

# Polarportalens Sæsonrapport 2023

**For 27. år i træk mistede Grønlands indlandsis i 2023 mere masse i løbet af smeltesæsonen, end den fik tilført i løbet af vinteren. Og havisens udbredelse svinder også stadig.**

I sæsonen 2022-2023 var der især høj afsmeltning i juli, mens der i foråret og den tidlige sommer faldt mere nedbør både i form af regn og sne. Men selv om det var koldt og vådt i den grønlandske sommer, sammenlignet med Nordamerika og Europa, så var det ikke nok til at forhindre, at den grønlandske indlandsis igen i år mistede masse (196 gigaton) i perioden fra september 2022 til og med august 2023.

---

## I det følgende ser vi på de væsentligste overvågningsresultater i Arktis i 2023:

- Kølig sommer men også kraftig smeltesæson og høje temperaturer ved Summit
- Indlandsisens nettotab for 2023 indtager en 15. plads ud af 43 år
- Sen start på smeltesæsonen i 2023
- Grønlands indlandsis mister fortsat masse
- Havisen nåede sin 6. laveste udbredelse 2023

---

## Kølig sommer men også kraftig smeltesæson og høje temperaturer ved Summit

Igen i 2023 var sommeren i Grønland relativ kold. Der faldt meget sne fra oktober til december 2022, men de sene vintermåneder var forholdsvist tørre. I juni måned fortsatte Indlandsisen med at opbygge masse, og ved udgangen af måneden lå Indlandsisens overflademassebalance 150 Gt over gennemsnittet. Men på trods af disse data, og selv om smeltesæsonen begyndte sent i 2023, viser nettoregnskabet for Indlandsisens overflademassebalance, at den mistede masse.

Som i de foregående somre skal vi finde forklaringen på Grønlands ret våde og kolde somre langt væk fra Grønland selv. I maj og starten af juni, samt igen i slutningen af august, lå der stærke og vedvarende højtryk over Nordamerika og Europa. Disse fastlåste vejrsystemer havde en meget stor betydning for vejret i Grønland, ligesom de medførte katastrofale nedbørsmængder

i Grækenland og Libyen. Forskning tyder på, at denne type vejrsystemer er blevet mere vedvarende og måske kraftigere i de seneste år.

Årets smeltesæson var kraftigere end gennemsnittet – også sammenlignet med årene 2012 og 2019, som havde rekordstore smeltesæsoner. Afsmeltningen skete på mere end 50 % af Indlandsisens overflade i 29 dage i træk fra 27. juni til 25. juli.

Der blev også målt rekordhøje temperaturer ved målestationen Summit, cirka 3000 meter over havets overflade. Her blev der sat en ny rekord for juli på  $-7,3^{\circ}\text{C}$ . Det er næsten 2 grader varmere end den tidligere rekord på  $-9,2^{\circ}\text{C}$ , som blev sat i 2012, og det er 4,4 grader varmere end langtidsgennemsnittet for 1991-2020 på Summit. Ligeledes var august også meget varm med en gennemsnitstemperatur på  $-11,3^{\circ}\text{C}$ , hvilket er

4,3 grader varmere end gennemsnittet. Som resultat var hele den meteorologiske sommer

(juni-juli-august) rekordvarm med en gennemsnitstemperatur på  $-10,4^{\circ}\text{C}$ , som er  $3,4^{\circ}\text{C}$  varmere end i 1991-2020.

---

## Indlandsisens nettotab for 2023 indtager en 15. plads ud af 43 år

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 isbjerger og smeltningen af gletsjertunger, der møder havet.

