POLAR PORTAL
IS- OG KLIMAOVERVÅGNING I ARKTIS

Polarportalens Sæsonrapport 2022

Igen i 2022 mistede Grønlands indlandsis mere masse i løbet af smeltesæsonen, end den fik tilført i løbet af vinteren. Og havisens udbredelse svinder stadig.

Mens der blev observeret rekordvarme i store dele af Europa og Nordamerika, var det forholdsvist køligt og fugtigt i Grønland. Smeltesæsonen begyndte sent og sluttede allerede i midten af august med meget kraftigt snefald. Den totale massebalance viser dog, at iskappen har tabt 84 Gt. Dermed er 2021/22 den 26. sæson i træk med en negativ massebalance. Vi skal helt tilbage til 1996 for at finde tilvækst i isens masse. Og umiddelbart efter slutningen af sæsonen fulgte flere perioder med meget høje temperaturer og mere regn.

I det følgende ser vi på de væsentligste overvågningsresultater i Arktis i 2022:

- Kølig sommer, efterfulgt af rekordvarme og regn i stor højde
- Relativ normal sæson for Indlandsisen – men stadig med nettotab
- Sen start på smeltesæsonen i 2022
- Det samlede tab – den totale massebalance
- Havisen nåede sin 9. laveste udbredelse 2022

Kølig sommer, efterfulgt af rekordvarme og regn i stor højde

Sommeren 2022 var relativt kold i Grønland. Det passer godt med cirkulationen i Nordhalvklodens atmosfære: når der ligger et højtryk, og det dermed er varmt over Nordamerika (som i 2021) eller Europa (som i 2022), så vil temperaturen i Grønland typisk være relativ lav. Det skyldtes jetstrømmen, fordi den gav både lavtryk og kølige temperaturer over Grønland.

Til gengæld blev efteråret rekordvarmt. Ved syv ud af DMIs 20 stationer langs vestkysten blev der registreret rekordtemperaturer i september. Størst var afvigelsen på stationen Summit i 3260 m højde med en gennemsnitstemperatur på -14,2°C (9,4°C over gennemsnittet for 1991-2020). Da både oktober og november også var betydeligt varmere end normalt, endte efteråret 2022 på Summit med en afvigelse på 7,5°C i forhold til gennemsnittet for 1991-2020). Videre var det rekordvarmt i november ved tre DMI-stationer i Sydøstgrønland. Det var i alle tilfælde sydlige vinde, der bragte den ekstraordinære varme til Grønland, og det medførte udbredt smeltning i det sydvestlige Grønland, som er ganske usædvanlig for denne tid på året.

Regn i stor højde på Indlandsisen

Regn var et tema igen i 2022 og specielt i sommersæsonen. I 2021 var det første gang siden 1989, hvor målingerne begyndte på Station Summit i en højde på 3.216 meter, at der blev registreret regn. Igen i 2022 blev der registreret regn i stor højde, nemlig på Station South Dome i det sydøstlige Grønland i en højde på 2.892 m. Regn er et udtryk for temperaturer tæt på eller over

frysepunktet, og smeltning i disse højder sker meget sjældent. Derudover blev der registreret flere rekordmængder af nedbør: Det skete ved Station Nord i januar og juni, i Ittoqqortoormiit i marts, i Nuuk i juni og i Kangerlussuaq i oktober. Videre blev der registreret en nedbørsrekord i august i Pituffik (mere end seks gange den gennemsnitlige nedbør) og i september i Aasiaat (mere end fire gange den gennemsnitlige nedbør). Dette resulterede i rekordvåde forår i Nuuk, sommer i Pituffik og efterår i Aasiaat og Kangerlussuaq. I Nuuk og Aasiaat var 2022 også året med mest nedbør.

Relativt normal sæson for Indlandsisen – men stadig med nettotab

Ændringer i den totale masse af den grønlandske indlandsis afspejler de kombinerede effekter af på den ene side overflademassebalancen (SMB), der er defineret som forskellen mellem snefald og afsmeltningen 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.

