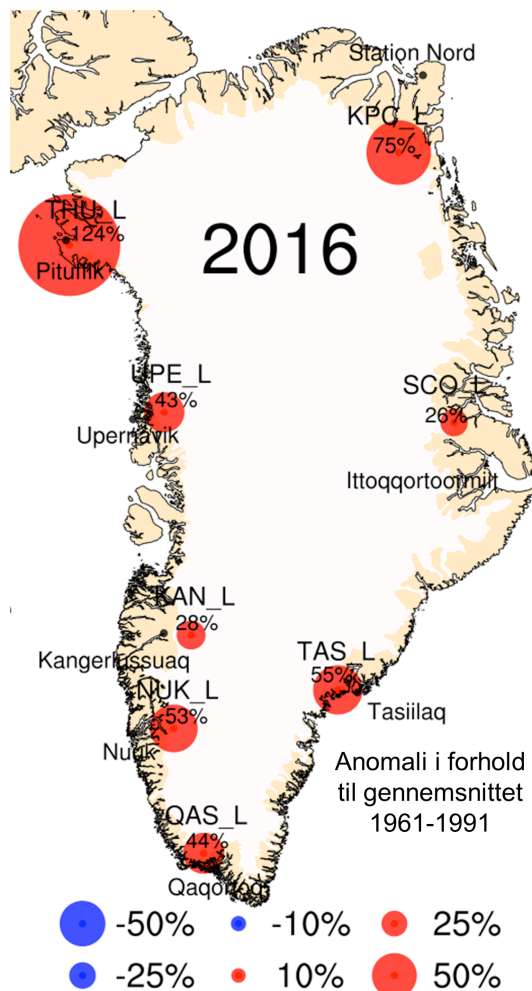
østlige del af Scoresbysundregionen og i mindre grad ved regionerne Station Nord (nordøst) og Thule (nordvest).

Sommertemperaturerne i juni, juli og august var langs resten af iskappens rand tæt på gennemsnittet for 2008-2016 – bortset fra de sydligste egne i Qassimiut og Nuuk regionerne, hvor temperaturerne igen var meget høje.

For otte udvalgte smeltemålinger blev der fundet værdier over normalen. Den samlede netto-afsmeltningsanomali for hele året er positiv langs hele iskappens rand. Den største afvigelse i smeltning blev set i Pituffik (nordvest) på 124%. Og den største årlige smeltning blev fundet ved QAS_L med en samlet smeltning på 7,4 m is.

Overflademassebalance

Overflademassebalancen er et udtryk for den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade. Nedbør er med til at øge Indlandsisens masse, mens afsmeltning får Indlandsisen til at svinde. I forhold til den totale massebalance fortæller overflademassebalancen om bidraget ved Indlandsisens overflade – det vil sige eksklusiv dét, der tabes, når gletsjere kælver isbjerge og smelter i mødet med varmt havvand. Siden 1990-erne har overflademasse-balancen været faldende.



Figur 6: Kortet viser netto-anomaliene for 2016 ved de lavereliggende PROMICE vejrstationer set i forhold til perioden 1961-1990. Diameter af cirklerne svarer til størrelsen af smelteanomaliene.

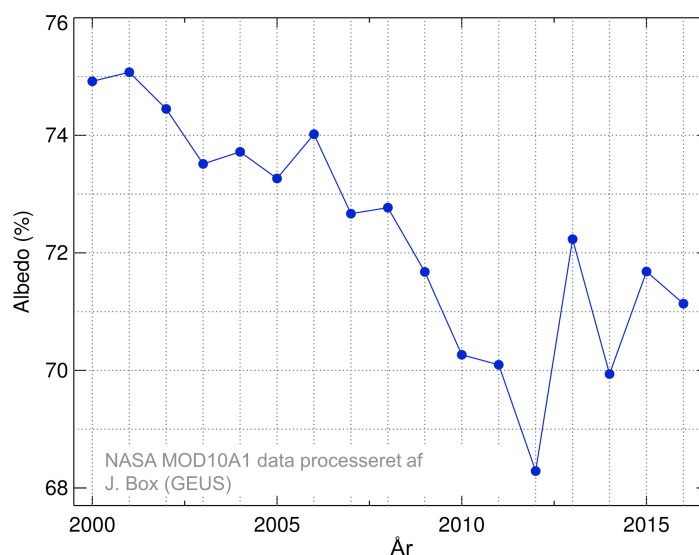
Albedoen af Indlandsisen var i 2016 den femtelaveste i 17 år

Albedoen er et udtryk for en overflades evne til at reflektere Solens stråler. Jo lysere en overflade er, desto bedre er den til at reflektere solens stråler. Mørke overflader opsuger tværtimod større mængder af solenergien som varme.

