

Polarportalens Sæsonrapport 2020

2020 var igen et varmt år i Arktis. Mens temperaturerne var i nærheden af det normale i den vestlige Arktis og specielt Grønland, var det usædvanligt varmt i det østlige del af Arktis og især i Nordsibirien.

Det var varmt i Arktis, men der var meget store regionale forskelle. I et ellers nogenlunde normalt år kollapsede den sidste af de ishylder i Canada, der normalt flyder på havet med forbindelse til en gletsjer. Længere mod øst var det meget varmere, og på Svalbard var der rekordhøje temperaturer. Og i Sibirien var der næsten hele året høje temperaturer, som medførte mange skovbrande. Udbredelsen af den arktiske havis var meget lav også i 2020. Og selv om den i alt ikke var rekordlav, så blev der sat nye månedlige rekorder for lav havisudbredelse i både juli og oktober.

På trods af bemærkelsesværdige temperatur-ekstremer i store dele af Arktis, så var sæsonen i Grønland i 2019/2020 relativt normal, hvis man ser på Indlandsisens overflademassebalance. Men ser man på isbjerge, der kælvnes fra gletsjere, så ligger kælvningen højt sammenlignet med de satellitobservationer, der er foretaget siden 1979.

I de første 11 måneder af 2020 skiller det østlige Arktis sig ud som en region med ekstreme og vedvarende temperaturafvigelser set i forhold til det langsigtede gennemsnit. Det gælder både for havisens og permafrostens tilstand samt for temperaturer og naturbrande. Figur 1 viser som eksempel temperaturanomaliene for november 2020 fra middelværdien 1981-2010 i ERA5-reanalysen.

I vinteren 2019/2020 blev vejr-scenen sat af en kraftig positiv fase af den såkaldte arktiske oscillation, som er målestokken for variationen i lufttrykket nord for 20°N.

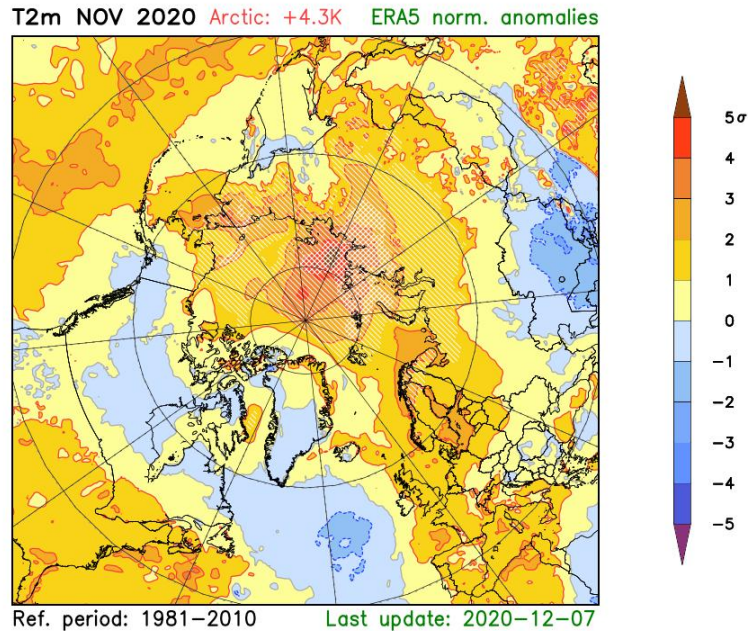
Det medførte, at store dele af Europa, det meste af det nordlige Asien og det

nordøstlige Sibirien fik temperaturer, der lå langt over gennemsnittet. I Alaska lå temperaturerne derimod langt under gennemsnittet. Disse mønstre var dominerende i det meste af sæsonen.

I løbet af 2020 har der været mange skovbrande i Arktis – dog med store regionale forskelle. I området nord for den nordlige polarcirkel opstod der det højeste antal skovbrande i 18 år målt ud fra termisk stråling og CO₂ udslip.

De fleste skovbrande var koncentreret i det østlige arktiske Sibirien, hvor der også var mere tørt end normalt.

Regionale rapporter fra det østlige Sibirien tyder på, at sæsonen for skovbrande begyndte tidligere end gennemsnitligt, og at sæsonen også sluttede senere end gennemsnittet i nogle regioner. Det har i 2020 forårsaget langsigtede skader på økosystemer. Som kontrast blev der i Alaska, Yukon og det nordvestlige Sibirien rapporteret om væsentlig færre skovbrande end det gennemsnitlige antal.



Figur 1: Temperatúrafgivelser i ERA5 reanalysen for dele af den nordlige halvkugle. Farver: Afgivelser udtrykt som standardafgivelser fra middelværdien 1981-2010, skraveret: temperatúrafgivelser fra denne middelværdi større end 5°C, dobbelt skraveret: afgivelser større end 10°C.

