

A large, jagged blue iceberg dominates the background, its surface textured with cracks and ridges. In the foreground, the deck of a white ship is visible, with several crew members in various colored jackets (yellow, green, blue) looking towards the iceberg. The ship's mast and rigging are on the left. The water is a deep blue-green color.

# KLIMAÆNDRINGER I ARKTIS – *ET VARMT EMNE!*

---

*SVIPA 2011:  
Sne, Vand, Is og  
Permafrost i Arktis*

AMAP

# ORDLISTE

## AMAP

Arctic Monitoring and Assessment Programme

## Arktis

Ofte defineret som Jordens overflade nord for 66° N

## Arktisk Råd

Internationalt forum på højt niveau. Det beskæftiger sig med beskyttelse af det arktiske miljø og bæredygtig udvikling i bred forstand. Rådet består af de otte arktiske nationer og seks organisationer, som repræsenterer oprindelige arktiske folk, er permanente deltagere

## Drivhusgas

En luftart (f.eks. kuldioxid og metan), der optager og udsender langbølget stråling (varmeenergi) i atmosfæren

## Feedback

Et resultat af en proces, der påvirker en anden proces

## Forudsigelse

En given hændelse, der med større eller mindre sandsynlighed vil ske

## Fremskrivning

En melding om, at en given tilstand vil kunne indtræde, såfremt bestemte betingelser bliver opfyldt

## Gigaton

1 Gt = 1.000.000.000 t  
(1 milliard tons)

## Gletsjer

Landbaseret ismasse, der flyder langsomt nedad under påvirkning af tyngdekraften

## Habitat

Det præcise levested for en levende organisme eller for et samfund af organismer

## Havis

Is, der fremkommer, når havvand fryser

## Iskappe

En mere eller mindre kuppelformet masse af gletsjeris, der kan flyde i alle retninger. Iskapper er landbaserede og mindre end 50.000 km<sup>2</sup>

## Indlandsis

En landbaseret iskappe som er større end 50.000 km<sup>2</sup>. I Arktis findes der kun én: Grønlands Indlandsis

## IPCC (United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change)

De Forenede Nationers mellemstatslige, videnskabelige organ til vurdering af klimaændringer

## Klima

The gennemsnitlige vejr over en lang period; fra måneder til millioner af år

## Klimaændring

Enhver betydelig ændring i klimaet

## Klimamodel

En computer-baseret matematisk model, der anvendes til at beregne klimaforhold i fortid, nutid og fremtid

## Kryosfære

Den del af Jorden som er frosset – i det mindste en del af året. Kryosfærens elementer er sne og is i alle former (indlandsis, iskapper, gletsjere, permafrost, saltvandsis og ferskvandsis)

## Kuldioxid CO<sub>2</sub>

Den vigtigste drivhusgas, der især stammer fra menneskenes aktiviteter. Afbrænding af olie, naturgas og kul er den vigtigste kilde til udledning af CO<sub>2</sub>

## Kuldioxid (CO<sub>2</sub>) og metan (CH<sub>4</sub>)

Disse to er eksempler på stoffer, som – når de optræder i atmosfæren – oftest omtales som "gasser". Hermed menes blot "luftarter". Når rapporten anvender udtrykket "drivhusgasser", drejer det sig altså om luftarter, som bidrager til drivhuseffekten i atmosfæren

## Metan CH<sub>4</sub>

En meget kraftig drivhusgas, der dannes under iltfrie forhold

## Permafrost

Permanent frossent jordbund; findes i områder, hvor den gennemsnitlige, årlige jordtemperatur er lavere end 0°C i mindst to år i træk

## Trækkende arter

Dyrearter, som på bestemte årstider vandrer, svømmer eller flyver fra et geografisk område til et andet, ofte over lange afstande. Eksempler på trækkende arter er rensdyr, laks, grønlandssæl, pukkelhval, blisgåas, havterne og stenvender

## Vejr

Atmosfærens tilstand på en given lokalitet og et givet tidspunkt. Vejret består af atmosfæriske elementer som f.eks. temperatur, luftfugtighed, vindhastighed og lufttryk

# INDLEDNING

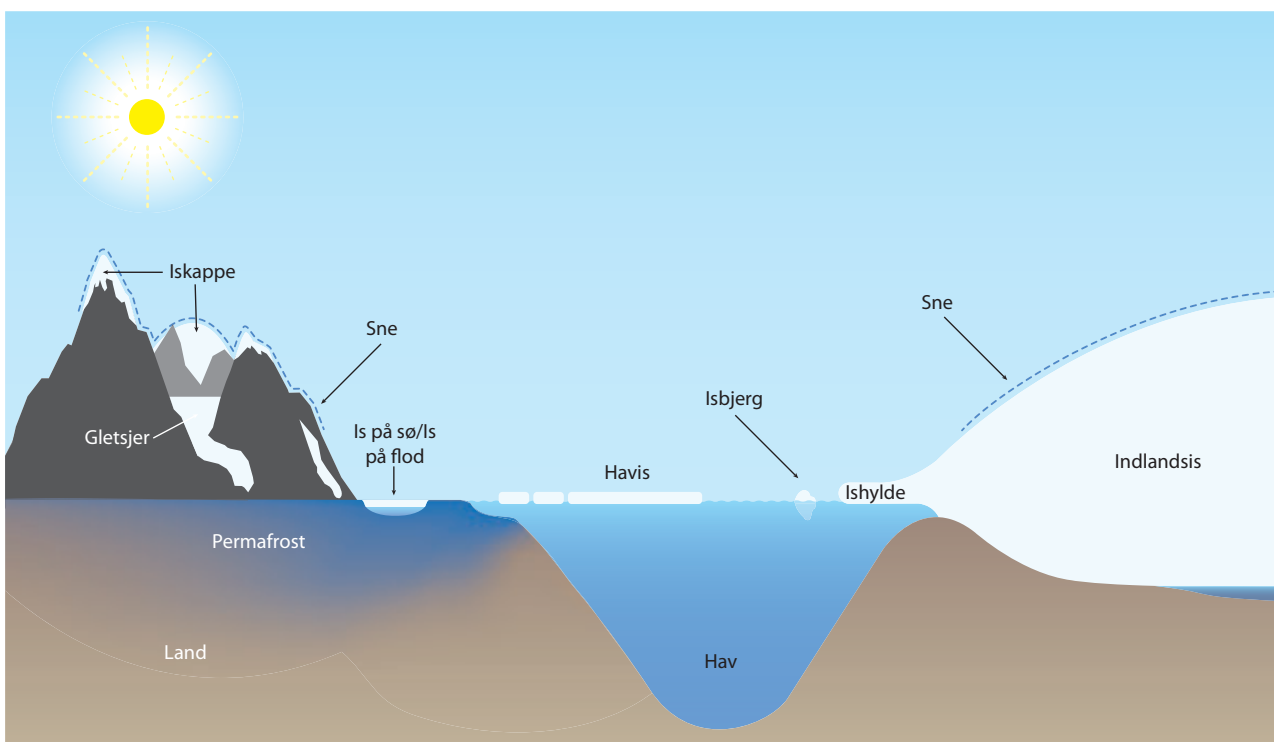
Verden bliver varmere og Arktis smelter. Forskere i mange lande prøver at fastslå, hvordan et varmere Arktis vil påvirke de planter, dyr og mennesker, som lever i netop dette område, og hvordan vores klode som helhed vil reagere. Forskerne er især interesseret i at studere ændringerne i den arktiske kryosfære, hvor en del af jordbunden eller overfladen er frosset i kortere eller længere perioder. Kryosfæren består af sne og is i alle former og omfatter sne, permafrost (permanent frosset jordbund), is på søer og floder, gletsjere, iskapper, indlandsis og havis.