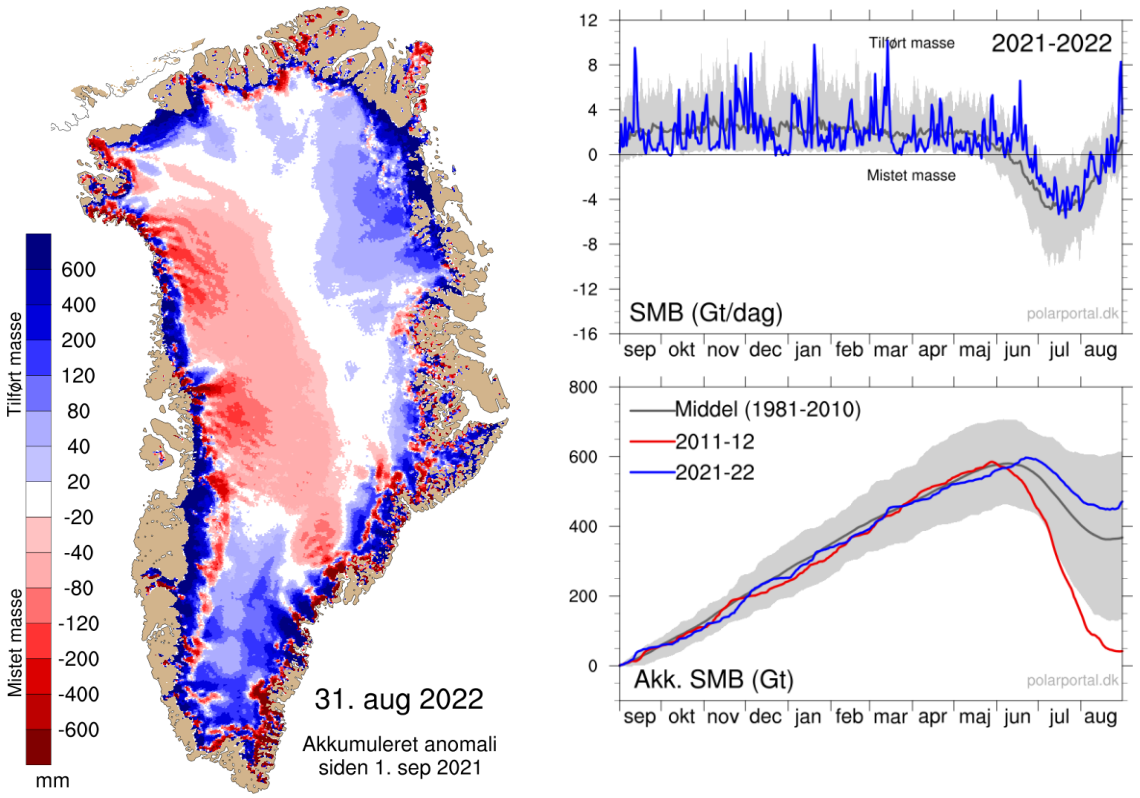
Overflademassebalancen, som er et udtryk for den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade, overvåges både via egentlige målinger (PROMICE og GCNet vejrstationer fra GEUS) og computersimuleringer. DMI foretager daglige simuleringer af, hvor meget is eller vand Indlandsisen ophober (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. 1).

I sæsonen 2021-2022 endte den grønlandske indlandsis med en nettooverflademassebalance på 471 mia. tons (Gt). Ifølge DMI's beregninger placerer det sæsonen på den 10. højeste plads ud af 42 års data.

Til sammenligning var den laveste beregnede SMB på kun 38 Gt i 2012.

Ser vi på den totale massebalance, som er summen af overfladesmeltning og kælvning af isbjerge samt smeltning af gletsjerfronter i kontakt med havvand, så mistede Grønlands indlandsis omkring 84 mia. tons is i løbet af den 12 måneders periode, der sluttede i august 2022. Det betyder, at 2021/2022 nu er 26. år i træk, hvor Grønlands indlandsis er blevet mindre.

