

Polar Portalens Sæsonrapport 2018

Usædvanligt vejr gav en atypisk smeltesæson i Arktis

Sæsonen i Arktis 2017-18 har igen været ekstraordinær. En kold sommer med meget nedbør har styrket Indlandsisen. Og gletsjerne fortsætter de seneste seks års udvikling, hvor de samlet set stort set har bevaret deres areal. Havisen har til gengæld været mere udsat, og høje vandtemperaturer samt varm vind medførte, at et stort område nord for Grønland var isfrit i to perioder i henholdsvis februar og august.

Hedebølgen i Europa og den kolde grønlandske sommer hænger sammen gennem den atlantiske "vippe"

Mon ikke de fleste på den nordlige halvkugle og ikke mindst i Nordeuropa vil huske den både rekordvarme og rekordtørre sommer i 2018? I direkte modsætning havde Grønland en temmelig kold og snefuld sommer, særligt i juni og i slutningen af august, hvor en storm sendte store mængder sne ned over Indlandsisen.

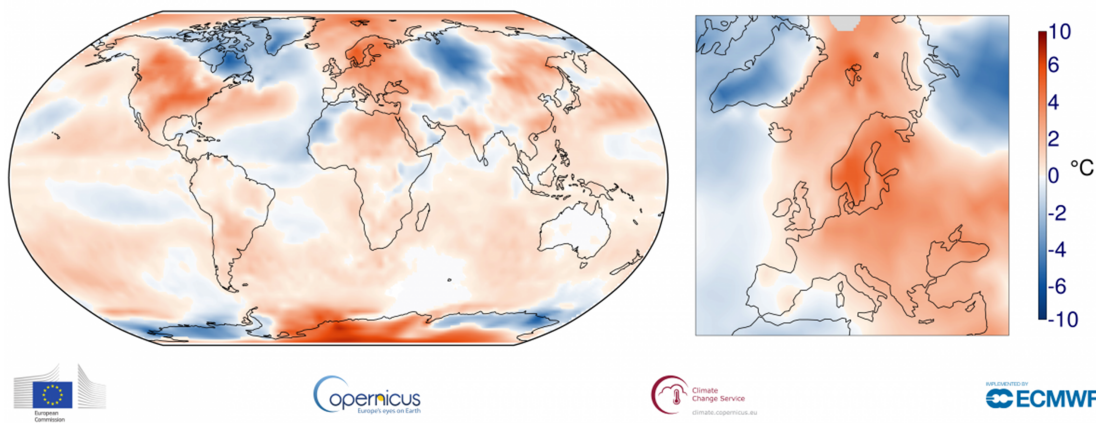
Allerede i den norske bog "Kongens Spejl" fra omkring år 1230 er der en beskrivelse af sammenhængen mellem stormvejr over Øst-Atlanten og det forhold, at kold luft fra Indlandsisen "glider" ned over de beboede områder.

Langt senere i 1770-erne opdagede den danske missionær, Hans Egede, at når vinteren i Danmark var hård, så var det modsatte tilfældet i Grønland, hvor vinteren altså var mild. Med andre ord har

man i mange århundreder kendt "vippe-sammenhængen" mellem varmt vejr i Europa og koldt vejr i Grønland (og vice versa). Og sommeren i 2018 var et særdeles tydeligt eksempel på dette forhold.

Fra slutningen af april til midten af oktober kan det fremherskende cirkulationsmønster over Skandinavien beskrives ved det græske bogstav Ω . Den type cirkulation blokerer de typiske vestenvinde, og mens varm luft bevæger sig nordpå over store dele af Nordeuropa, så vil der være kold luft fra det centrale Arktis over Island og Grønland. Det ses mest tydeligt på kortet nedenfor, som viser temperatur-anomalier for maj 2018. Dog var disse anomalier typiske den største del af perioden mellem slutningen af april og midt-oktober 2018.

Afvigelse af overfladetemperaturen for maj 2018 fra gennemsnittet 1981-2010



Figur 1: Temperatur-anomali for maj 2018, sammenholdt med gennemsnittet for 1981-2010. Credit: Copernicus Climate Change Service / ECMWF.