SVIPA projektet – **S**ne, **V**and, **I**s og **P**ermafrost i **A**rktis – blev igangsat af Arktisk Råd, så forskerne kunne samarbejde om at undersøge al tilgængelig information om sne og is i Arktis og forsøge at nå til fælles svar på disse seks vigtige spørgsmål:

- Hvorfor sker der ændringer i Arktis?
- Hvorledes ændrer den arktiske kryosfære sig?
- Vil disse ændringer fortsætte ud i fremtiden?
- Hvordan påvirker forandringerne i den arktiske kryosfære natur og mennesker?
- Hvorfor betyder ændringerne i Arktis noget for Jorden i det hele taget?
- Hvad kan vi gøre ved opvarmningen i Arktis?

SVIPA-rapporten sammenfatter den nyeste forskningsbaserede viden om ændringerne i den arktiske kryosfæres enkelte elementer. SVIPA undersøger, hvordan disse ændringer påvirker natur og mennesker i Arktis såvel som i andre egne. Detaljerede oplysninger om SVIPA kan læses (på engelsk) på projektets hjemmeside: [www.amap.no/swipa](http://www.amap.no/swipa)

## Den arktiske kryosfære



# HVORFOR ÆNDRER ARKTIS SIG?

Naturlige variationer i det globale klima har altid været en del af Jordens historie. Kolde perioder (istider), hvor indlandsis og iskapper dækkede store områder, er blevet afløst af varme perioder (mellemistider) med ingen eller kun lidt landbaseret is. Den opvarmning, vi er vidne til nu, er imidlertid af et omfang og hastighed, der går langt ud over den naturlige variation.

Arktis bliver varmere, og opvarmningen sker hurtigere end næsten alle andre steder på Jorden. Siden 1980 er den gennemsnitlige årlige lufttemperatur steget dobbelt så meget i Arktis som i resten af verden. Faktisk har de seneste syv år (2005-2011) været de varmeste, der nogensinde er målt i Arktis.

Sammenlignet med de temperaturer, som indirekte kan udledes ved at undersøge fortidens søbundslag, træringe og iskerner, er de seneste årtiers sommertemperaturer i Arktis sandsynligvis de højeste i de sidste 2000 år.

Størstedelen af den observerede stigning i den globale temperatur skyldes – med helt overvejende sandsynlighed – de drivhusgasser, som menneskers aktiviteter udleder; det drejer sig f.eks. om afbrænding af fossilt brændstof, dvs. kul, olie og naturgas. Den drivhusgas, som har hovedansvaret for lufttemperaturens stigning, er kuldioxid. Metan har også stor betydning som drivhusgas.

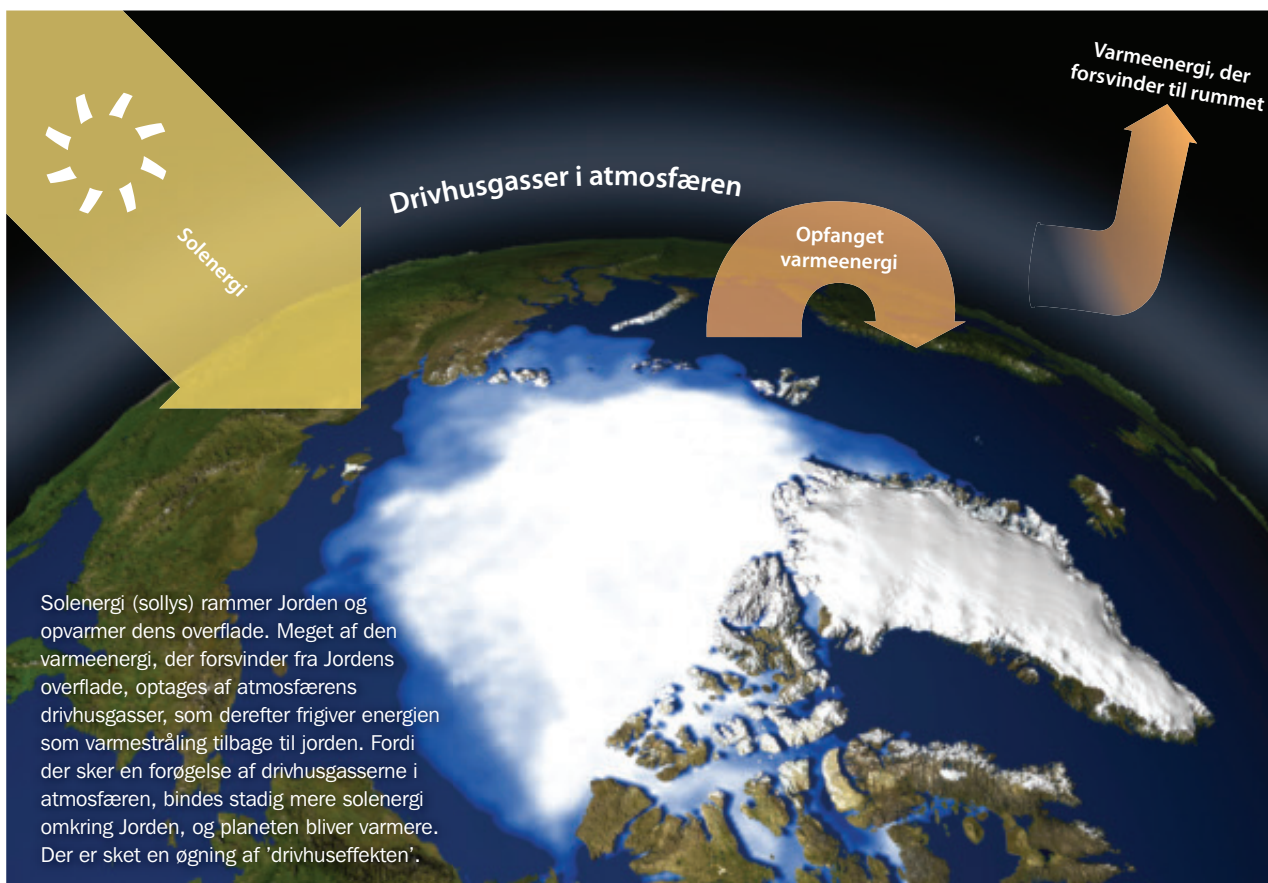


## Indirekte data

Klimafaktorer (lufttemperatur, nedbør, havis osv osv) måles i dag ved anvendelse af meget følsomme instrumenter, som f.eks. satellitter, der kan dække næsten hele kloden. Sådanne direkte målinger har kun været mulige i de seneste 50-100 år. Klimaændringer i perioder fra før 'måleinstrumenternes tid' må nødvendigvis registreres gennem metoder, der på indirekte vis skaffer de oplysninger, man er interesseret i. For eksempel kan iskerner fra Grønlands indlandsis og bundprøver fra arktiske søer give gode indirekte resultater, der kan omsættes til direkte oplysninger om faktiske ændringer i det arktiske klima i fortiden.