Fra januar havde et stort område af det arktiske Sibirien temperatúrafgivelser i forhold til gennemsnittet på mindst 3°C. Og centrale kystnære områder havde temperatur afgivelser på mere end 5°C i forhold til gennemsnittet. Nord for polarcirklen blev der sat temperaturrekord i Verkhoyansk, hvor temperaturen nåede op på 38°C d. 20. juni 2020, da temperaturerne toppede under en vedvarende hedebløge. Andre steder i Arktis målte man også meget høje temperaturer. Varmen kulminerede foreløbig i november, hvor temperatúrafgivelser af mere end 10°C blev observeret i området af Laptev havet, som ligger ud for det landområde, der havde de største temperatúrafgivelser. Og

havisudbredelsen var i særdeleshed lav langs den sibiriske kystlinje, hvor Nordøstpassagen var isfri – eller næsten isfri fra juli til oktober. De høje temperaturer var ikke begrænset til landjorden. En "marin hedebløge" påvirkede store områder af det Arktiske Ocean nord for Europa og Asien (se Figur 1). I Grønland mistede Indlandsisen omkring 152 gigaton (Gt) is, når man medregner både smeltning fra overfladen samt kælvning af isbjerge fra gletsjere (den totale massebalance). Det betyder, at Indlandsiden fortsætter med at miste is – om end i et langsommere tempo end tilfældet var i 2019. Et gigaton er en milliard tons, hvilket svarer til en kubikkilometer is.

I det følgende ser vi på de væsentligste overvågningsresultater i Arktis i 2020:

- 2020 blev et år med gennemsnitlig afsmeltning af Indlandsisen.
- Begrænset massetab fra kælvning af isbjerge.
- Massetab i vest, begrænset tilvækst i øst af Indlandsisen.
- Indlandsisen var mere hvid end årene før.
- Næstlaveste havis-minimum i 40 år, rekorder i juli og oktober.

2020 blev et år med gennemsnitlig afsmeltning af Indlandsisen

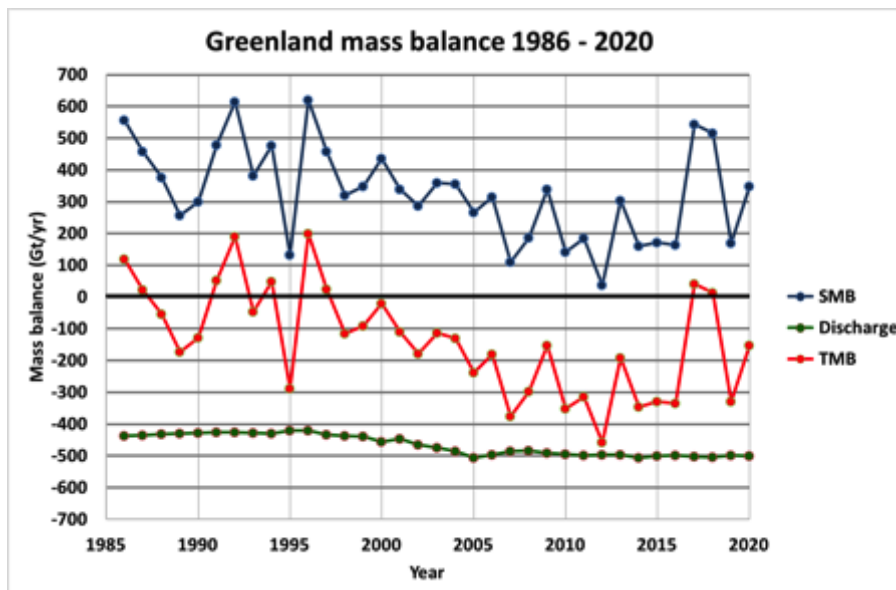
Ændringer i massen af den grønlandske indlandsis afspejler de kombinerede effekter af på den ene side overflademassebalancen (SMB), der er defineret som forskellen mellem snefald og afstrømning fra indlandsisen, og som altid er positiv ved afslutningen af et år, og på den anden side massetabet ved kysten som følge af kælvningen af isbjerge og smeltningen af gletsjertunger, der møder havet.

Overflademassebalancen, som er et udtryk for den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade, overvåges både via egentlige målinger (PROMICE stationer fra GEUS) og computersimuleringer. DMI

foretager daglige simuleringer af, hvor meget is eller vand Indlandsisen ophober (gennem snefald) eller afgiver (gennem runoff). Ud fra disse simuleringer kan man få et samlet mål for, hvordan overflademassebalancen udvikler sig over hele Indlandsisen (Fig. 2). Ved afslutningen af årets sæson (31. aug. 2020) var overflademassebalancens nettoresultat 349 Gt. Det er meget tæt på gennemsnittet 1981-2020, som er 341 Gt. Til sammenligning var den laveste beregnede SMB på kun 38 Gt i 2012.

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 kælder isbjerge og smelter i mødet med varmt havvand. Siden 1990-erne har overflademassebalancen generelt været faldende.

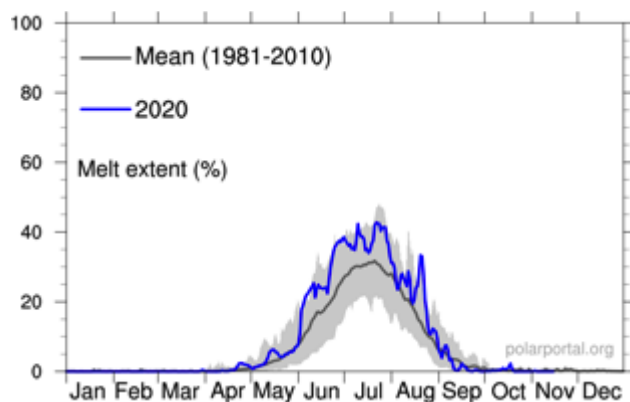


Figur 2: Elementer i den totale massebalance af den grønlandske indlandsis 1986-2020. Blå: Overflademassebalance (SMB), grøn: tab af is i form af kælvning af isbjerge og smeltning, rød: Totalmassebalance (TMB = overflademassebalancen fratrukket tab af is (blå + grøn).