I det følgende ser vi på de væsentligste overvågningsresultater i Arktis i 2018:

- Vådeste maj i Grønland siden 1949
- Som året før, blev 2018 endnu et år med lav afsmeltning af Indlandsisen
- Små ændringer i gletsjernes areal
- Endnu ingen data fra GRACE Follow-On
- Indlandsisens albedo var rekordhøj i maj, juni og starten af august
- To usædvanlige åbninger i havisen nord for Grønland i 2018

Vådeste maj i Grønland siden 1949

Mens den danske sommer i 2018 var usædvanlig tør og varm fra starten af maj og helt frem til august, så var vejret helt anderledes i Grønland. Her var sommeren kold og en del steder temmelig våd, især i juni. De sidste to dage af august oplevede Grønland desuden en kraftig storm, der gav et massivt snefald over iskapen.

Siden slutningen af april var vejret præget af en serie af højtryk over Nordeuropa. Og når det er relativt varmt over Central- og Nordeuropa, så vil temperaturerne typisk være lavere end normalt i Vestgrønland. Højtrykkene blokerede de sædvanlige lavtryks veje fra vest til øst, så disse enten tog turen nordpå gennem Danmarksstrædet, eller også langt mod syd ned over Sydeuropa.

Den fastlåste situation med en lind strøm af lavtryk op gennem Danmarksstrædet gav en

del mere nedbør til østkysten end sædvanligt. Danmarkshavn fik med 35,6 mm den vådeste maj måned siden 1949, og juni blev den næstvådeste siden 1961 ved Station Nord (32,2 mm).

Temperaturmæssigt fik Østkysten en lidt varmere eller næsten gennemsnitlig maj, men ellers har vejret generelt været køligt de fleste steder i både maj og juni. Særligt fik Summit, midt på indlandsisen, ny majkulderekord den 9. maj med minus 46,5°C. I midten af august sluttede den lange sommervarmeperiode i Europa, og det førte til mere normalt vejr i Skandinavien. Det gav også en periode med kraftige vinde fra syd over det nordlige Grønland, der bl.a. oplevede en varmerekord på 17°C, som blev målt ved Kap Morris Jesup på Grønlands nordligste punkt.

Som året før blev 2018 endnu et år med lav afsmeltning af Indlandsisen

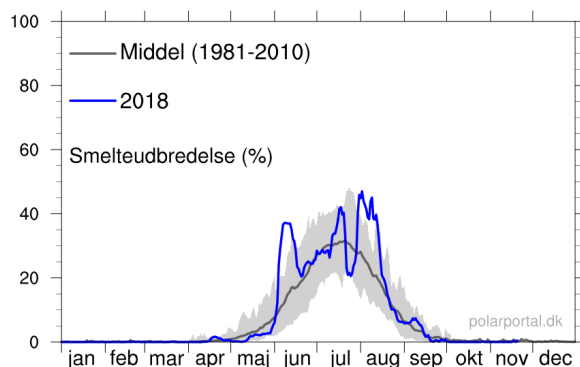
På Polarportalen benytter vi to tidspunkter til at vurdere, hvornår og hvordan afsmeltningen begynder på Indlandsisen. Det ene er begyndelsen af smeltesæsonen, defineret som den første af tre dage, hvor der vedvarende har været en afsmeltning over mere end 5% af Indlandsisens areal. Det andet er begyndelsen for ablationen, der er defineret som den første af tre dage, hvor Indlandsisen mister mere end et gigaton dagligt fra overfladen.

Smeltesæsonen startede den 31. maj 2018. Det er fem dage senere end medianen, og dermed næsten normal.

Ablationsstarten var i år den 25. juni. Det er forholdsvis sent, 13 dage efter medianen, og den niendeseneste dato siden 1981. Dette

hænger sammen med de usædvanlige cirkulationsmønstre med varm luft over store dele af Europa og kold luft omkring Grønland.

Overflademassebalancen er et udtryk for den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade og overvåges både via egentlige målinger og computersimuleringer. Den modellerede overflademassebalance (SMB) for sæsonen 2017-2018 (september 2017 til august 2018) endte på 517 Gt (et gigaton er en milliard tons, hvilket svarer til en kubikkilometer is). Det betyder, at sæsonen ligger på en sjetteplads siden 1981.



Figur 2: Kurven viser, hvor stor en procentdel af Indlandsisens samlede areal har oplevet afsmeltning, defineret som minimum 1 mm afsmeltning ved overfladen. Den blå kurve viser smelteudbredelsen i 2018, mens den mørkegrå kurve viser middelværdien for perioden 1981-2010. Det lysegrå bånd viser forskellene fra år til år, dog fratrukket den højeste og laveste daglige værdi.