Albedoen af Indlandsisen var i 2016 den femtelaveste i de 17 år, hvor man via MODIS-instrumenter på NASA-satellitter har observeret Jordens refleksion af sollys. Målinger foretaget i juni, juli og august over hele iskappen viste, at den samlede gennemsnitlige albedo var 71,1% og det er omkring 4% lavere – det vil sige mørkere –

end i 2000-2001. Den gennemsnitlige sommer-albedo i 2016 var dog højere end den rekordlave fra 2012. Tendensen for den gennemsnitlige albedo i perioden 2000-2016 er $-5,3 \pm 1.0\%$ (for juni, juli og august) og $-6.2 \pm 1.2\%$ (for juli alene). De største albedoanomalier blev målt til omkring -20 %, og de blev registreret langs det vestlige mørke-område af iskappen, hvilket i øvrigt stemmer godt overens med albedoanomaliværdier fra de tidligere år. Kun den nordvestlige del af iskappen havde tæt på normale albedoværdier – alle andre steder på iskappen var det udbredt med lave albedoværdier.

Figur 7: Kurven viser albedo-anomalierne over Indlandsisen for juni, juli og august måned i perioden 2000-2016.



Havisen i Arktis nåede et lavt, men ikke rekordlavt, niveau i 2016

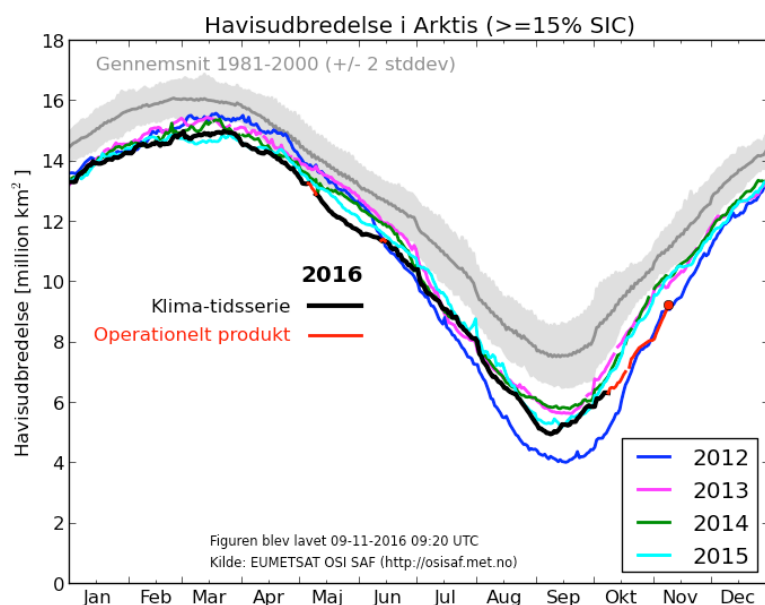
Isens udbredelse i maj og begyndelsen af juni 2016 var rekordlav, og den gennemsnitlige temperatur i nordpolsområdet gik fra frost til tør nogle dage tidligere end normalt. Begge dele var medvirkende til, at isforskere frygtede et endnu lavere minimum for havisen end i 2012. Men havisen blev reddet af sommervejret, hvor juni var kold nok til at give en opbremsning i smeltningen af havisen.

Da den arktiske havis var på sit sommer-minimum i september, blev arealet dog det

næstlaveste, siden de systematiske målinger med satellit startede i 1970'erne. Den mindste isudbredelse i 2016 blev målt den 10. september, hvor havisen i Arktis dækkede et areal på 5,1 millioner kvadratkilometer. Til sammenligning dækkede september-isen i slutningen af 1970'erne og starten af 1980'erne mellem 8 og 8,5 millioner kvadratkilometer. Siden er isudbredelsen ved sensommer-minimum i september gennemsnitligt faldet med 94.000 kvadratkilometer om året. Det svarer til, at

havisen hvert år i snit svinder med et areal, der svarer til to gange Danmarks landareal. Minimum for 2016 er meget tæt på niveauet fra 2007, der stod som bundrekord indtil katastrofeåret 2012, hvor isen nåede sin hidtil laveste udbredelse. Siden 2007 har den arktiske isudbredelse om sommeren ligget på et betydeligt lavere niveau end i 1970'erne 80'erne og 90'erne. Det lavere niveau er en konsekvens af stigende temperaturer i Arktis og en generel

udtynding af havisen. Tendensen startede allerede i 2002, hvor Beauforthavet blev et sommer-afsmeltningsområde. På grund af isbevægelsen betød det en kraftig reduktion i mængden af flerårig og tyk is, hvilket igen gav lavere overlevelseschancer for isen i Arktis om sommeren. Klimamodeller peger på, at tendensen fortsætter, og at vi allerede midt i det 21. århundrede vil komme til at opleve de første isfrie somre i Arktis.



Figur 8: DMI's kurve af havisudbredelse viser, at minimum i udbredelsen i 2016 faldt den 10. september. Billedet er baseret på EUMETSAT's OSISAF iskoncentrationsberegninger, og det viser arealet af havområder, der har mere end 15% isdække. Grafik fra Polar Portal.

Udbredelse af arktisk havis

Udbredelsen af den arktiske havis analyseres af både det amerikanske NSIDC og det europæiske EUMETSAT - og herigennem DMI. Begge centre anvender de samme satellitdata, men de behandler støj over åbent vand og langs iskanterne lidt forskelligt. Det betyder, at kurverne for udbredelsen ikke altid er helt ens. De europæiske tal er afdækket via data fra DMI-forskere, og de er bl.a. publiceret i tidsskriftet The Cryosphere.