Figur 2 viser en tidsserie af overflademassebalancer, tab af is samt totalmassebalancen, der er summen af de to første. Der er en meget stor variation fra år til år i SMB, men meget mindre variation i tab af is fra smeltning og kælvning af isbjerge.

Det totale tab af is løber op i 4261 Gt for perioden april 2002 til august 2019. Denne ismængde kan sammenlignes med målingerne fra GRACE satellitterne. GRACE og afløseren GRACE-FO (GRACE Follow-On) måler de små ændringer i tyngdekraften, som er resultatet af ændringer i ismængderne. Det giver et uafhængigt mål for den totale massebalance. Disse data viser, at den grønlandske indlandsis har mistet omkring 4200 Gt is fra april 2002 til august 2019. Og dette tab har bidraget til havstigninger på godt 1 cm, hvilket stemmer godt overens med den beregnede massebalance fra SMB og smeltning.

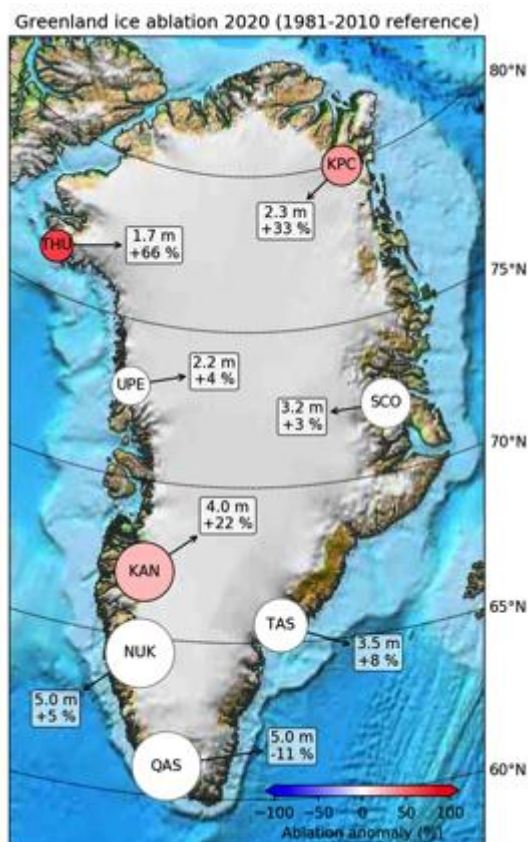
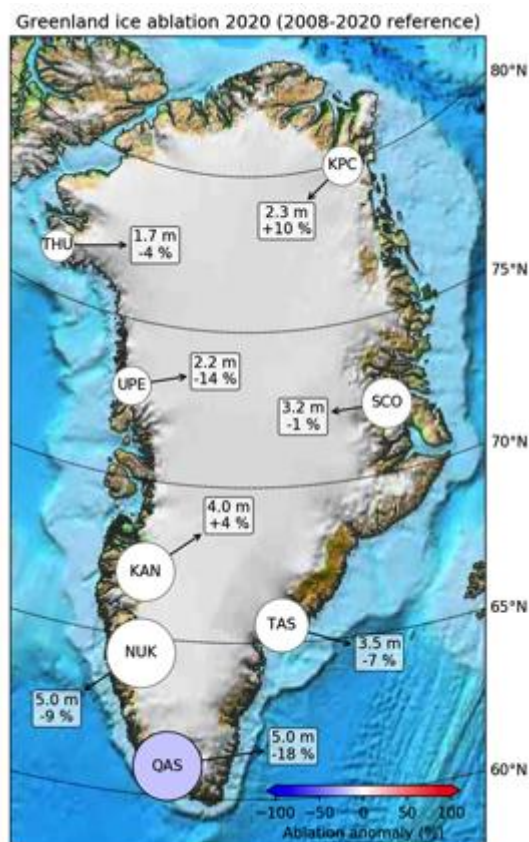
Smeltesæsonen 2019-20 på Indlandsisen startede den 22. juni, og det er 10 dage senere end gennemsnittet for 1981-2020. Den er defineret som den første af tre dage i træk, hvor der vedvarende har været en afsmeltning over mere end 5% af Indlandsisens areal. Som i de foregående år var der tab langs den grønlandske vestkyst og tilvækst langs den grønlandske østkyst. I midten af august bragte nogle usædvanligt kraftige storme fire gange så meget nedbør med sig, som der normalt falder på en måned i Vestgrønland. Denne nedbør faldt primært som sne. Det satte en midlertidig stopper for nettotabet af is, og det var også afgørende for at reducere mængden af smeltning. Denne situation var meget forskellig fra det foregående år 2018-19, som havde lange perioder med højtryk og solskin, der øgede smeltemængden om sommeren markant.