Afsmeltning fra Indlandsisen måles desuden direkte på udvalgte steder under PROMICE-projektet. Observationer fra de 18 vejrstationer i Indlandsisens smelteområde viser, at den gennemsnitlige afsmeltning var den laveste i de 10 år, der er foretaget observationer (2008-2018). De sydlige og nordlige målestationer (KPC, THU og QAS) registrerede den laveste smeltning med 1,3 – 1,9 standardafvigelse over gennemsnittet mens smeltningen på de andre målestationer var inden for en standardafvigelse. Kun to ud af otte målepositioner (NUK og KAN) registrerede en smeltning over normalen, dog var det ikke uden for måleusikkerhederne.

I overensstemmelse med nettoafsmeltningsobservationerne lå sommertemperaturerne i juni, juli og august lavere end gennemsnittet for 2008-2018 ved alle PROMICE målestationerne (med mere end en standardafvigelse langs den nordlige, nordvestlige og sydlige rand af iskappen). Juli 2018 var den koldeste sammenlignet med perioden 2008-2018 langs den nordlige, nordvestlige og sydlige del af iskappens smelteområde.

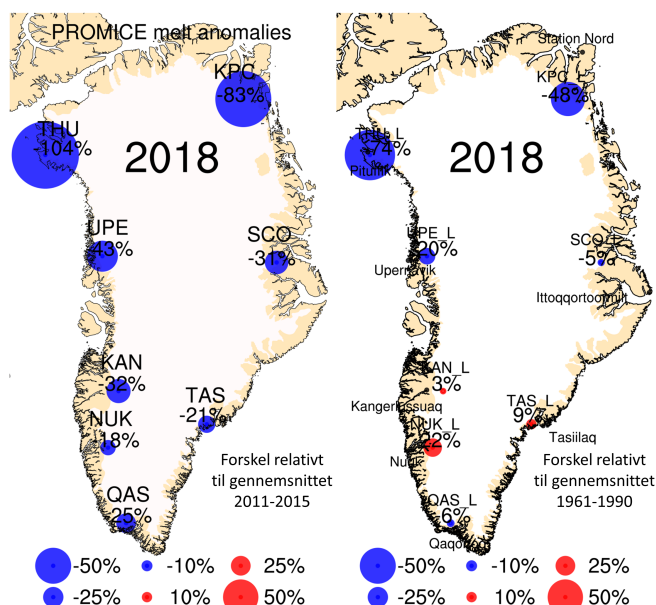
Ser man på alle målinger i månederne fra januar til august, så var 28% af månedstemperaturerne mere end en standardafvigelse under gennemsnittet og kun 3% var mere end en standardafvigelse over gennemsnittet.

Områder med ikke-snedækket is afgrænses fra snedækkede områder ved den såkaldte snelinje. Den kan bruges til at dokumentere ændringer i områder med ikke-snedækket is. I 2018 lå snelinjen tæt på gennemsnittet for 2000-2018, som svarer til de positive albedo-anomalier (se nedenfor) og de kolde sommertemperaturer, som nedsatte smeltningen i 2018.

Udbredelsen af ikke-snedækkede områder er øget i perioden 2000-2018 med gennemsnitligt 500 km² om året. Denne øgning er dog ikke signifikant, men det demonstrerer ikke desto mindre, at der er lidt mere afsmeltning frem for akkumulation af is siden 2000.

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 det, der tabes, når gletsjere kælver isbjerge og smelter i mødet med varmt havvand. Siden 1990-erne har overflademassebalancen generelt været faldende.