Overflademassebalancen, som er et udtryk for den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade, overvåges både via målinger ved overfladen (PROMICE og GCNet vejrstationer fra GEUS) og computermodeller. DMI foretager daglige prognoser 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 2022-2023 endte den grønlandske indlandsis med en nettooverflademassebalance

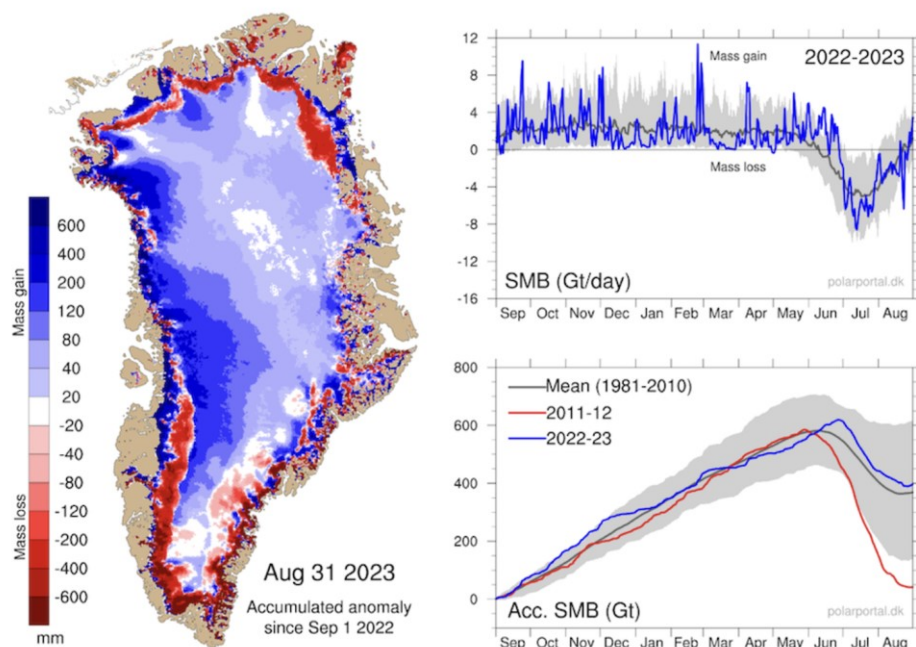
på 398 Gt – det vil sige noget lavere end tallet for sæsonen 2021-2022, som var 471 Gt. Ifølge DMI's beregninger placerer det sæsonen på den 15. højeste plads ud af 43 års data. Og det er ret tæt på gennemsnittet for perioden 1981-2010. Til sammenligning var den laveste beregnede SMB på kun 38 Gt i 2012.

Ser vi på den totale massebalance, som er summen af overfladesmeltning plus kælvning af isbjerger samt smeltning af gletsjerfronter i kontakt med havvand, så mistede Grønlands indlandsis omkring 196 mia. tons is i løbet af den 12-måneders periode, der sluttede i august 2023. Det betyder, at 2022/2023 nu er 27. år i træk, hvor Grønlands indlandsis er blevet mindre.

Det placerer tabet for 2023 på en 23. plads ud af 37 års data. Kortet i Figur 1 viser, hvordan den geografiske spredning af SMB-tilvækst (blå) og SMB-tab (rød) for 2022-2023 ser ud sammenlignet med det langsigtede gennemsnit (grå).

## 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 Indlandsis 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 1:** Til venstre: Kortet viser forskellen mellem den årlige SMB i 2022-23 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) – 1 Gt is svarer til 1 kubikkilometer is. Blå linjer viser "SMB-året" 2022-23. 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 2011-12. (Kilde: Polar Portal).

## Sen start på smeltesæsonen i 2023

Sommeren meldte igen sin ankomst sent i Grønland i 2023, og der var igen i år flere store snefald i juni, som var med til at forsinke starten på smeltesæsonen. Den 31. 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 fem dage senere end gennemsnittet for perioden 1981-2021.