Det placerer tabet for 2022 på en 27. plads ud af 36 års data. Med andre ord var sæsonen 2021/2022 forholdsvist normalt for den grønlandske indlandsis. Men ikke desto mindre endte Indlandsisen med et nettotab. Kortet i Figur 1 viser, hvordan den geografiske spredning af SMB-tilvækst (blå) og SMB-tab (rød) for 2021-2022 sammenlignes med det langsigtede gennemsnit (grå).



Figur 1: *Til venstre: Kortet viser forskellen mellem den årlige SMB i 2021/2022 i forhold til referenceperioden 1981-2010 (i mm isafsmeltning). Blå viser en større akkumulation af is end gennemsnittet, og rød viser større istab end gennemsnittet. Til højre: Daglig (øverste diagram) og kumulativ (nedre) SMB af Grønlands indlandsis, i henholdsvis Gt (milliarder tons) pr. dag og Gt (milliarder tons). Blå linjer viser "SMB-året" 2021/2022. Den grå linje viser gennemsnittet for 1981-2010 og de grå arealer henholdsvis de andenstørste og næstmindste værdier for hver dag af året. Den røde linje i det nederste diagram viser det rekordlave SMB-år 2011/2012. (Kredit: Polar Portal).*

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 overflademassebalancen generelt været faldende.

Sen start på smeltesæsonen i 2022

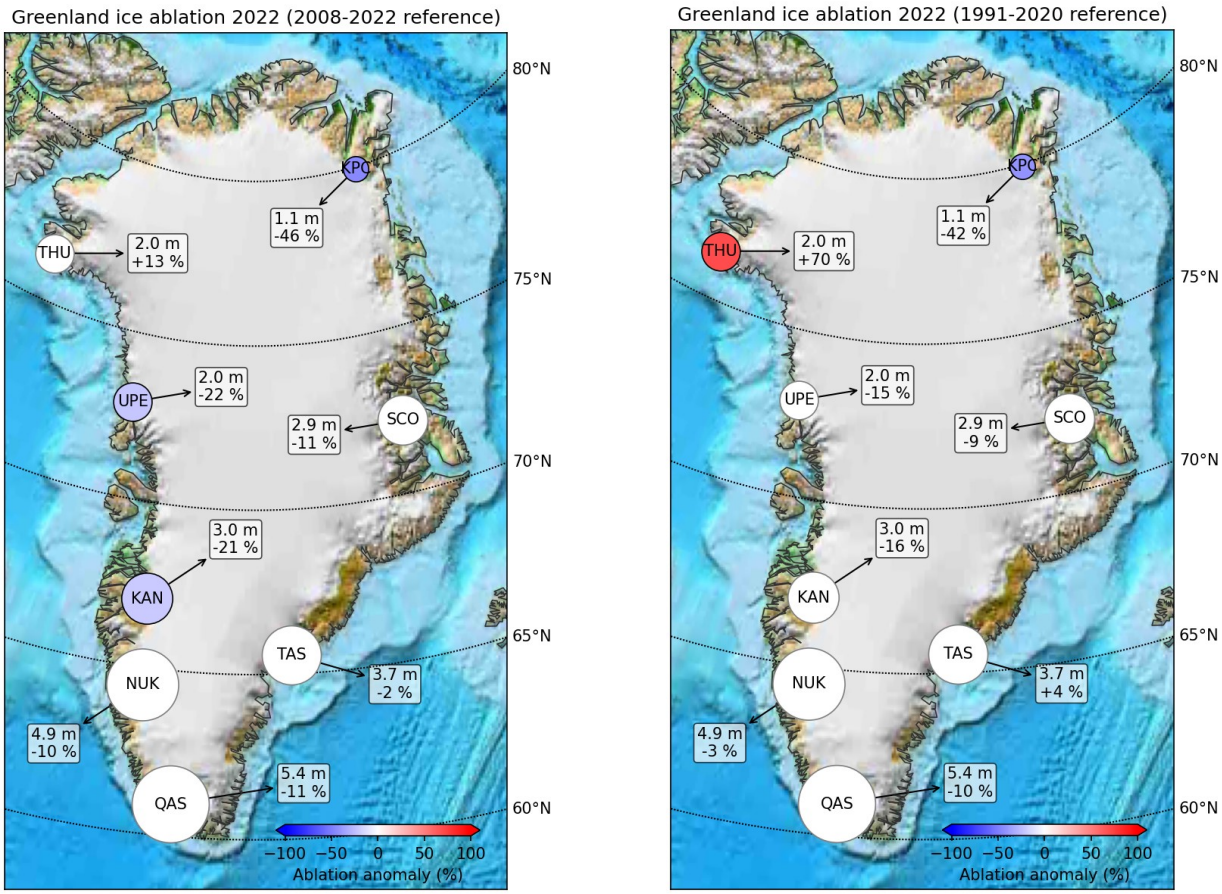
Sommeren meldte sin ankomst sent i Grønland i 2022, og der var flere store snefald i juni, som medvirkede til at forsinke starten på smeltesæsonen. Den 28. maj var den første af tre dage i træk, hvor der var smeltning over mere end 5% af Indlandsisens overflade. Det markerede smeltesæsonens begyndelse. Det er to dage senere end gennemsnittet for perioden 1981-2021.