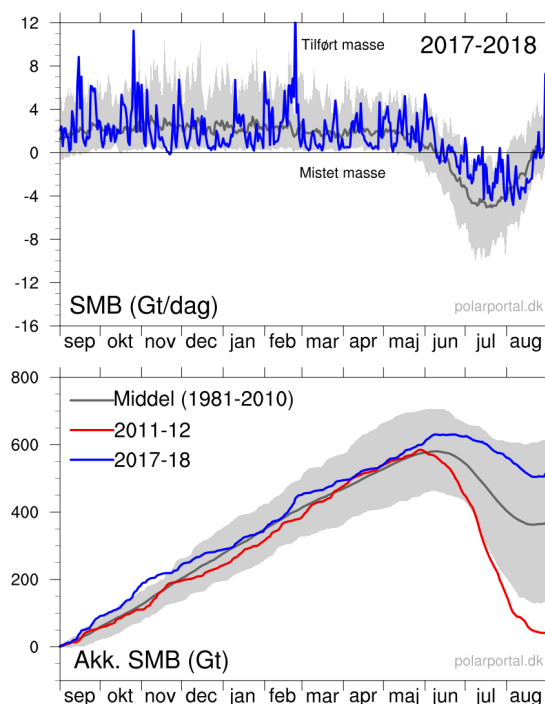


Figur 3: Kortene viser netto-afsmeltningsafvigelse (anomalierne) for 2018 ved de lavereliggende PROMICE vejrstationer set i forhold til perioderne 2011-2015 (venstre) og 1961-1990 (højre).

DMI foretager desuden daglige simuleringer af, hvor meget is eller vand Indlandsisen afgiver eller ophober. Ud fra disse simuleringer kan man få et samlet mål for, hvordan overflademassebalancen udvikler sig over hele Indlandsisen (Fig. 4). Ved afslutningen af årets sæson (31. aug. 2018) var overflademassebalancens nettoresultat 517 Gt. Det betyder, at der faldt 517 Gt mere sne end den mængde, der smeltede og løb ud i havet. Det gælder dog kun balancen ved overfladen, og således ikke den totale balance, som også inkluderer smeltning af gletsjere og kælvning af isbjerger. Det er næsten 150 Gt over gennemsnittet for 1981-2010 på 368 Gt, og det placerer årets smeltesæson på det sjette højeste SMB-resultat kun lige under sidste års sæson for 2016-2017, hvor SMB var på 544 Gt. Til sammenligning er den lavest målte SMB på 38 Gt i 2012. Det viser bl.a., hvor stor variation, der kan være i SMB fra det ene år til det andet.

Selvom det samlede SMB for sæsonerne 2016-2017 og 2017-2018 ligner hinanden, så har udviklingen i de to sæsoner været meget forskellige. Sidste års sæson lagde ud med at vinde meget masse om vinteren, mens udviklingen i SMB fra sommeren og frem fulgte langtidsgennemsnittet.

I sæsonen 2017-2018 fulgte SMB gennemsnittet fra 1981-2010 frem til sommeren, hvorefter udviklingen i SMB lå over gennemsnittet.



Figur 4: Den øverste kurve viser det totale daglige simulerede bidrag til overflademassebalancen fra alle punkter på Indlandsisen. Den nederste kurve viser den samlede akkumulerede overflademasse. De blå kurver viser sæsonen 2017-2018, og det ses, at sæsonen ved afslutningen placerer sig over den grå normal-kurve

Små ændringer i gletsjernes areal

Grønlands iskappe taber bl.a. ismasse via sine udløbsgletsjere, der munder ud i havet. Hvis der er ligevægt, balanceres kælving af isbjergene og afstrømning af isen mod havet.

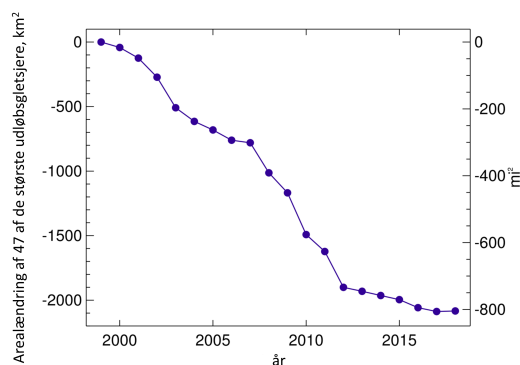
Arealet af de 47 største gletsjere overvåges af satellitterne Sentinel-2, LANDSAT og ASTER siden 1999. Overvågning viser, at der i løbet af de sidste seks år fra 2012-2013 til 2017-2018 har været et mindre årligt tab af gletsjernes areal.

Ændringen fra 2016-2017 til 2017-2018 af nettoarealet på de 47 overvågede gletsjere viser en arealtilvækst på $+4,1 \text{ km}^2$, og det er det eneste år med en positiv balance. Herefter kommer sæsonen 2006-2007 ($-19,8 \text{ km}^2$). Dette seneste tab af areal er dermed $113,8 \text{ km}^2$ mindre end det gennemsnitlige tab for de 19 sæsoner fra 1999-2000 til 2017-2018, som var på $-109,7 \text{ km}^2$. Blandt de overvågede gletsjere trak 21 sig tilbage og 12 rykkede frem. I de resterende 14 gletsjere var ændringerne i deres areal inden for $\pm 0,2 \text{ km}^2$.