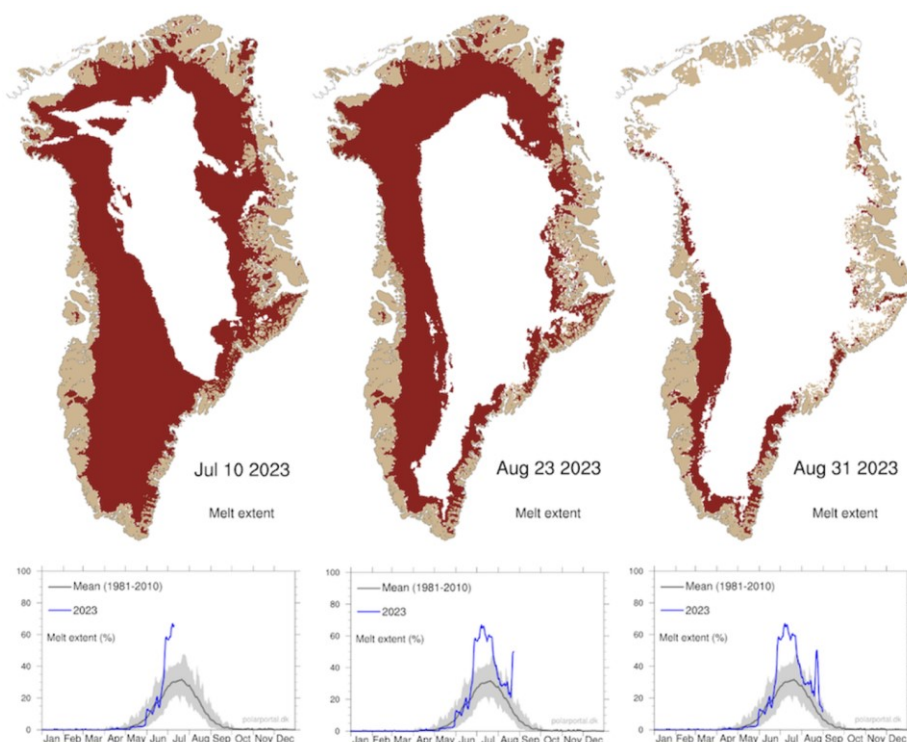
Ablationssæsonen startede d. 29. juni, og det er meget sent. Det er 16 dage senere end gennemsnittet målt i perioden 1981-2021, og det placerer dette års ablationsstart som den femteseneste ud af 43 års data. Men på trods af denne kolde start, kom der perioder i slutningen af juli med meget høje temperaturer, som medførte store tab af is på bare få dage.

## 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.

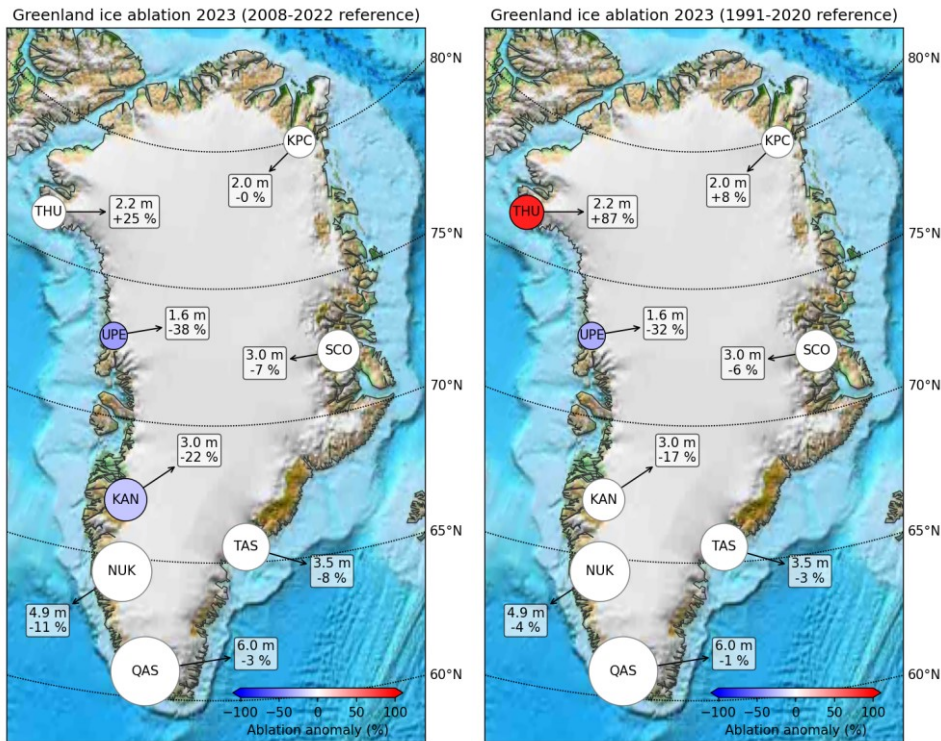
**Ablationssæsonens begyndelse:** Den første dag ud af mindst tre dage i træk, hvor Indlandsisen mister mere end et gigaton (Gt) dagligt fra overfladen.