*Luft indesluttet i iskerner er blevet analyseret for at give oplysning om fortidens temperaturer og om, hvor meget atmosfærens indhold af drivhusgasser var dengang.*

## Drivhuseffekten



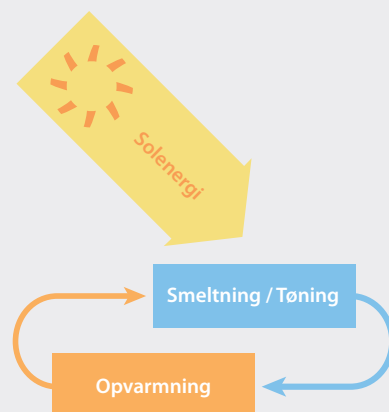
Det er ikke overraskende, at højere temperaturer fører til smeltning og optøning af den arktiske kryosfære. Imidlertid kan forskerne nu også konstatere, at dele af kryosfæren i et samspil med hele klimasystemet faktisk får opvarmningen til at gå hurtigere. Der er tale om særlige gensidige forbindelser, som kaldes 'feedbacks' (tilbagekoblinger). Det har været kendt i nogen tid, at sneen er involveret i sådanne samspil, men det er nyt, at havisen i Arktis også påvirker klimasystemet gennem feedbacks.

Udover forbindelser mellem kryosfæren og klimasystemet er der også forbindelser mellem kryosfærens forskellige elementer. Ændringer i ét kryosfæreelement, f.eks. sne, kan altså forårsage ændringer i et andet element, f.eks. permafrost.

### Hvordan virker feedbacks

Lyse overflader (f.eks. sne og is) tilbagekaster mere sollys (dvs. energi), end mørke overflader (f.eks. vand, jord, planter). I områder, hvor jorden eller havet ikke længere dækkes af sne eller is, bliver en større del af solenergien derfor optaget (fordi en mindre del tilbagekastes). Det betyder, at landet eller havet bliver varmere, end det ellers ville være blevet. En del af denne ekstra energi, gemmes som varme og udledes til atmosfæren det efterfølgende år og forsinker dannelsen af sne og ny is.

Sådan fungerer de fleste sne- og is-feedbacks i Arktis: Opvarmning forårsager smeltning og optøning, som igen bevirker mere opvarmning, der igen resulterer i mere smeltning og optøning.



# HVORDAN ÆNDRES DEN ARKTISKE KRYOSFÆRE?

Ændringer ses og måles overalt i Arktis i sne, permafrost, ferskvandsis, gletsjere, iskapper og havis. Nogle ændringer sker ret hurtigt, dvs i løbet af få årstider eller år, medens andre sker meget langsomt, dvs over århundreder. Desuden kan nogle af disse ændringer påvirke meget store områder i Arktis (f.eks. ændringer i havisen), medens andre kun påvirker meget begrænsede egne.

## Ændringer, der sker nu

**Sne** er et væsentligt element i Arktis. Sneen dækker jorden i op til ni måneder af året. Imidlertid bliver de snedækkede områder mindre, og perioden, hvor jorden er snedækket, bliver også kortere.

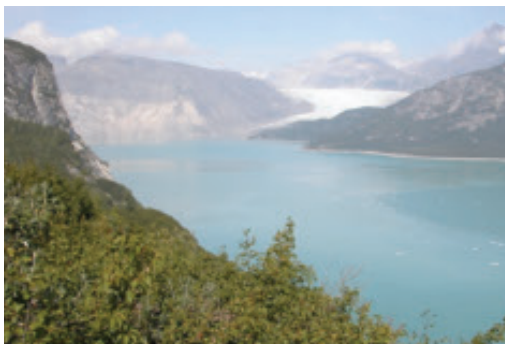
Gennem de seneste 50 år er arealet af snedækkede områder blevet 20% mindre, og snesmeltningen om foråret sker tidligere og tidligere, især tæt på havet.

**Permafrosten**, som findes under overfladen i de fleste landområder i Arktis og under bunden i nogle af havområderne, er begyndt at tø. Permafrostens temperatur er nu 2°C højere end for 20-30 år siden. Det samlede areal med permafrost formindskes også, og når landjordens øvre lag bliver varmere, smelter isen i jorden. Siden 1990 er sommerens optøede jordlag (kaldet 'det aktive lag') over permafrosten blevet op til 20 cm tykkere i nogle egne af Rusland og Skandinavien.



Forskerne foretager meget nøjagtige registreringer for at kunne dokumentere kryosfærens ændringer. Satellitter har forbedret mulighederne og metoderne til at observere ændringer, men der er stadigvæk brug for målinger ved feltarbejde på overfladen.





Fronten af Muir gletsjeren i Alaska smeltede væk over en strækning på mere end 12 km mellem 1941 (til venstre) og 2004 (til højre).

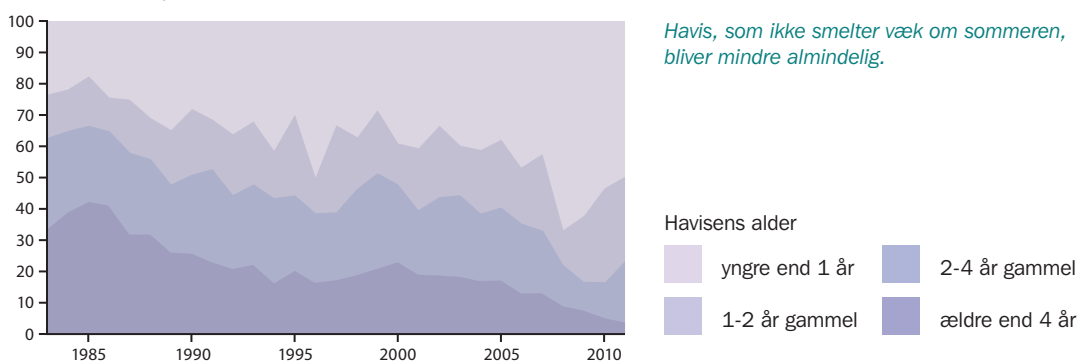
Der er tusindvis af **søer, elve og floder** i Arktis, og de fleste af dem er dækket af is i mindst seks måneder hvert år. Selvom der er regionale forskelle i det arktiske område, er nutidens isdække af kortere varighed end for 100 år siden. Årsagen er, at isen dannes senere om efteråret og smelter tidligere om foråret.

I nogle egne af det Arktiske Ocean er der **havis** hele året; i andre områder er havisen der kun om vinteren, og sidst på sommeren er der så helt isfrit, når isen er smeltet væk (det kaldes "åbent vand"). Generelt kan der om vinteren være tre gange så meget havis som om sommeren. Udbredelsen af havis om sommeren er gået drastisk ned de seneste 30 år, og især siden år 2000. Faktisk forsvinder sommerisen i det Arktiske Ocean nu

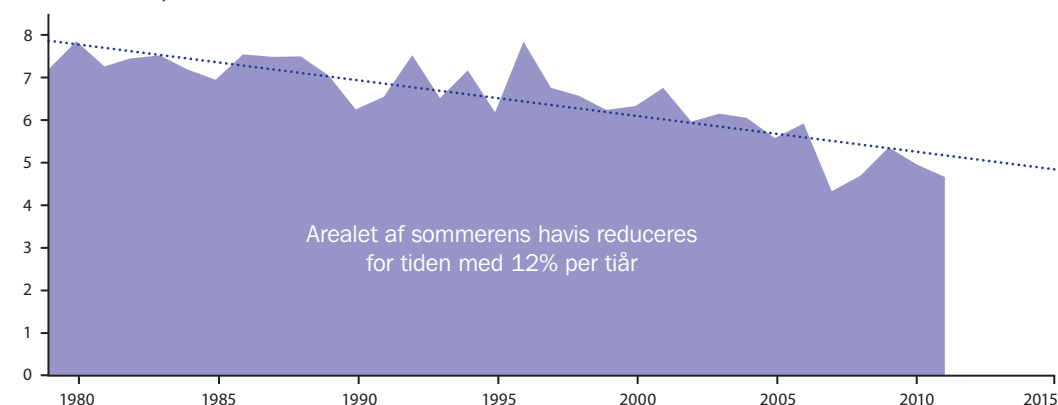
betydeligt hurtigere, end det blev forudsagt af computermodeller for blot nogle få år siden. Desuden er havisen også blevet tyndere og enårig, fordi områder med flerårig havis (som ikke smelter væk om sommeren, og derfor kan opbygge sin store tykkelse gennem flere vintre) er blevet meget mindre.