Den største ændring for enkelte gletsjeres areal var arealtabet af Humboldt-gletsjeren i Nordvestgrønland ($-13,3 \text{ km}^2$) og Kangerdlugssuaq-gletsjeren i Østgrønland ($-8,1 \text{ km}^2$) og Humboldt-gletsjeren ($-13,3 \text{ km}^2$). Samtidig voksede Petermann gletsjeren ($+19,1 \text{ km}^2$), ligesom året før ($+11,5 \text{ km}^2$).

Jakobshavn-gletsjeren fortsatte sin tilbage-trækning og mistede $2,6 \text{ km}^2$ i forhold til året før, mens Helheim-gletsjeren øgede sit areal med $10,6 \text{ km}^2$. Der er altså tale om meget små ændringer. Til sammenligning tabte Petermann-gletsjeren $323,4 \text{ km}^2$ i 2010 og $277,6 \text{ km}^2$ i 2012.

Hvis man kun ser på de 6 største gletsjere, så er de samlet set vokset ganske lidt. Det gælder Jakobshavn, Kangerdlugssuaq, Helheim, Petermann, Zachariae og 79° Glacier, som øgede deres areal med i gennemsnit $+3,7 \text{ km}^2$ pr. år. To af disse gletsjere trak sig dog tilbage, mens fire rykkede frem.



Figur 5: Kurven viser den totale ændring i arealet af 47 af de største udløbsgletsjere i Grønland. Den viser, at disse gletsjere siden 2012 har tabt areal i beskedent omfang.

Endnu ingen data fra GRACE Follow On-missionen

Data til beregninger af afsmeltningen af is i Arktis og iskappens bidrag til havniveau-stigning er siden 2002 kommet fra GRACE-satellitterne. Men missionen måtte afsluttes i 2017, fordi batterierne på den ene af satellitterne var brugt op.

Den 22. maj 2018 blev der derfor opsendt to nye satellitter. Det er GRACE-FO-satellitterne (GRACE Follow On), som afløser de oprindelige GRACE-satellitter.

Der er dog endnu ikke kommet brugbar data fra de nye satellitter, og derfor vil der nu være et hul i tyngdedata ind til GRACE Follow On-missionen kan levere data til målingen af, hvordan indlandsisens totalmassebalance har været i sæsonen 2017-2018. Da disse data mangler, kan man ikke sige, om sæsonens høje SMB også betyder, at det samlede massetab for sæsonen 2017-2018 er lavt, ligesom det var tilfældet i sæsonen 2016-2017.

I perioden 2003-2011 har Indlandsisen i gennemsnit mistet 234 Gt hver år. Og det spinkle totalmassestab i de seneste to

sæsoner kan ikke kompensere for disse massestab.

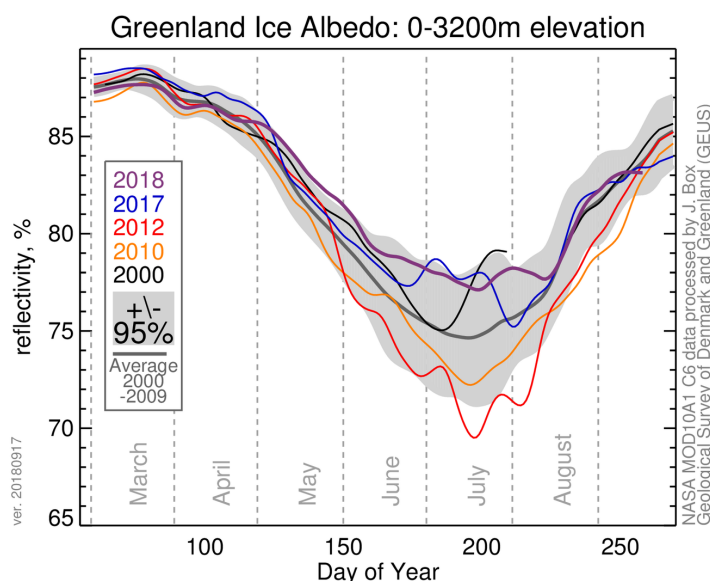
Indlandsisens albedo var rekordhøj i maj, juni og primo august

Albedo-data stammer fra MODIS-satellitten (Moderate-resolution Imaging spectroradiometer), som siden 2000 har observeret Jordens refleksion af sollys. 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 optager tværtimod større mængder af solenergien som varme.