**Figur 2:** Kortet til venstre viser første peak af Indlandsisens afsmeltning, som skete d. 10. juli, hvor der var smeltning på 67% af Indlandsisens overflade – vist med rød. Det midterste kort viser det andet peak af smeltningen, som skete d. 23. august, med smeltning på 50% af overfladen, og kortet til højre viser situationen d. 31. august. Fra og med 21 juni var afsmeltningen over gennemsnittet i resten af smeltesæsonen og faktisk også helt ud over smeltesæsonens afslutning. De blå grafer viser den procentdel af overfladen, der har afsmeltning. Den grå linje viser gennemsnittet for perioden 1981-2010. (Kilde: DMI Polar Portal).

Samlet set lå smeltesæsonens værdier inden for en afvigelse på 20% i forhold til gennemsnittet for 1991-2020 på de fleste af PROMICE projektets automatiserede målestationer på selve Indlandsisen. Det viser målinger fra otte af målestationerne. Der var dog undtagelser i det nordvestlige område, hvor der i Thule blev målt 2,2 meter nettoafsmeltning, som svarer til 87% mere end gennemsnittet, mens der i Upernavik blev mål

1,6 meters afsmeltning, som er 32% mindre end gennemsnittet. Disse samlede sommerværdier tyder på, at der er tale om kombinerede effekter af en køligere juni og varmere juli og august. Det har samlet set givet en omtrent gennemsnitlig afsmeltning ved de kystnære områder.



**Figur 3:** Kortene viser netto-afsmeltningsafvigelse (anomalier) for 2023 ved de lavereliggende PROMICE vejrstationer set i forhold til perioderne 2008-2022 (venstre) og 1991-2020 (højre). (Kildet: Van As et al. (2016), opdateret).

## Grønlands indlandsis mister fortsat masse

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", TMB, 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.

Der er to tilgange til at måle Indlandsisens totalmassebalancen: Modelling af kælvning og undersøisk smeltning (beskrevet i artiklen af Mankoff et al., 2021) samt måling af isens masse via måling af Jordens tyngde (GRACE). De to metoder er fuldstændig uafhængige af hinanden. Men de har en fælles periode, nemlig fra 1. april 2002 til 31. marts 2023. Og de kommer frem til forholdsvis samstemmende værdier for tab af

Indlandsisen – henholdsvis 4.578 Gt (Mankoff et al.) og 4.745 Gt (GRACE).