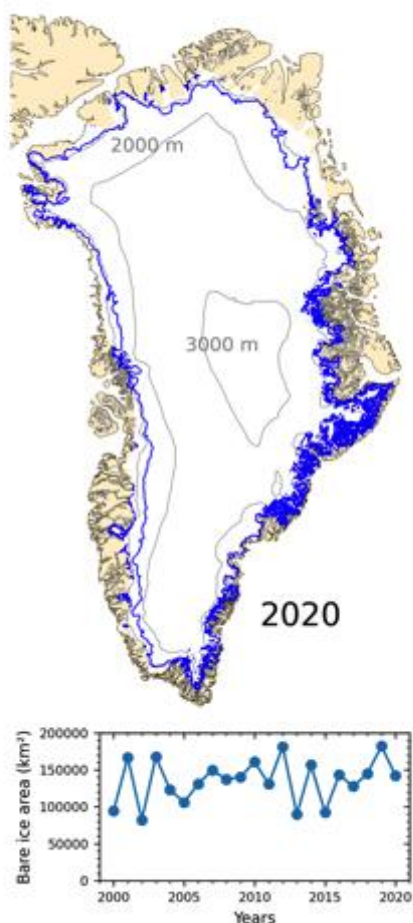
Figur 3: Kurven viser på en daglig basis, hvor stor en procentdel af Indlandsisens samlede areal, der har oplevet afsmeltning, defineret som minimum 1 mm afsmeltning ved overfladen. Den blå kurve viser smelteudbredelsen i 2020, mens den mørkegrå kurve viser middelværdien for perioden 1981-2010. Det lysegrå bånd viser forskellene fra år til år, dog fratrullet den højeste og laveste daglige værdi. Som det ses, ligger den blå kurve over gennemsnittet i næsten hele sæsonen, dog indenfor de maksimale værdier observeret tidligere.

De 18 PROMICE målestationer på den grønlandske indlandsis viste næsten alle, at netto-ablationen var meget tæt på gennemsnittet for perioden 2008-2020. De fleste steder

oplevede negative anomalier, det vil sige relativ lav ablation, dog undtagen i nord. Alle ablations-observationer ligger inden for en standardafvigelse fra gennemsnittet.



Figur 4: Kortene viser netto-afsmeltningsafvigelse (anomalierne) for 2020 ved de lavereliggende PROMICE vejrstationer set i forhold til perioderne 2008-2020 (venstre) og 1981-2010 (højre) efter Van As et al. (2016).



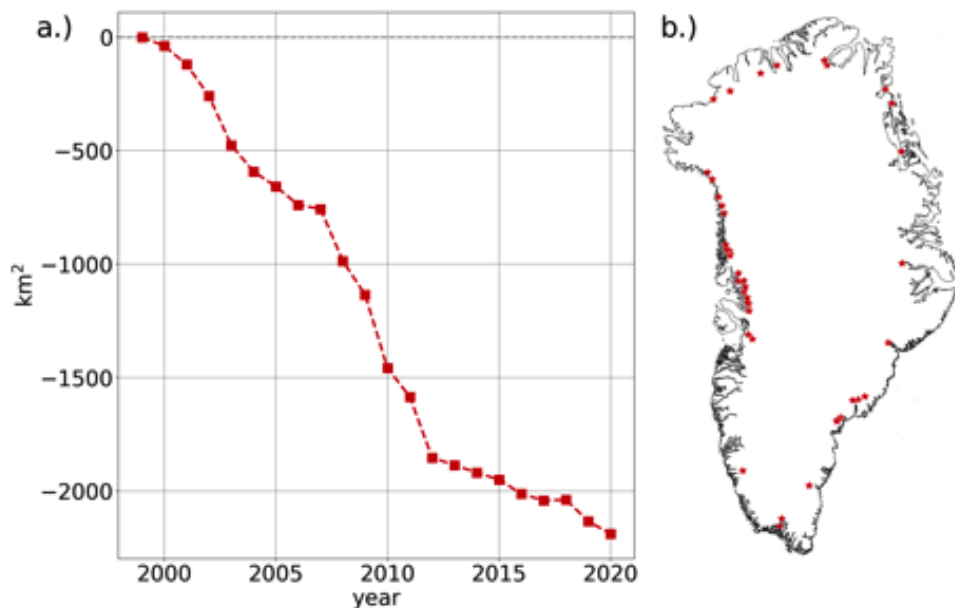
Afsmeltning fra Indlandsisen måles desuden direkte på udvalgte steder under PROMICE-projektet. Ved de fleste af de 18 målestationer under PROMICE projektet blev der målt et nettotab af is og sne, der ligger tæt på gennemsnittet for perioden 2008-2020. Disse data stemmer godt overens med de målte temperaturer. Sommertemperaturerne i juni, juli og august lå inden for en standardafvigelse fra gennemsnitstemperaturerne i perioden 2008-2020. Af alle målinger i perioden januar-august 2020 lå 20% af de månedlige temperaturer mere end en standardafvigelse under gennemsnittet og 7% lå mere end standardafvigelse over gennemsnittet for perioden 2008-2020. Sammenlignet med perioden 1981-2010 lå temperaturerne for juni, juli og august kun over gennemsnittet for målestationerne Kronprins Christian Land (KPC), Pituffik (THU), SCO og KAN.

Figur 5: Kortet viser, hvor snelinjen befandt sig i slutningen af smeltesæsonen, dvs. højere oppe er det sne og længere nede is. Grafen viser, hvor stort isområdet er. Isområdet i 2020 er større end gennemsnittet for 2000-2020.