I 2018 har albedoen været rekordhøj i maj, juni og starten af august – men ikke i juli og slutningen af august. Normalt vil sommersolens smeltning af sneen blotlægge den mørkere sne og is, som absorberer mere

solenergi, hvilket igen fører til øget smeltning. Men denne sommers hyppige snestorme genopfriskede i flere tilfælde den klare, hvide overflade, og det bremsede den typiske is-albedo-feedback, som ellers kan føre til øget smeltning, når mørke områder optager solenergi og begynder at smelte.

Den ovennævnte Ω -blokering blev afbrudt i nogle dage omkring midt-august. Her var strømmingen over Europa generelt fra vest, og samtidig fandtes sydlige vinde og dermed afsmeltning over næsten halvdelen af Grønland (se også Fig 2).



Figur 6: Figuren viser de daglige gennemsnit af albedomålinger for årene 2000, 2010, 2012, 2017 og 2018. Den lille kurve er 2018. Den viser, at albedoen var rekordhøj i maj, juni og starten af august – men ikke i juli og slutningen af august.

To usædvanlige åbninger i havisen nord for Grønland i 2018

Havisen er vigtig for klimaet, fordi den er lys og således har en høj albedo. Jo mindre havis der er, desto større bliver de mørke vandoverflader i Arktis, som absorberer solenergi og dermed bidrager yderligere til opvarmning og afsmeltning af isen. Solens energi øger også opvarmning af havet, og det forsinker opfrysningen om efteråret. Det betyder, at isen derfor har kortere tid til at vokse sig tyk i

løbet af vinteren. Det kan bevirke, at den er tyndere om foråret og bryder tidligere op. Havis, der smelter, absorberer desuden mere sollys end kold og frossen havis. Når temperaturen i det centrale Arktis kommer over frysepunktet, starter havisen sin smeltsæson. Det skete i år den 13. juni, som er meget tæt på det normale, som er den 12. juni.

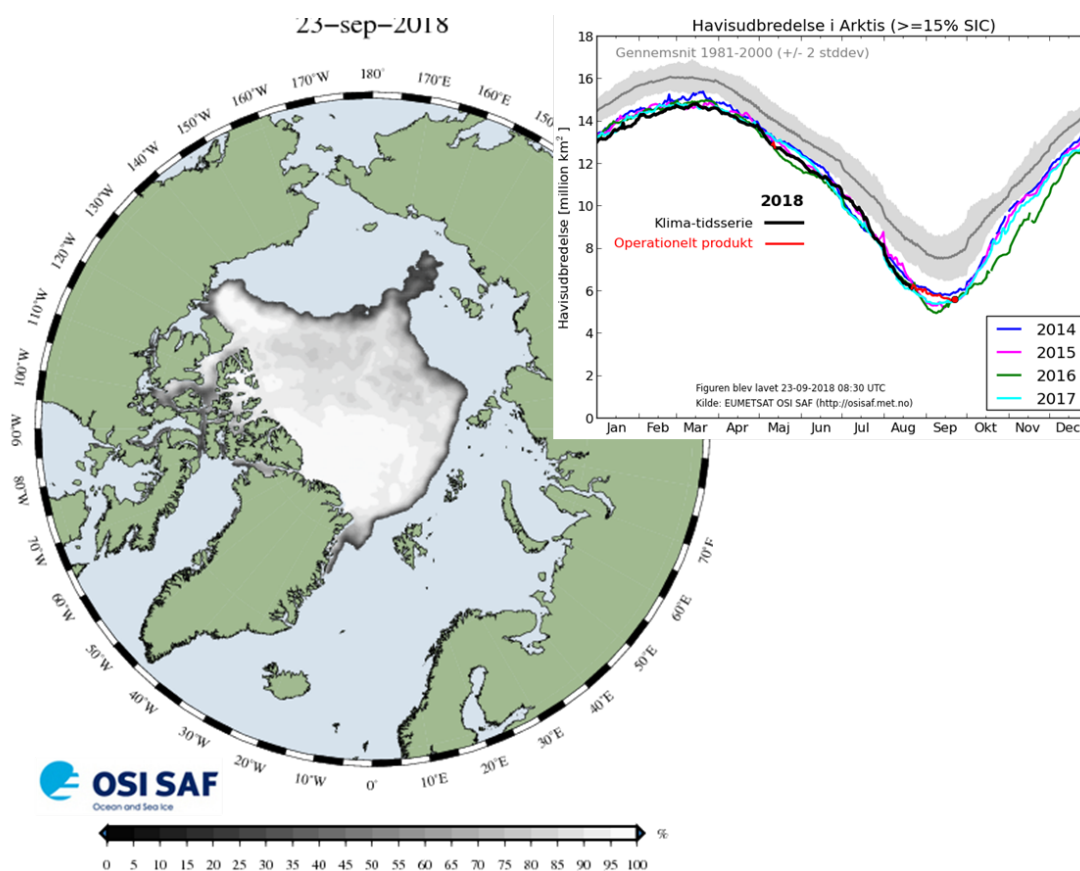
DMI's havismodel til simulering af havisens tykkelse viser, at havisen var lidt tykkere i begyndelsen af 2018 end året før. Dog var udbredelsen den laveste for årstiden i mindst 40 år.