Ablationssæsonen startede d. 30. juni, og det er meget sent. Det er 17 dage senere end gennemsnittet målt i perioden 1981-2021, og det placerer dette års ablationsstart som den fjerdeseneste ud af 42 års data. Selv om der var smeltning på mere end 30% af Indlandsisens overflade, så

var der også stort snefald i det sydlige Grønland sammenlignet med 2021.

PROMICE projektets automatiserede målestationer på selve Indlandsisens målte temperaturer i juni, som var under -1 standardafvigelse for hele Indlandsisen. I juni og august var målingerne inden for +/-1 standardafvigelse (se figur 2).

Gennem hele ablationssæsonen målte PROMICE-målestationer en afsmeltning, der var tæt på gennemsnittet for perioden 2008-2022. Dog oplevede det nordvestlige Grønland en smeltning over gennemsnittet, mens det nordøstlige Grønland oplevede smeltning under gennemsnittets (se figur 2 til venstre).



Figur 2: *Kortene viser netto-afsmeltningsafvigelserne (anomalierne) for 2022 ved de lavereliggende PROMICE vejrstationer set i forhold til perioderne 2008-2022 (øverst eller venstre) og 1991-2020 (nederst – eller højre). (Kredit: Van As et al. (2016), opdateret).*

Definitioner af starten på smeltesæsonen

På Polarportalen arbejder vi med to forskellige definitioner af starten på smeltesæsonen:

Smeltesæsonens begyndelse: Den første dag ud af mindst tre dage i træk hvor mere end 5% af isens overflade oplever smeltning på mere end 1 mm/dag.

Ablationssæsonens begyndelse: Den første dag ud af mindst tre dage i træk, hvor Indlandsisen mister mere end et gigaton (Gt) dagligt fra overfladen.

Den 2. september passerede varm og fugtig luft fra det centrale Nordatlanten langs den vestlige side af Indlandsisen. Denne varme luft blev dagen efter – den 3. september – ført østover hen over Indlandsisen, og PROMICE og GC-Net vejrstationen (Greenland Climate Network) registrerede regnfald på South Dome, som ligger i en højde af 2900 meter over havets overflade. På en af målestationerne blev der desuden registreret et massivt regnfald på 32 mm indenfor 24 timer langs den vestlige del af Indlandsisen.