Begrænset massetab fra kælvning af isbjerge

Grønlands iskappe taber bl.a. ismasse via sine udløbsgletsjere, der munder ud i havet. Hvis der er ligevægt, balanceres kælvning af isbjergene og afstrømning af isen mod havet. Hver år undersøger man ændringer i arealet af de 47 bredeste grønlandske tidevandgletsjerfronter, når de slutter deres smeltesæson. Det sker ved hjælp af optiske satellitbilleder efter Andersen et al. (2019, opdateret). Ændringen i arealet i 2019/2020 viste et nettoarealtab på 55,4 km²

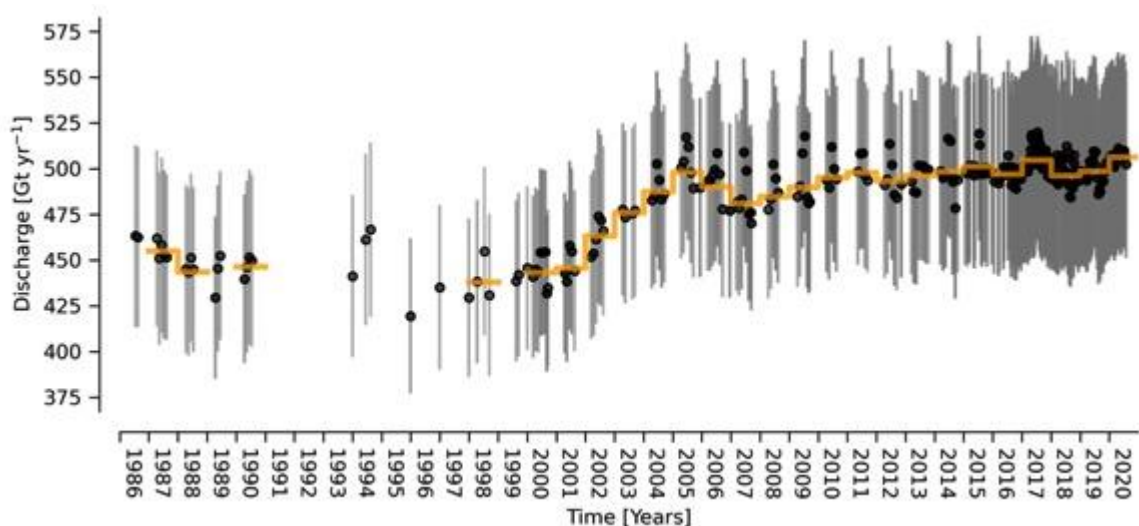
sammenlignet med et gennemsnitligt årligt tab på 99,5 km² for disse gletsjere siden 1999 (Figur 6a). Af de 47 gletsjere, der blev målt i løbet af 2019/2020 (Figur 6b), trak 20 sig tilbage, 12 rykkede frem og 15 var stabile inden for $\pm 0,2$ km². Disse tal skal sammenholdes med det meget højere arealtab og næsten rekordhøje smelteår 2018/2019, hvor kun seks gletsjere rykkede frem, 29 trak sig tilbage og 12 var stabile.



Figur 6 a og b: Kurven viser den totale ændring i arealet af 7 af de største udløbsgletsjere i Grønland. Den viser, at disse gletsjere siden 2019 har mistet et areal på $-55,4 \text{ km}^2$.

PROMICE vurderer desuden isbjergsproduktionen ved hjælp af satellitterne Sentinel-1A og -1B. Satellitterne måler således hastigheden af udløbsgletsjerne langs iskanten. Ud fra denne hastighed kan man beregne den mængde af is, der kælvnes til havet. Det gennemsnitlige tab af is fra kælvning var 449 Gt i perioden 1981-2010. I perioden 2005-2018 var det gennemsnitlige tab steget til

484-503 Gt pr år. I sæsonen 2018-2019 var tabet lidt højere og nåede op på 497 Gt den 31. august 2019. De fleste områder har haft et rimeligt stabilt tab i de seneste 10 år. Det er Nordvestgrønland, der har haft en vedvarende stigning i tab af is på cirka 21 % i perioden 1998-2018.

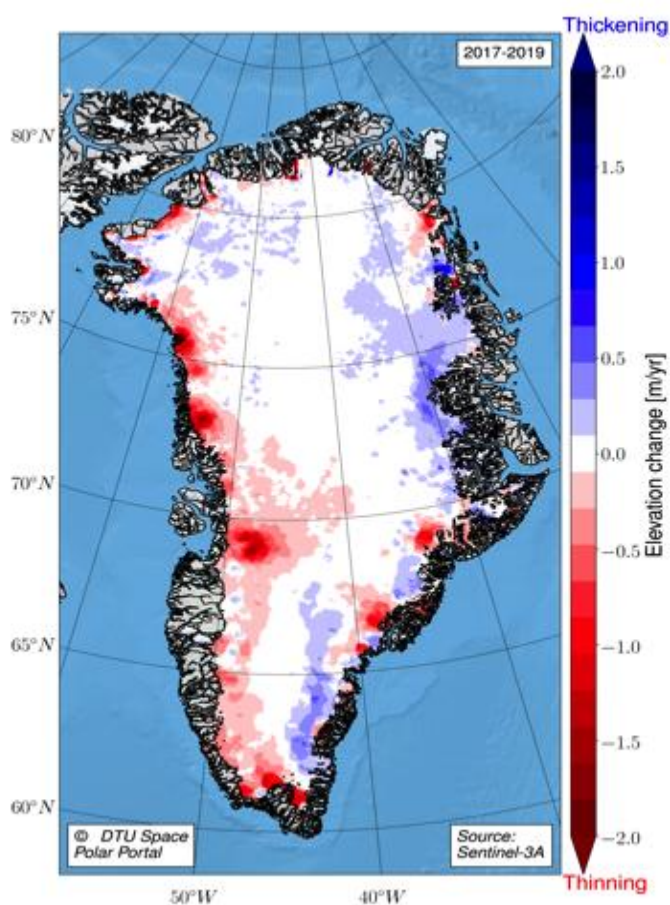


Figur 7: Tidsserie af kælving fra den grønlandske indlandsis. Prikkerne viser, hvornår observationerne fandt sted (begrænset til > 50% dække). Den orange trinvis linje viser det årlige gennemsnit (begrænset til tre eller flere observationer pr. år.