Sæsonen vil desuden blive husket for to usædvanlige perioder med åbent hav nord for Grønland, hvor der normalt er permanent polar-isdække. Første periode var, ganske usædvanligt, i slutningen af februar. Her blev havisen blæst væk fra nordkysten af en vedvarende og varm föhnvind med temperaturer helt op til plus 6 grader, og der opstod en åbning i havisen med en længde på flere hundrede kilometer og nogle steder mere end 100 km bred. I marts faldt temperaturen dog til et mere normalt niveau på minus 30 til minus 20 grader, og åbningen blev dækket af havis igen. Men isen var så tynd, at den atter smeltede væk i august. Det åbne område nord for Grønland varede kun kort og havde ikke væsentlig betydning for

havis-udbredelsen i sin helhed. Sammenlignet med de seneste 40 års satellitobservationer blev der således ikke sat en ny minimumsrekord. Havis-udbredelsen i denne sæson er godt nok 2 mio. km² under gennemsnittet for 1981-2000, men stadig 1,2 mio. km² over minimumsrekorden fra 2012.

Men hvis der fortsat sker en opbrydning af den flerårig is, så kan havisens stabilitet blive truet. Hvis den flerårige is bryder op og driver sydpå (hvor den smelter), er der en stor risiko for, at der opstår isfri somre i det arktiske ocean.

I løbet af smeltesæsonen 2018 var temperaturerne lavere end gennemsnittet nord for Canada, mens det var varmere end normalt nord for Sibirien. Det fik betydning for havis-situationen, og dermed muligheden for at sejle i disse områder. Nordøstpassagen var åben, mens nordvestpassagen var lukket med is i visse områder.



Figur 7: DMI's kurve af havis-udbredelse fra 23. september, som var datoen for sæsonens laveste isudbredelse. Kort og grafik er baseret på EUMETSAT's OSI SAF iskoncentrations-beregninger, og det viser arealet af havområder, der har mere end 15% isdække. Grafik fra Polar Portal.

Havisen har direkte indflydelse på opvarmning af havets overfladevand i løbet af sommeren. Langs den sibiriske kyst, i Beringstrædet og i Grønlandshavet var der i sommeren 2018 store områder, hvor overfladevandet var mellem 2°C og 4°C, i Beringstrædet og Tjukterhavet helt op til 5°C over normalen. De høje vandtemperaturer betød, at havisens minimum blev registreret så sent som den 23. september, og det

gjorde at genopfrysningen af havisen blev tilsvarende forsinket. Det er sammen med året 1997 den seneste sommerminimum, der er registreret, siden man startede med at foretage satellit-observationer af havisen. Den endelige havisudbredelse er den sjættelaveste målt hidtil med samme værdi som i 2008 og 2010. Og havisudbredelse i januar var den laveste og i september den niendelaveste målt af satellitter siden 1979.

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.

Observationer af isens udbredelse viser, at arealet af den arktiske sommerhavis siden slutningen af 1970'erne er faldet årligt med ca. 94.000 km² i gennemsnit. Dette er mere end det dobbelte af Danmarks landareal.