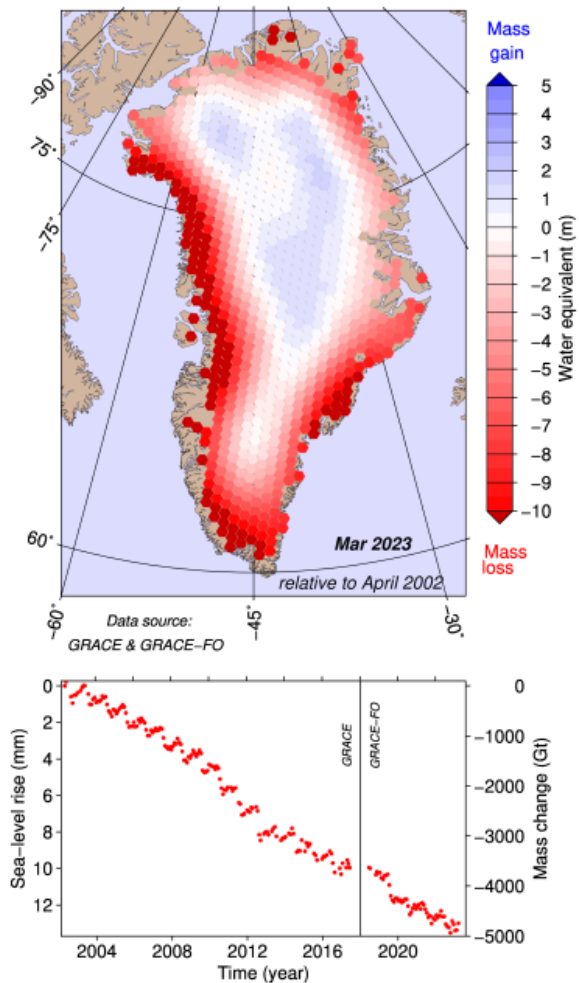
### Måling af kælvning og undersøisk smeltning

Ved hjælp af satellitter kan man 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 man estimere mængden af is, der går tabt ved processen med kælvning og undersøisk smeltning.

### GRACE-satellitterne 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. Ifølge målingerne fra GRACE og GRACE-FO har den grønlandske indlandsis totalt haft et tab af is på omkring 4.745 Gt i perioden fra 1. april 2002 til 31. marts 2023. Det svarer til en stigning i havniveauet på 1,3 cm. Det er nok til at dække hele USA med en halv meter vand.



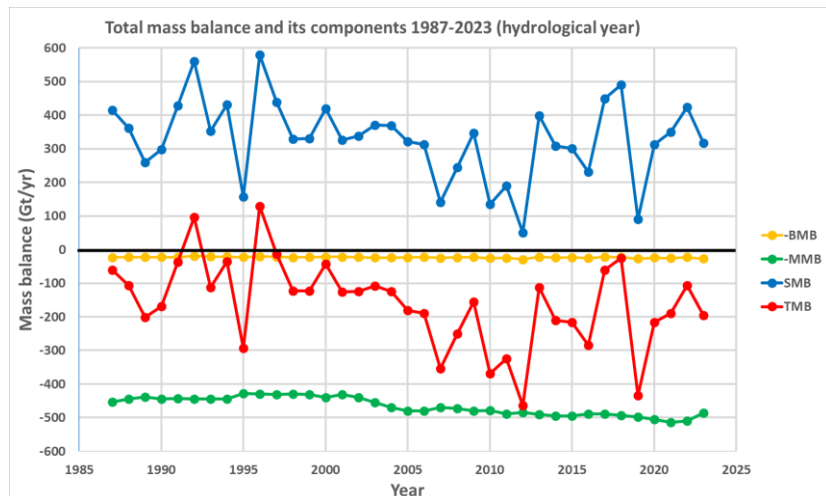


**Figur 4:** Grafen viser udviklingen måned for måned i ændringerne i Indlandsisens totalmasse målt i Gt baseret på data fra GRACE og GRACE-FO missionerne. (1 Gt er 1 mia. ton eller 1 km<sup>3</sup> vand. 100 Gt svarer til en global havniveauæstigning på 0,28 mm). GRACE blev opsendt i marts 2002, og missionen sluttede i oktober 2017. GRACE-FO blev opsendt i maj 2018, og derfor er der en periode uden data mellem de to missioner. De seneste data er fra marts 2023. (Kilde: Polarportal)

### Det samlede billede af Indlandsisen

Data om Indlandsisens totalmassebalance gør det muligt at overvåge hele indlandsisens "regnskab" for tilvækst og tab, og tallene viser, at året 2022-2023 igen havde et meget højt tab af is i form af kælvning og havsmeltning.

Grønlands indlandsis mistede 196 Gt is, og det gør 2023 til det 27. år i træk, hvor indlandsisen mistede mere is, end den vandt. (Baseret på data fra Mankoff et al.)