Næsten alle arktiske **gletsjere og iskapper** er blevet mindre i de seneste 100 år, og mange steder er det gået rigtig stærkt siden år 2000. Grønlands Indlandsis, som er den nordlige halvkugles største ismasse, har i de senere år vist særligt hurtige ændringer. Massetabet ved smeltning af isens overflade samt ved produktion af isbjerger er nu omtrent fire gange større end for ti år siden.

Alder af havis i september (sommer), i % af total



Areal af havis i september (sommer), i million km<sup>2</sup>





## FORTSÆTTER ÆNDRINGERNE?

En **forudsigelse** drejer sig om en **hændelse**, der med en eller anden sandsynlighed vil finde sted en gang i fremtiden. En **fremskrivning** er, derimod, en udmelding om en mere eller mindre sandsynlig **fremtidstilstand**. Forskere forudsiger f.eks., at det globale havniveau vil stige som følge af den globale opvarmning, og de bruger computermodeller til at lave fremskrivninger af denne stigning baseret på udledning af forskellige mængder drivhusgasser til atmosfæren.

Forskerne anvender computermodeller til at **forudsige** mulige ændringer i Arktis. Ofte vil disse modeller påpege, at ændringer, der sker lige nu i Arktis, sandsynligvis vil fortsætte og måske forstærkes. Imidlertid er det vigtigt at huske på, at en melding fra forskernes computermodeller er det 'bedste bud' baseret på den nuværende forståelse og fortolkning af indviklede processer og sammenhænge. Sådanne 'bedste bud' er **fremskrivninger**, der peger på, hvordan den arktiske kryosfæres tilstand kan tænkes at ændre sig samt hvor og hvornår, sådanne ændringer kan ske.

Der er flere grunde til fremskrivningernes usikkerheder. Blandt andet får forskerne stadigvæk ny viden om samspillet mellem sne, is og atmosfære (læs mere på side 3 om feedbacks), og når indsigt øges, forbedres modellerne også. Det er meget svært at forudsige atmosfærens indhold af drivhusgasser, da udledningen af dem er afhængig af faktorer, som i sig selv er vanskelige at forudsige. Det drejer sig f.eks. om, hvor hurtigt de fremadstormende økonomier i Indien og Kina vil udvikle sig, og hvilke slags brændstof, fremtidens energiproduktion vil anvende, – og i hvilke mængder.

For at holde usikkerheden i modellernes fremskrivninger på det lavest mulige niveau benytter forskerne modeller, som er gode til at efterligne og beskrive fortidens klimaændringer samt reaktionerne i de forskellige dele af kryosfæren.





### Om at forudse klimaændringer

IPCC (De Forenede Nationers Mellemstatslige Panel vedr. Klimaændringer / United Nations' Intergovernmental Panel on Climate Change) er det vigtigste videnskabelige organ til vurdering af klimaændringer og deres sandsynlige konsekvenser. Tusindvis af forskere fra hele verden deltager i IPCC's arbejde. Disse forskere har udviklet 'scenarier' (dvs 'mulige hændelsesforløb'), der beskriver hvordan udledningen af drivhusgasser kan ændre sig i fremtiden. Disse hændelsesforløb anvendes i computermodeller for at lave fremskrivninger af, hvorledes det globale klima sandsynligvis vil ændre sig, i særlig grad hvor hurtigt, ændringerne formentligt vil ske og hvilke følger, der vil komme, og hvor henne. Sådanne oplysninger er vigtige for regeringer for at sætte dem i stand til at planlægge, forberede og beslutte i forhold til de forventede ændringer. Lande, der er en del af den internationale klimakonvention, deltager i arbejdet, og IPCC's Tilstandsrapport nr. 5 (Assessment Report 5) udkommer i 2014.

### Videnskabelige fremskrivninger lige nu

- Lufttemperaturen vil fortsætte med at stige hurtigere i Arktis end i alle andre egne af Jorden. Modeller forudsiger, at temperaturen kan være steget yderligere 3°-6°C før år 2100. Den mest markante stigning vil ske om efteråret og om vinteren i de områder, hvor havisen er forsvundet om sommeren.
- Nedbør (sne og regn) bliver sandsynligvis mere hyppig i mange arktiske egne, især om vinteren. Sneen vil ligge tykkere mange steder, men perioden med snedække på jorden vil blive op til 20% kortere over det meste af Arktis. Det vil blive mere almindeligt at opleve regn-på-sne hændelser om vinteren.
- Permafrosten vil fortsætte med at tø i store dele af Arktis. "Palsa", en særlig slags arktisk mose ovenpå permafrost (læs mere på side 8), er under hastig afvikling og kan være helt væk som habitat i løbet af de kommende 30-40 år.
- Inden år 2100 kan gletsjerne og iskapperne i Arktis have mistet op til en tredjedel af deres samlede ismasse.
- Den kæmpestore indlandsis i Grønland vil fortsat smelte i store dele af randzonen og overfladen, men nøjagtigt hvor hurtigt, smeltningen sker, er uvist.
- Havisens tykkelse og udbredelse vil fortsat aftage og det Arktiske Ocean vil stort set være isfrit om sommeren omkring år 2050. Indtil da vil mængden af sommeris svinge meget over og under gennemsnittet. Åbent, altså isfrit, vand om sommeren vil være et resultat af, at den fler-årige havis, (dvs den havis, som har klaret sig gennem mindst to år uden at smelte) er forsvundet og blevet erstattet af havis, der dannes påny ved begyndelsen af hver vinter (dvs ét-årig havis). Denne type havis smelter nemmere end ældre havis.

# HVORDAN PÅVIRKES NATUREN AF ÆNDRINGER I DEN ARKTISKE KRYOSFÆRE...

Den arktiske kryosfæres ændringer har stor indvirkning på planter og dyr, der er tilpasset til et liv i kulden. Arter, der trækker (dvs svømmer, vandrer eller flyver) til Arktis om sommeren, bliver også påvirket. Ændringerne i sne- og isforholdene medfører tab af hele habitater (særlige levesteder). Dette kapitel giver eksempler på, hvordan arktiske økosystemer bliver påvirket.

## Sne

Hvor meget land, der er dækket af snelag, og hvor længe, snedækket varer, er vigtige faktorer for de arktiske planter og landdyr. En kortere snelægsperiode betyder en længere vækstsæson (hvor der er varme nok i luft og jord til, at planterne kan gro) og når vækstsæsonen udvides, ændres artssammensætningen af planterne også. Der bliver f.eks. flere buskagtige planter og færre rensdyrlaver. Disse ændringer betyder mere mad til nogle arter, og mindre mad til andre.