I begyndelsen af september blev der desuden observeret rekordhøje temperaturer i Kangerlussuaq, Nuuk, Paamiut, Narsarsuaq og Qaqortoq langs den grønlandske vestkyst. Eksempelvis nåede temperaturen i Nuuk 20°C, mens vinden blæste op til stormstyrke. Det er bemærkelsesværdigt, fordi den højeste temperatur over hele sommer i Nuuk kun var 17°C.
Der fulgte yderlige to varme perioder i september. Ved den sidste observeredes høje temperaturer også langs østkysten, og i Tasiilaq var der en Piteraq med vindstød op til 53 m/s eller 191 km/t. En Piteraq er en faldvind fra indlandsisen, hvor ansamlinger af kold luft kan styrte ned som laviner over kystnært terræn.

Det samlede tab – den totale massebalance

Den grønlandske indlandsis kan kun tilføres mere is ved at have en positiv overflademassebalance (SMB). Det sker, når der falder mere sne, end der smelter. Men Indlandsisen mister også is via andre processer, som primært sker via "kælvning" af gletsjere og ved smeltning af gletsjernes udløbs-tunger, dér hvor de møder havet. Kombination af disse tab med SMB giver en "total massebalance" for året. I gennemsnit over en længere periode skulle den helst være nul, det vil sige, at der hverken vindes eller tabes is, men det er ikke tilfældet.

Ved hjælp af satellitter kan vi måle den hastighed, hvormed isen strømmer gennem kontrolpunkter langs kanterne af iskappen, hvor man kender isens tykkelse og form. Ved at kombinere disse data om, hvor tyk isen er, kan vi estimere mængden af is, der går tabt ved processen med kælvning og undersøisk smeltning.

Disse data gør det muligt at overvåge hele indlandsisens ”regnskab”, og tallene viser, at året 2021-2022 igen havde et meget højt tab af is i form af kælvning og havsmeltning, dog mindre end året før.

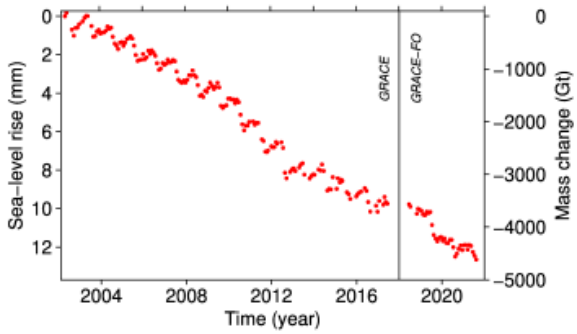
Selvom Grønland igen i 2022 ikke oplevede et rekordstort istab, så var det alligevel 26. år i træk, hvor indlandsisen mistede mere is, end den vandt.

Slår man disse tal sammen, kan det beregnes, at Grønlands indlandsis fra 1. september 1986 til 31. august 2022 har mistet cirka 5.500 Gt is. Det svarer til et bidrag på 1,5 cm af den globale gennemsnitlige havstigning på cirka 12 cm – vel at mærke kun på grund af massetab fra Grønlands indlandsis. For den 20-årige periode 1. september 2002 til 31. august 2021, som er dækket af GRACE-data (se nedenfor) er tabet 4.352 Gt svarende til 1,2 cm havniveaustigning.

Satellitter registrerer fortsat tab i totalmassebalance og højde af Indlandsisen

GRACE-satellitterne og deres efterfølgere måler Jordens tyngdefelt

GRACE-FO måler små ændringer i Jordens tyngdefelt, som er resultatet af ændringer i massen af is. Ud fra dette kan man bestemme masseændringer af Indlandsisen.



Figur 3: Grafen viser udviklingen måned for måned i ændringerne i Indlandsisens totalmasse målt i Gt baseret på data fra GRACE og GRACE-FO missionerne. (1 Gt er 1 mia. ton eller 1 km^3 vand. 100 Gt svarer til en global havniveaustigning på 0,28 mm). GRACE blev opsendt i marts 2002, og missionen sluttede i oktober 2017. GRACE-FO blev opsendt i maj 2018, og derfor er der en periode uden data mellem de to missioner.