**Figur 5:** Graferne giver et overblik over den samlede smeltning fra den Grønlandske indlandsis fra 1987 til 2023. Overflademassebalance (blå), marin massebalance (grøn), basalmassebalance (gul), totalmassebalance (rød). Værdierne er i Gt pr år. (Kilde: Martin Stendel, DMI)

## Havisen nåede sin 6. laveste udbredelse 2023

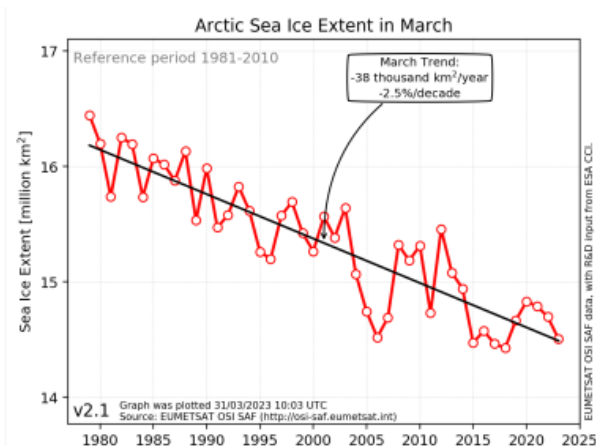
Havisens maksimumudbredelse blev nået 2. marts 2023, hvor isen dækkede et areal på 14,759 mio. km<sup>2</sup>. Middeludbredelsen for marts måned 2023, blev den 4. laveste siden 1978, hvor man begyndte at overvåge havisens udbredelse med satellitter. Dermed ligger årets resultat i tråd med målinger fra de sidste årtier, hvor maksimumudbredelsen af havisen i Arktis har været meget lav. Det understreger, at udbredelsen af havis i Arktis er under hårdt pres fra stigende globale temperaturer.

Havisen i Arktis nåede sin minimumsudbredelse den 16. september. Den dag blev der observeret 4,8 mio. km<sup>2</sup> havis. Det betyder, at året 2023, har den 6. laveste værdi for minimumsudbredelse siden 1978.

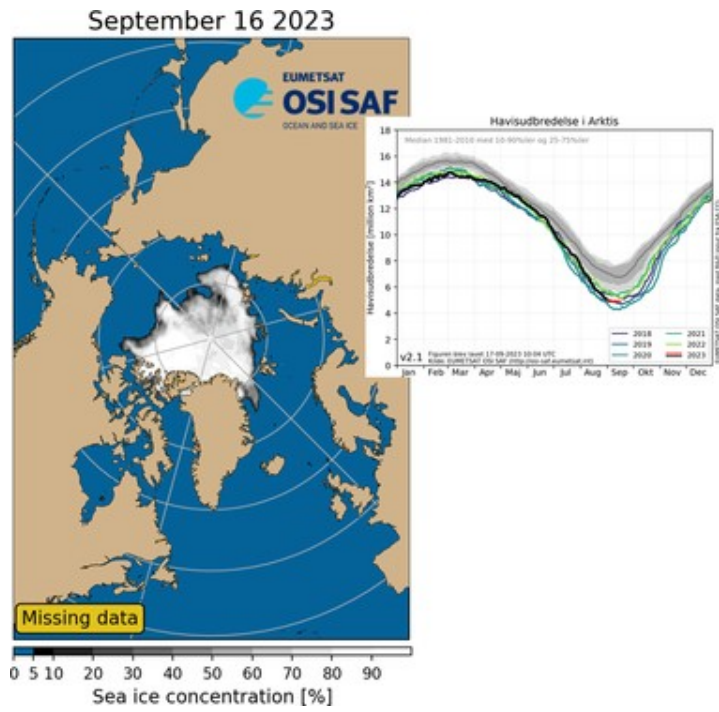
Siden år 2000 har havisens maksimum og minimum i Arktis således placeret sig på top ti over de laveste udbredelser. Tendensen for havisudbredelsen i Arktis har siden 1978 klart været negativ, og det er efterhånden ved at den nye normal i Arktis.