Massetab i vest, begrænset tilvækst i øst af Indlandsisen

GRACE-satellitterne og deres efterfølgere GRACE-FO måler spinkle ændringer i Jordens tyngdefelt således, at man kan bestemme masseændringer af Indlandsisen. Det er efter grundige undersøgelser og kvalitetskontrol slået fast, at GRACE og GRACE-FO er konsistent henover den periode, hvor der ingen data var (slut-2017 til midt-2018). Tidsserien er nu til rådighed hen til august 2019, mens de seneste målinger er under bearbejdelse og endnu ikke tilgængelige.

Kortet i Figur 8 viser ændringer i Iskappens tykkelse som et gennemsnit per år over perioden januar 2017 til december 2019 fra Sentinel-3A satellitten. Sentinel og dens forgænger Cryosat-2 er såkaldte radaraltimeter missioner. Satellitten udsender et radarsignal, som reflekteres på Jordens overflade og kastes tilbage til satellitten. Det ses tydeligt, at i nærheden af mange af de store gletsjere, er Indlandsisen blevet betydeligt tyndere, men der ses også store områder, hvor isen er blevet lidt tykkere, på grund af snefald.



Figur 8: Kortet viser højdeændringer per år baseret på Sentinel-3A data fra perioden januar 2017 til december 2019.

Indlandsisen var mere hvid end årene før

Vinteren i begyndelsen af den grønlandske årscyklus 2019-20 (1. september - 31. august) var lidt mere tør end normalt, men dog ikke næsten fri for nedbør som i 2018-19.

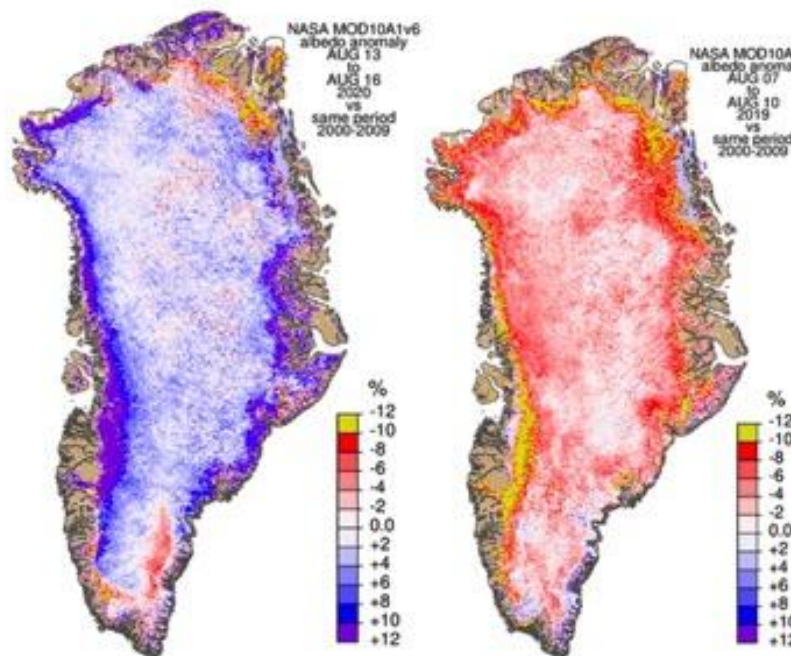
Indlandsisen begyndte sin smeltesæson den 22. juni, hvilket er omkring 10 dage senere end gennemsnittet. Frisk sne i slutningen af maj og starten af juni forsinkede starten af smeltesæsonen i modsætning til den høje afsmeltning sidste år på samme tidspunkt.

Juli var en relativ varm og solrig måned i Grønland og de områder, der oplevede afsmeltning lå højt, men dog ikke med rekordhøje afsmeltninger.

Som nævnt tidligere, så bragte nogle usædvanligt kraftige storme fire gange så meget nedbør med sig, som der normalt falder på en måned i Vestgrønland i midten af august. Denne nedbør faldt primært som sne, og det stoppede midlertidigt nettotabet af is. Disse storme spillede sandsynlig en vigtig rolle i at reducere smeltningen. Frisk nyfalden sne er nemlig lys og hvid og

reflekterer mere energirigt sollys end gammel og mørkere sne samt bar gletscheris, der har været udsat for en sommer med højsmeltning.