Højere lufttemperaturer giver flere tilfælde, hvor nedbør falder som regn i stedet for sne. Regn på sne skaber en isskorpe på sneoverfladen, som gør det vanskeligere for planteædende dyr (f.eks. rensdyr og moskusokser) at komme til planter nedenunder. I vinteren 2003 døde ca. 20.000 moskusokser på Banks Island, arktisk Canada, fordi de ikke kunne brække igennem en udbredt og tyk isskorpe på snelaget og få adgang til føden.

*Skovtræer  
begynder at hælde  
og falder til sidst,  
når permafrosten  
tøer, og jordbunden  
mister sin stabilitet  
og bæreevne.*



I egne, hvor snedækket bliver tykkere, er jordlagene bedre beskyttet og isoleret mod kulden i luften ovenover. Et dybere snelag yder også en bedre beskyttelse til små pattedyr, der lever og yngler under snelaget (f.eks. lemninger). Undertiden kan det om vinteren sætte ind med udbredt tøjvej, og hele områder kan blive snefri. Når frostvejret vender tilbage, mangler det isolerende og beskyttende snelag, og frosten dræber buske og træer.

## Permafrost

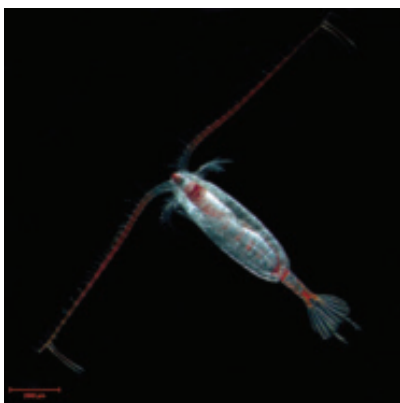
Optøende permafrost påvirker især de arktiske økosystemer gennem ændring af vandets kredsløb. Mange af de damme og små søer, som er vigtige levesteder for insekter, der spises af bl.a. mange fugle, tørrer faktisk ud om sommeren, når permafrosten under dem forsvinder og vandet dræner væk. Den specielle type vådområde, palsa-mosen, er yderst betydningsfuld som ynglested for mange af de flere hundrede millioner trækfugle, der flyver til Arktis hver sommer. Hvis palsamoserne, som forventet, er så godt som forsvundet om 30-40 år, kunne det meget vel tænkes markant at påvirke de globale bestande af de vadefuglearter, som udelukkende trækker til områder med palsa-moser.

I andre områder dannes nye vådområder, når jordlag bliver vandmættet på grund af mangel på naturlig afvanding fra steder med nyligt optøet permafrost.

## Isbjørne og den forsvindende havis

Isbjørne er meget afhængige af havis. De jager deres foretrukne byttedyr – ringsæler – på isen. Antallet af isbjørne forventes at falde drastisk samtidigt med, at havisen formindskes i tykkelse og udbredelse. Hvis havisen skulle forsvinde helt om sommeren vil det være ødelæggende for isbjørnebestandene, og nogle forskere mener, at isbjørnene i så fald kan blive udryddet i områder, hvor de i dag er helt almindelige.

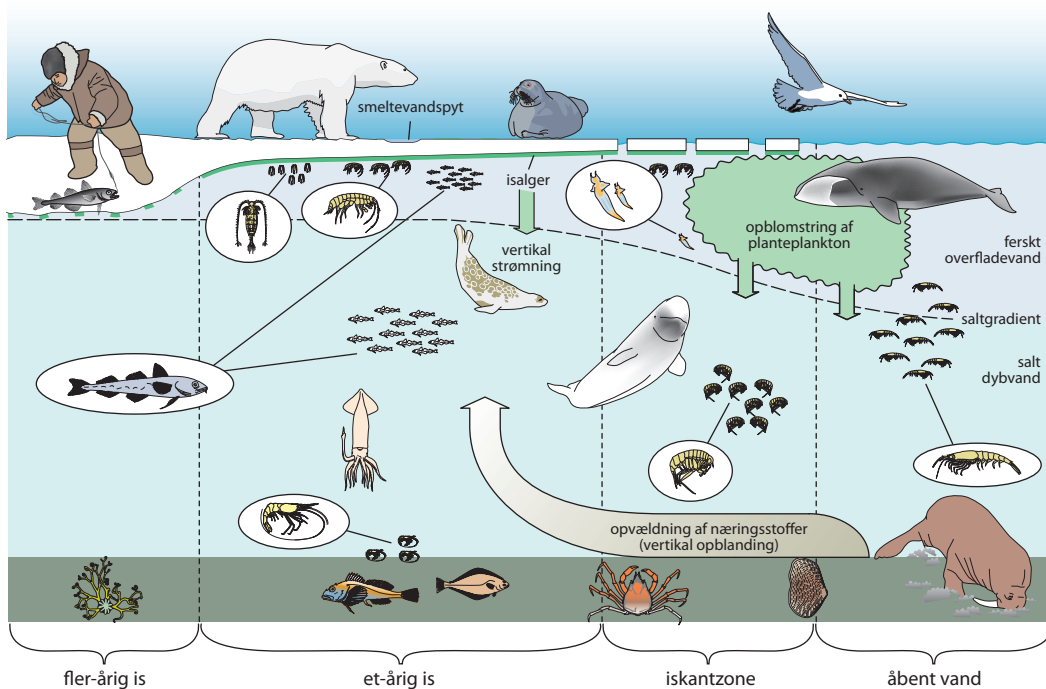
*Sultne isbjørne, der ikke kan jage sæler på havisen, er tvunget til at skaffe sig anden føde.*



## Havis

Bittesmå plankton-organismer lever i vandet lige ved iskanten og er vigtige bestanddele af fødekæden langs haviskanten. Mindre udbredt havis vil betyde færre plankton-organismer i bunden af fødekæden og dermed mindre føde til rådighed for fugle, sæler, hvaler og fisk, der søger føde i eller ved områder med et godt havisdække. Der er imidlertid også fiskearter, hvis levesteder vil blive udvidet, når havisen reduceres, og nogle fiskebestande vil blive større.

Havisen er et enestående levested, og som sådan er den vigtig for mange arters overlevelse; det gælder f.eks. isbjørnen og en del sælarter. Klapmydser, grønlandssæler, båndssæler og ringsæler føder deres unger på havisen. Andre dyrearter bruger havisen til at hvile på; f.eks. hvalrosser, som spiser muslinger på havbunden og ind imellem dykkene hviler sig og fordøjer på havisen. Mangel på havis vil helt sikkert medføre mindre bestande af dyr, der har tilpasset sig til et liv på eller tæt ved havisen.



*Ændringer i den arktiske kryosfære vil formentlig medføre store ændringer i havmiljøets fødekæder.*

## ... OG MENNESKENE?

Den arktiske kryosfæres ændringer påvirker også de mennesker, som lever og arbejder i Arktis. Ændringerne vil være en fordel for nogle, mens de vil give vanskeligheder og tab for andre. Dette kapitel viser nogle eksempler på, hvordan arktiske folk påvirkes.

### Den traditionelle levevis

Mennesker har levet i Arktis gennem årtusinder. Spredt ud over et enormt område langs de arktiske kyster og i baglandet har folk gennem tiderne overlevet ved at samle, jage, fiske eller holde tamrener. Mange af disse oprindelige livsmåder holdes stadig i hævd, men hverdagslivet i de lokale by- og bygdesamfund er under forandring.