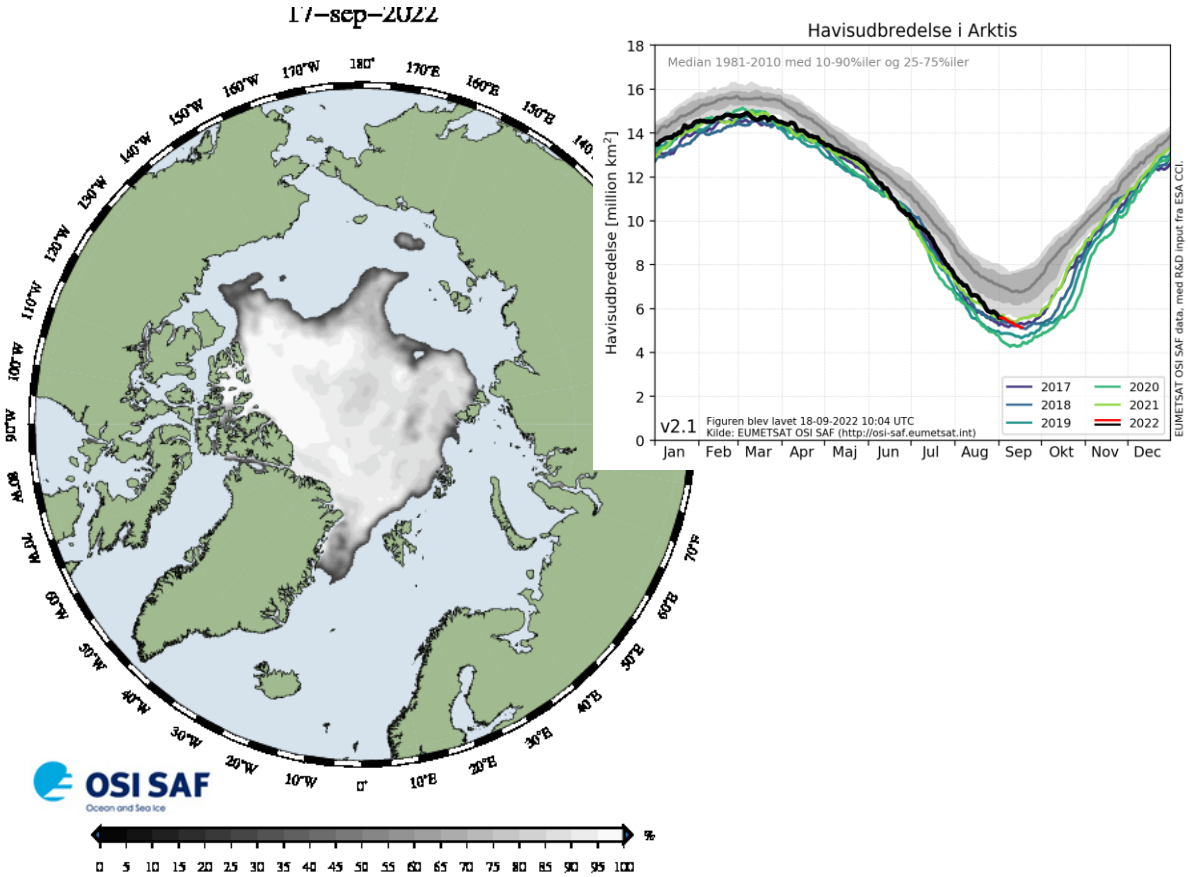
Ifølge målingerne fra GRACE og GRACE-FO har den grønlandske indlandsis totalt haft et tab af is på omkring 4470 Gt i perioden fra april 2002 til august 2021. Det svarer til en stigning i havniveauet på 1,2 cm og er nok til at dække hele USA med en halv meter vand. Data passer godt med de massebalance-data, som beskrevet ovenfor. Husk at disse metoder er uafhængige af hinanden.