Disse sammenhænge er fremhævet på kortene i Figur 9. Kortene viser albedoen, som er et mål for hvor godt overfladen reflekterer sollys. Det venstre kort viser albedoen i august 2020, og det højre kort viser albedoen i august 2019. Begge kort sammenlignet desuden hver især med gennemsnittet for perioden 2000-09. Den blå farve viser en albedo over gennemsnittet, dvs. sige en refleksion af sollys over gennemsnittet i 2020. Og en rød farve viser en albedo under gennemsnittet, dvs. en refleksion af sollys under gennemsnittet i 2019. Albedoanomalierne i juni var små, bortset fra en stærk, mørk anomali på tværs af Humbolt gjetsjeren i nordvest. Den største afsmeltning skete i juli, hvor albedo-anomalien var mørk over størstedelen af Indlandsisen.



Figur 9: Kortene viser albedoen for henholdsvis 2020 (venstre) og 2019 (højre) i midten af august sammenlignet med gennemsnittet for perioden 2000-09. Farverne indikerer, at indlandsisen gennemsnitligt reflekterede mere sollys i 2020 end i 2019.

Permafrost

På grund af COVID-19 relaterede restriktioner var det i 2020 ikke muligt at gennemføre de planlagte besøg på permafrost-moniteringsstationerne.

Jordtemperaturdata for sæsonen 2019/2020 vil blive gjort tilgængelige i Polarportals 2021 sæson rapport.

Næstlaveste havis-minimum i 40 år – rekorder i juli og oktober

Når temperaturen i det centrale Arktis kommer over frysepunktet, starter havisen sin smeltesæson. Det skete d. 11. juni 2020. Og det er lige omkring det tidspunkt, man nu kalder for "the new normal". Det er et udtryk for den gennemsnitlige start på havisens smeltesæson sammenlignet med et gennemsnit for de sidste 13-15 år.

I løbet af året var der store udsving i havisens udbredelse. Det skyldes især en usædvanlig tidlig afsmeltning og en sen opfrysning i den

fjerne ende af Arktis. Havisens udbredelse var således mindre, end den nogensinde har været før i både april, juli og oktober sammenlignet med de samme måneder tidligere år.

Som sagt ovenfor, har det været smeltende varmt i store områder i Arktis i 2020. Og den arktiske havis nåede sin årlige minimumsudbredelse den 15. september, hvilket er fem døgn senere end gennemsnittet for 1981-2010 (10.

september). Genopfrysningen af havisen gik således også i gang lidt senere end normalt, og den blev desuden hæmmet, fordi vandtemperaturen omkring isen stadig var 2-4 grader varmere end normalt, lige som i 2019.

Ismassen var da nede på lidt mindre end 4,3 millioner km². Det er den andenlaveste værdi, siden observationerne begyndte i 1979. I juli og oktober observeredes nye rekordminima for de tilsvarende måneder. Isudbredelsen i 2020 er således klart mindre end 2007, 2016 og 2019, som indtil nu har delt pladsen for det næstlaveste niveau, siden man begyndte på målingerne i slutningen af 1970'erne.

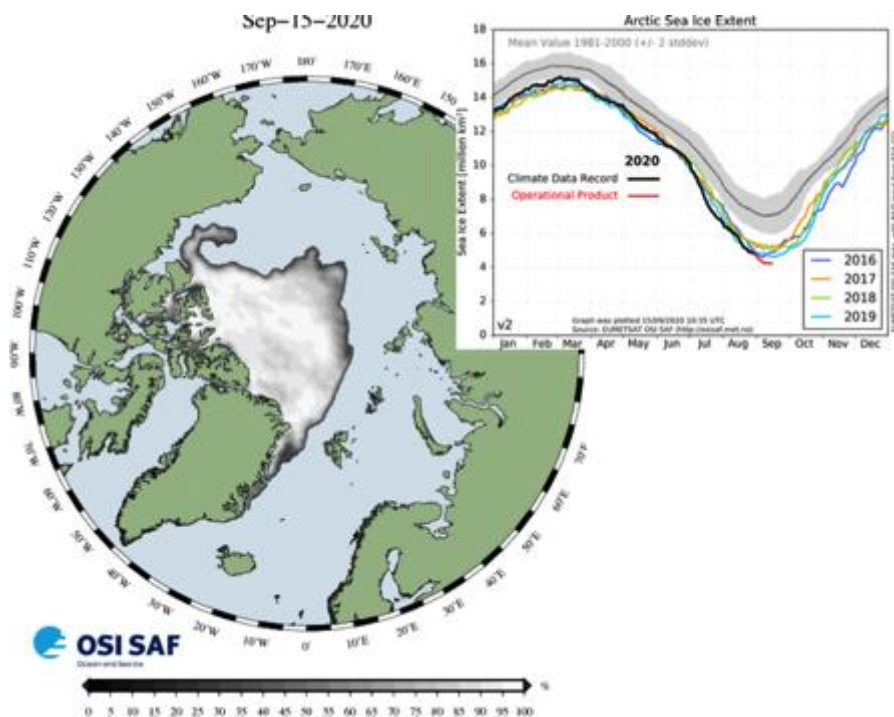
Den lave minimums-havisudbredelse i 2020 er kun overgået af året 2012, som stadig har den kedelige rekord med den mindste havisudbredelse, der nogensinde er målt. Da afsmeltningen af havisen nær Nordpolen begyndte i midten af juli, var der ikke tegn på, at der ville blive sat rekorder i løbet af sommeren. Men hedeølgen i Sibirien smeltede så meget is, at Nordøstpassagen blev åben.

Normalt smelter der is ved Nordpolen svarende til to gange Danmarks areal om dagen i midten af juli. Men den daglige afsmeltnings-rate i juli måned i år var på næsten tre gange Danmarks landareal. Det er især havområderne nord for Sibirien, der har tabt is.