Jægerne og fangerne oplever, at færdsel over land og på havis bliver stadigt vanskeligere og farligere, som vejrforholdene bliver mere og mere uforudsigelige. Når is- og snesæsonen bliver kortere, bliver snescootere mindre nyttige som transportmiddel, vinterveje af is kan kun bruges i kortere tid, og det at rejse til og fra fjerntliggende bebyggelser kan blive helt umuligt i dele af året. Når man er langt hjemmefra, f.eks. på jagtture, gør de ændrede sneforhold det vanskeligere at bygge sneshelters eller snehytter, som er nødvendige for at overnatte. Der bliver nedgang i antallet af dyrearter, som jages (f.eks. isbjørne og ringsæler), når deres levesteder reduceres og måske forsvinder. Mindre havis om foråret og efteråret begrænser også det mulige antal jagtture for at skyde sæler og hvalrosser. Tamrener vandrer til nye græsange, og tamrenholdere må ofte rejse længere for at finde dyrene.

Vilkårene skifter så hurtigt og på så uventede måder, at den gamle og traditionsbaserede viden om jagt og færdsel efterhånden bliver ubrugelig.

### Ressurcer i Arktis

Fornybare ressurcer, som f.eks. fisk, tømmer og vandkraft, bliver direkte berørt af de ændrede forhold. Fangsten af visse kommercielt vigtige fiskearter øges, mens andre bliver fanget i mindre mængder. Fangstområderne ændres også. Skovbrug er vigtigt i den sydlige del af Arktis, Grønland undtaget. Selvom nogle skove producerer mindre tømmer, fordi træerne vokser langsommere (især pga ændringer i jordbundens dræningsforhold), gør den optøende permafrost det også muligt for skov at sprede sig mod nord i takt med, at vækstbetingelserne forbedres. Mulighederne for udnyttelse af vandkraft til el-produktion er også stigende i kraft af smeltende landbaseret is og øget nedbør i form af sne og regn.

Adgangen til ikke-fornybare ressurcer, som f.eks. olie, naturgas og mineraler, bliver mindre besværlig i visse områder, men vanskeligere i andre. Udtyndingen af havis åbner det Arktiske Ocean for skibstrafik og gør det lettere at komme til olie- og naturgasfelter på kontinentalsoklerne i Arktis samt at sejle brændstof og andet gods til, fra og tværs over Arktis. Flere isbjerge og mere stormvej kan imidlertid øge risikoen for ulykker, som f.eks. oliespild fra tankskibe eller platforme. På land er de fleste rørledninger og installationer, som bruges ved udvinding af olie og naturgas, funderet på permafrossen jord. I takt med, at permafrosten tør, vil bygninger, rørledninger, veje og anden infrastruktur kunne lide skade.

Forurenende stoffer, der fra industriområder på sydlige breddegrader transporteres til Arktis med vinde og havstrømme, er gennem årtier blevet ophobet i arktisk is og permafrost. Når isen nu smelter og permafrosten tøer, bliver den bundne forurening frigivet. Nogle af stofferne kommer ind i den arktiske fødekæde gennem planter og dyr, herunder mennesker, som jager og spiser disse dyr.





### Andre udfordringer og muligheder

Totredjedele af de arktiske kyster holdes sammen af permafrost og beskyttes af havis. Dette gælder også områder, hvor gletsjere eller indlandsisen direkte dækker en kyststrækning. Hvis den kystnære havis forsvinder eller kun er til stede i kortere perioder, vil kysterne blive ubeskyttede mod storme. I visse dele af Arktis eroderes kysterne allerede, når stormvejr rammer landet, og permafrosten giver efter. Alene i Alaska er 30 landsbyer ved kysten lige nu truet af erosion og oversvømmelse.



Mange mennesker bor i områder med permafrost. Deres huse og andre vigtige infrastrukturer som veje, broer og dæmninger er blevet bygget på frosset undergrund. Når permafrosten tør, bliver jorden ustabil og svagere til at bære konstruktioner. Det kan få bygninger til at synke sammen og veje og rørledninger til at blive ødelagt. Sådanne tø-skader kan ofte repareres, men det er meget dyrt. Bygninger kan også bryde sammen på grund af vægten af alt for meget sne ovenpå.

Når færdsel over permafrost og vinterveje af is bliver mere besværligt (f.eks. når helårsveje revner og isveje smelter), vil flere vælge at rejse med båd på floderne.



Turismen øges efterhånden som det bliver nemmere for turister at komme til Arktis, især ombord på krydstogtskibe. Det kan give nye erhvervs muligheder for den arktiske befolkning bl.a. som guides på jagt- og fisketure, som udbydere af "bed & breakfast" tilbud til turister og som fremstillere og sælgere af kunsthåndværk. Men der er også en bekymring for, at der kan ske ulykker og katastrofer. Hvis et stort skib kommer i vanskeligheder i et fjernliggende og øde område, er indsats- og redningsmulighederne begrænsede.





Tuvalu er en ø-stat i Polynesien i Stillehavet halvejs mellem Hawaii og Australien. Den er med sine kun 26 km<sup>2</sup> den mindste nation i verden. Højeste punkt på koraløen Funafuti (foto) er kun 5 meter over havets overflade. Et stigende havniveau vil være en trussel for Tuvalus 10000 indbyggere. Denne lille ø-stat vil sandsynligvis blive den første nation, som vil forsvinde på grund af klimænderinger.



# HVORFOR BETYDER ÆNDRINGER I ARKTIS NOGET FOR HELE VERDEN?

Selvom ændringer i den arktiske kryosfære er mest tydelige i Arktis, kan de spores overalt på kloden, især gennem deres indvirkning på det globale klima og havniveau.

## Det globale klima

Sne og is tilbagekaster sollyset (dvs. solenergien) fra overfladen og ud i verdensrummet, og det er med til at holde Arktis afkølet. Når områder dækket af sne og is reduceres i areal og sæsonlængde, vil "hvidheden" i Arktis aftage, og samtidigt formindskes evnen til at tilbagekaste sollyset. Resultatet er, at Arktis' virkning som 'køleelement' på resten af kloden nedsættes.

På lavere breddegrader opvarmer solen jordoverfladen, luften og havet i langt højere grad. Denne forskel i varmeoptag mellem nord og syd bliver delvist udlignet ved at varmeenergi overføres, især ved hjælp af havstrømme, fra troperne til polerne. Arktis udgør en vigtig del af denne storstilede transport af varme rundt på kloden og virker som en pumpe, der skubber koldt havvand sydpå som dybvandstrømme og trækker varmt havvand nordpå som overfladestrømme; Golfstrømmen er en af disse varme overfladestrømme. Når det Arktiske Ocean tilføres mere ferskvand,

i form af smeltevand fra gletsjere, indlandsis og permafrost, ændres saltbalancen i havet, og pumpemekanismen kan svækkes. Den ekstra mængde ferskvand, der i de seneste år er strømmet ud i det Arktiske Ocean via floder og som smeltevand og nedbør, svarer stort set til vandmængden i en 1 m dyb sø på størrelse med Australien. Enhver ændring i styrke og forløb af disse store havstrømme vil påvirke, hvorledes varmeenergi transporteres og fordeles på kloden. Dette vil kunne have stor indflydelse på det globale vejr og klima.