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 mørke havoverflader, som absorberer mere energi fra Solens stråling. Og det sætter gang i en ond cirkel, som får opvarmningen i Arktis til at accelerere.

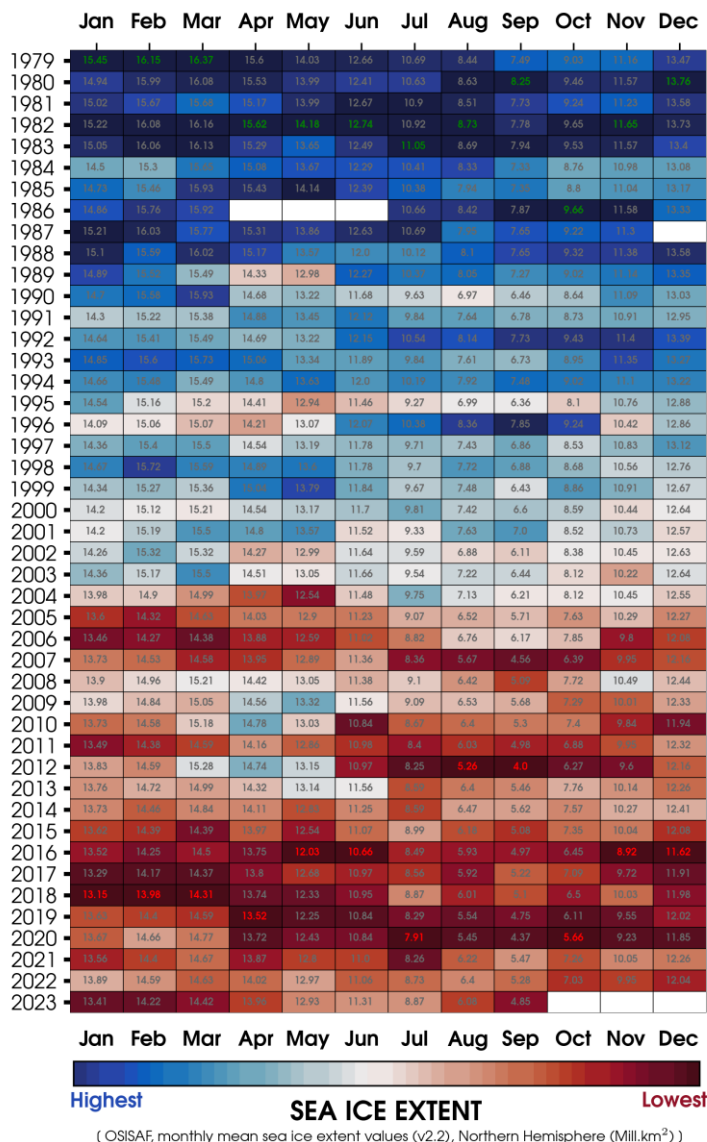


**Figur 6:** Over de seneste 45 år er havisens maksimumsudbredelse i Arktis svundet ind med ca. 38.000 km<sup>2</sup>/år i forhold til gennemsnittet i perioden 1981-2010. (Kilde: EUMETSAT's OSISAF).



**Figur 7:** DMI's kurve af havisudbredelse fra 16. september 2023, som var datoen for sæsonens laveste isudbredelse. Kort og grafik er baseret på EUMETSAT's OSISAF iskoncentrationsberegninger, og det viser arealet af havområder, der har mere end 15% isdække. (Kilde: Polar Portal).





**Figur 8:** 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](http://ocean.dmi.dk)). Udbredelsen er beregnet på baggrund af data fra OSISAF (OSI 450), den midlertidige klimadata registrering ICDR, OSI-430-b samt et Near-Real-Time (NRT) produkt. De månedlige rekordhøje smeltninger er røde. (Kilde: [http://ocean.dmi.dk/arctic/sie\\_monthmean.php](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<sup>2</sup> i gennemsnit. Dette er mere end det dobbelte af Danmarks landareal.