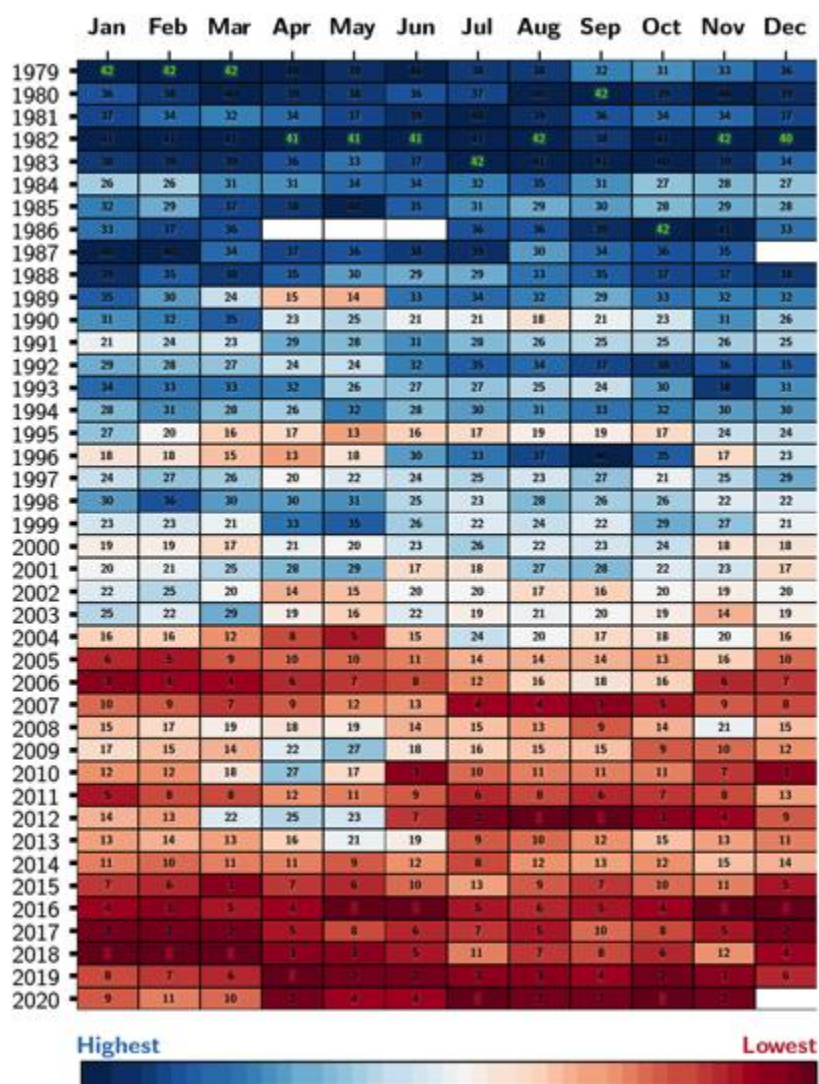
Foråret 2020 havde en væsentlig lavere

isudbredelse end normalt, og der smeltede ekstremt meget is i løbet af sommeren. Så juli nåede et historisk minimum for årstiden. Også i starten af september var der en historisk høj smelterate for årstiden. 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 vand-overflader i Arktis, som absorberer solenergi og dermed bidrager yderligere til opvarmning og afsmeltning af isen. Det sene skift fra tøj til frost, og den mindre isudbredelse, har igen i 2020 givet Solen mulighed for at opvarme vandet rundt om isen, og overfladevandet i Arktis er mange steder helt op mod 4 grader varmere end normalt for årstiden. Det sætter gang i en ond cirkel. Når isdækket er mindre, varmes havvandet mere op. Når overfladevandet er varmere, kan det give større smeltning af is langs iskanten. Det forsinker også opfrysningen om efteråret, fordi det varme vand først skal køles ned, før det kan fryse. Og når isen fryser senere, kan den ikke nå at vokse sig ligeså tyk, som den kunne, hvis den havde mere tid. Det gør isen mindre robust.

Kombinationen af mindre udbredelse og tyndere is har også ført til, at mere end 50 % af den arktiske havisvolumen er forsvundet i løbet af de sidste 40-50 år. Tendensen med mindre og mindre havis kommer bl.a. til udtryk i, at nogle områder i fx Barentshavet og Davisstrædet har åbentvands-sæsoner, der er fire måneder længere end i begyndelsen af 1980'erne.



Figur 10: DMI's kurve af havisudbredelse fra 15. september 2020, som var datoen for sæsonens laveste isudbredelse. Kort og grafik er baseret på EUMETSAT's OSISAF iskoncentrations-beregninger, og det viser arealet af havområder, der har mere end 15% isdække. Grafik fra Polar Portal.



SEA ICE EXTENT RANK BY MONTH
[OSI SAF, v2.1, Arctic]

Figur 11: Figuren viser ranglisten over lave isudbredelser i Arktis måned for måned og år siden 1979. Tallene i kassen viser isudbredelsen ranglistet fra bunden (www.ocean.dmi.dk). Udbredelsen er beregnet på baggrund af data fra OSI SAF (OSI 450), den midlertidige klimadata registrering ICDR, OSI-430-b samt et Near-Real-Time (NRT) produkt. De månedlige rekordhøje smeltninger er røde.

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.