Efterhånden som de arktiske jordlag, floder og søer bliver varmere, og permafrosten neden under havbunden begynder at tø, vil det kulstof, som hidtil har været bundet i den frosne jord, sandsynligvis begynde at blive udledt i atmosfæren. Denne tilførsel vil øge atmosfærens indhold af kuldioxid og metan, der begge er vigtige drivhusgasser. Det er stadigvæk uklart, hvad det vil betyde for det globale klima, men begge processer vil kunne accellere den globale opvarmning.

Store mængder metan er bundet i permafrosten under havet. Metan giver anledning til særlig bekymring, da den er over 20 gange mere effektiv som drivhusgas end kuldioxid.



Arktiske jordlag indeholder omtrent dobbelt så meget kulstof som hele klodens atmosfære indeholder. En udbredt optøning af permafrosten kan udløse en betydelig mængde af dette kulstof til atmosfæren.



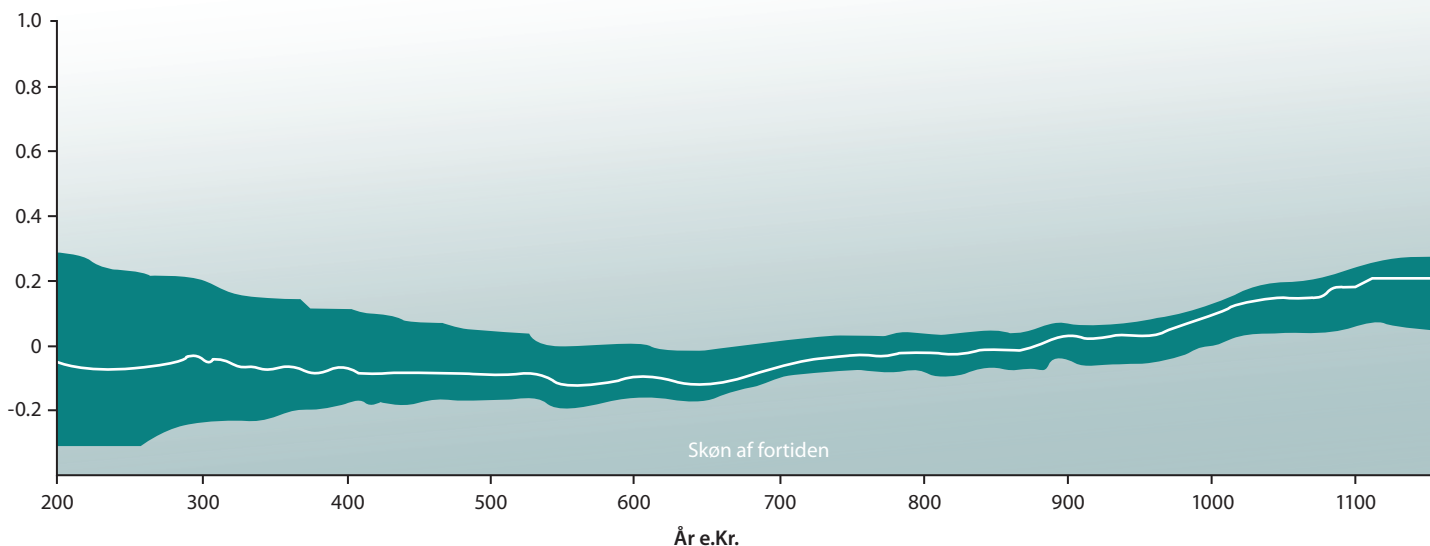
### Havvandsstigning og Grønlands Indlandsis

Grønlands Indlandsis er vokset og skrumpet mange gange gennem tiderne som følge af ændringer i klodens klima, og denne enorme ismasse vil i høj grad reagere på den betydelige globale opvarmning, som forventes at ske i de kommende årtier og århundreder. Indlandsisen repræsenterer med sine 3 millioner km<sup>3</sup> is et enormt ferskvandslager. Hvis alt dette skulle smelte (hvad der ikke forventes at ville ske i de næste mange tusinder af år), ville verdenshavenes vandstand blive omtrent 7 m højere.

Før 1990 var Indlandsisen stort set i balance. Tilførsel (dvs den årlige pålejring af ny sne over isen) og fraførsel (dvs den årlige afsmeltning samt produktionen af isbjerge langs randen) var omtrent lige store. Siden da er der, som en direkte følge af de senere års stigende temperaturer i Grønland, sket en dramatisk ændring, idet afsmeltning og isbjergsproduktion i større og større grad overstiger den årlige tilvækst med ny sne på isen. Den mængde isbjerge og smeltevand, som flyder fra Indlandsisen ud i havet, er nu blevet så stor, at havvandsniveauet påvirkes på verdensplan. I slutningen af 1990'erne var smeltevandet (incl. isbjerge) fra Grønland ansvarlig for ca. 5% af den globale havvandsstigning – de seneste vurderinger, fra omkring 2005, peger på, at bidraget fra Grønland er blevet firedoblet til omtrent 20%.

*Som en tommelfingerregel kan man sige, at 360 Gt (dvs 360 milliarder tons) smeltet land-is vil give 1 mm havvandsstigning på globalt plan. I 2005-6 mistede Indlandsisen 205 Gt mere is end der blev dannet i samme periode. Dette svarer til en stigning på 0.57 mm af det globale havniveau.*

Ændring i globalt havniveau  
i forhold til år 2000, meter





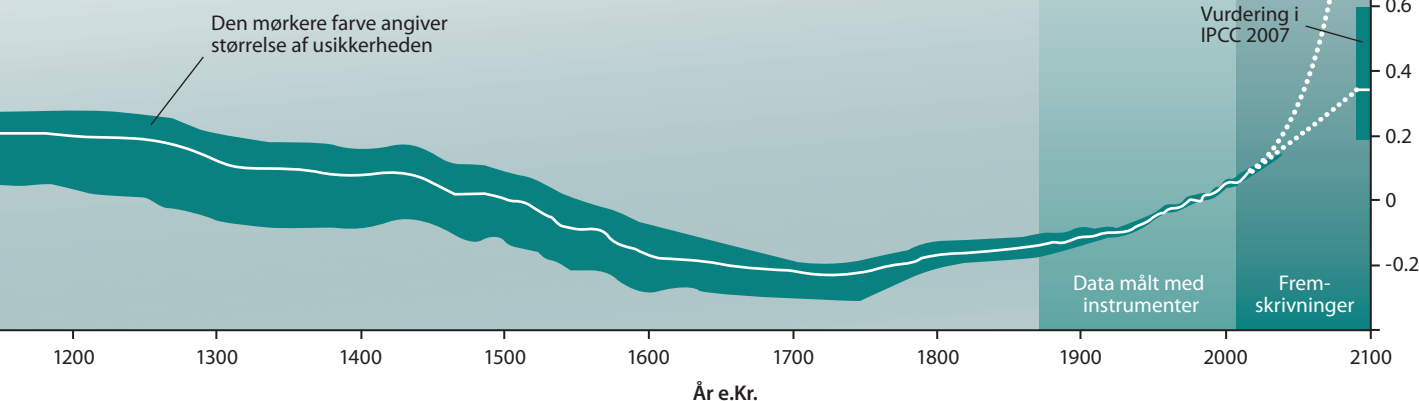
## Havniveau

Naturlige variationer i det globale klima har længe været koblet sammen med stigning og fald i havniveauet. I de lange og kolde perioder (dvs. istider) deponeres vandet som is på land og havenes vandspejl sænkes. I varme perioder (dvs. mellemistider) stiger havniveauet, fordi landis smelter og frigiver smeltvand, der flyder ud i havet, hvor det oprindeligt kom fra.