Havisen nåede sin 9. laveste udbredelse 2022

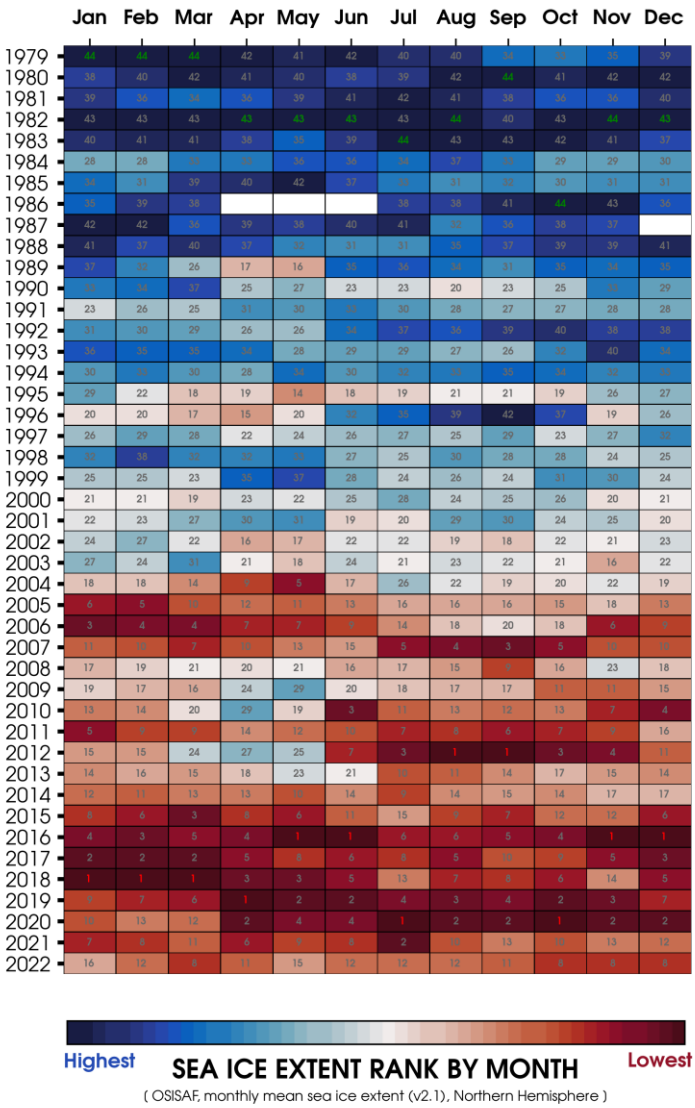
Den mindste havisudbredelse i Arktis i 2022 indtraf den 17. september. Den dag blev der observeret 5,137 mio. km^2 havis. Det betyder, at havisens udbredelse denne dag i Arktis blev den 9. laveste siden 1978, hvor man begyndte at overvåge havisens udbredelse med satellitter.

September måneds middelhavisudbredelse blev den 11. laveste, med 5,390 mio. km^2. I lyset af, at vi de seneste ca. 15 år har vænnet os til mange rekordlave isdækker, er det positivt, at havis-udbredelsen i år og sidste år generelt har været et stykke fra nye rekorder. Men tendensen for havisudbredelsen i Arktis siden 1978 er dog klart negativ.

Denne nedadgående trend er dårligt for klimaet i Arktis, da havisen spiller en stor rolle i det globale klimasystem. Mindre udbredelse af havisen medfører større områder med mørk havoverflader, som absorberer mere energi fra Solens stråling. Og det sætter gang i en ond cirkel, som får opvarmningen i Arktis til at accelerere.



Figur 4: *DMI's kurve af havisudbredelse fra 17. september 2022, 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. (Kredit: Polar Portal).*



Figur 5: *Figuren viser ranglisten over lave isudbredelser i Arktis måned for måned og år siden 1979. Tallene i kassen viser isudbredelsen ranglistet fra bunden (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. (Kredit: http://ocean.dmi.dk/arctic/sie_monthmean.php).*

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 km^2 i gennemsnit. Dette er mere end det dobbelte af Danmarks landareal.