Der er to hovedårsager til de senere års stigning i havniveau: For det første udvider havvand sig og fylder mere, når det opvarmes på grund af klimaændringerne (det kaldes 'termisk udvidelse'); for det andet forøges havets volumen, når smeltvand fra ismasser på land løber ud i havet. Derimod bidrager smeltning af havis ikke til havandsstigningen, fordi havis dannes af havandet selv.

Selvom havets overflade er steget siden midten af 1800-tallet, er hastigheden, hvormed det nu stiger, betydeligt større end, hvad klimamodellerne har forudsagt for blot nogle få år siden.

Nuværende bud på fremtidens havniveau er, at omkring år 2100 kan havets overflade i gennemsnit været steget så meget som 1.5 m over vandstanden i år 2000, og ændringerne i den arktiske kryosfære vil være ansvarlige for en væsentlig andel af denne stigning.



## Samfund

Stigende havniveau vil kunne påvirke millioner af mennesker i mange dele af verden. Omkring 200 millioner mennesker bor nu mindre end 1 meter over havets overflade. Folk, som bor i lavtliggende kystområder i f.eks. Bangladesh og Nederlandene, er særligt udsatte i forhold til stormflod og oversvømmelse, mens nogle Stillehavsøer er i fare for at blive helt oversvømmet i fremtiden.

*Stormflod oversvømmede mange huse i Chittagong, Bangladesh, to gange dagligt i august 2011.*



# HVAD KAN VI GØRE VED OPVARMNINGEN I ARKTIS?

## Tilpasning haster og er nødvendig på alle niveauer

Ændringer i den arktiske kryosfære mærkes først af folk i nærområdet. Lokale småsamfund overalt i Arktis er allerede i gang med at udvikle nye måder at leve på i et miljø, der ændrer sig. Før eller senere vil alle, der bor, lever og arbejder i Arktis, blive nødt til at tilpasse sig ændringerne. Men de ændringer, der ses nu i Arktis, er blot begyndelsen. Der forventes mere dramatiske forandringer, især uden for Arktis (som f.eks. stigende havniveau). Uden for Arktis kræver tilpasningerne, at regeringer og internationale organisationer handler.

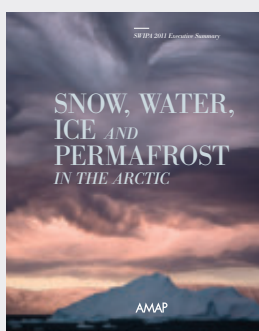
## Reduceret udledning af drivhusgasser er helt nødvendigt

Der er stadig usikkerhed om, hvor hurtigt den arktiske kryosfære vil ændre sig i fremtiden, og hvad de endelige virkninger af ændringerne vil blive. Feedbacks mellem dele af den arktiske kryosfære og det globale klimasystem er særdeles uafklaret. Øget overvågning og yderligere forskning vil hjælpe med til at få nedbragt denne usikkerhed. Ikke desto mindre repræsenterer de ændringer, som forventes at slå igennem de næste hundrede år, helt klart en påtrængende og muligvis uafvendelig trussel mod mennesker og samfund på hele kloden. Klimamodellernes beregninger viser, at de globale udledninger af drivhusgasser må reduceres dramatisk her og nu.

## En dedikeret og koordineret indsats

Selvom omfattende tiltag igangsættes for at nedbringe udledningen af drivhusgasser, vil ændringerne, som ses i den arktiske kryosfære, fortsætte i de næste mange år. Hvis der ikke iværksættes nogen tiltag for at reducere udledningen, vil ændringerne sandsynligvis accelerere, og nogle ville måske overhovedet ikke være til at stoppe.

At tage hånd om den menneskeskabte klimaændring er en uomgængelig og påtrængende udfordring for det internationale samfund. En udfordring, der kræver øjeblikkelig og global handling samtidigt med en fælles forpligtelse og et internationalt engagement. Ved at tage fat nu vil der stadig være tid til at påvirke og ændre forløbet af fremtidens globale klimaændring.



AMAP har anvendt resultaterne i SVIPA's videnskabelige rapport til at formulere en række anbefalinger om fremtidige tiltag og handling i arktiske lande og internationale organisationer. Disse anbefalinger findes i SVIPA's "Summary Report for Policy Makers" der kan hentes på SVIPA's hjemmeside [www.amap.no/swipa](http://www.amap.no/swipa) hvor der også findes andet materiale baseret på SVIPA-arbejdet.

# Klimændringer i Arktis – et varmt emne !

ISBN:  
978-82-7971-074-5

## Produktion

### Forfatter

Carolyn Symon ([carolyn.symon@btinternet.com](mailto:carolyn.symon@btinternet.com))  
Dansk oversættelse og bearbejdning: Henning Thing

### Produktionsstyring

Carolyn Symon, Simon Wilson (AMAP)

### Layout, grafik og teknisk produktionsstyring

Burnthebook Design, Derby DE24 8HR, United Kingdom ([burnthebook.co.uk](http://burnthebook.co.uk))

### Trykkeri

Narayana Press, Gylling ([www.narayanapress.dk](http://www.narayanapress.dk)) – et svanemærket trykkeri, 541 562

## Fotorettigheder

**Omslag:** © Frans Lanting / Corbis. Turister ved Monaco Gletsjer, Svalbard

**Side 2:** © NEEM iskerne projekt, [www.neem.ku.dk](http://www.neem.ku.dk)

**Side 4:** © B&C Alexander / ArcticPhoto (t.v.), © ESA / AOES Medialab (t.h.)

**Side 5:** © National Snow and Ice Data Center, W. O. Field, B. F. Molnia

**Sides 6 og 7:** © Lars Witting / arc-pic.com

**Side 8:** © Natural Resources Canada / Geological Survey of Canada, Linda Dredge

**Side 9:** © Kerry Woo (øverst), © Russ Hopcroft – University of Alaska Fairbanks & CoML (nederst)

**Side 10:** © B&C Alexander / ArcticPhoto

**Side 11:** © Gazprom (øverst), © Ryerson Clark (midten), © B&C Alexander / ArcticPhoto (nederst)

**Side 12:** © Ashley Cooper / Corbis

**Side 13:** © George Burba

**Side 14:** © Paul Souders / Corbis

**Side 15:** © Jashim Salam / Demotix / Corbis

**Side 16:** © Paul Souders / Corbis

**Til undervisning:** Denne rapport (dele eller hele) og andre SVIPA produkter, som er tilgængelige på [www.amap.no/swipa](http://www.amap.no/swipa) kan frit anvendes som undervisningsmateriale og til andre pædagogiske formål. Den eneste betingelse ved en sådan anvendelse er, at AMAP / SWIPA angives som kilde til materiale i overensstemmelse med den anbefalede reference. Skulle der være spørgsmål om undervisningsmæssige anvendelse, venligst kontakt AMAP sekretariatet via mail [amap@amap.no](mailto:amap@amap.no)

Bemærk, at denne rapport indeholder billeder, herunder fotos, hvortil der kræves tilladelse hvis de ønskes anvendt i anden sammenhæng. Venligst kontakt rettighedsindehaveren, se ovenfor.

## Arctic Monitoring and Assessment Programme

Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway

T +47 22 95 83 40 F +47 22 60 44 27

[www.amap.no](http://www.amap.no)



ARKTISK RÅD

AMAP  
Arctic Monitoring and  
Assessment Programme

AMAP – IASC – IASSA – WCRP-CLiC

