Årsrapport 2024

Nationalt Center for Klimaforskning

Danmarks Meteorologiske Institut

Danmarks Meteorologiske Institut

Kolofon

Serietitel	DMI-rapport
Titel	Årsrapport 2024
Undertitel	Nationalt Center for Klimaforskning
Ansvarlig institution	Danmarks Meteorologiske Institut
Sprog	Dansk
URL	https://www.dmi.dk/publikationer/
Versionsdato	1. marts 2025
Link til hjemmeside	www.dmi.dk

Indhold

Indledning **4**

Forskning i NCKF **5**

NCKF's arbejde i 2024 ..... **7**

Fremtidens ekstreme vejr i Danmark og samfundets modstandsdygtighed 7

Polare klimaforandringer og deres konsekvenser 10

Global opvarmning og tipping points 13

Ph.d.-projekter i NCKF **16**

Formidling og rådgivning **17**

NCKF's fokus i 2025 ..... **19**

Fremtidens ekstreme vejr og samfundets modstandsdygtighed 19

Polare klimaforandringer og deres konsekvenser 21

Global opvarmning og tipping points 23

Indledning

Klimaet er under forandring både globalt og i Danmark. Klimavidenskaben og et stadigt mere ekstremt vejr viser tydeligt, at vores planet står midt i klimaforandringer, der kræver omgående handling – det gælder både den grønne omstilling af vores samfund, og hvordan vi tilpasser os til et forandret klima. For at handle effektivt og tilstrækkeligt, er der behov for et stærkt klimavidenskabeligt fundament og målrettet rådgivning. Samfundets evne til at tilpasse sig kræver mere viden om, hvordan de klimatiske ændringer vil påvirke Verden og Rigsfællesskabet de næste 10, 50 og 100 år – og længere endnu. Denne viden er essentiel som grundlag for beslutningstagere både internationalt, nationalt og lokalt – i den offentlige såvel som den private sektor.

Nationalt Center for Klimaforskning (NCKF) ved Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) blev etableret i januar 2020 med det formål at forske i og formidle om klimaforandringer og deres konsekvenser for mennesker og natur i Rigsfællesskabet. NCKF understøtter DMI's arbejde som regeringens klimavidenskabelige rådgiver, angivet i klimalovens §9. NCKF's forskning spænder bredt, men fokuserer særligt på anvendelig klimaviden til det danske samfund og emner relateret til Rigsfællesskabet, Arktis og globale klimamodeller. NCKF har desuden i stigende grad fokus på Antarktis samt klimaservices i udvalgte lande, herunder Ghana.

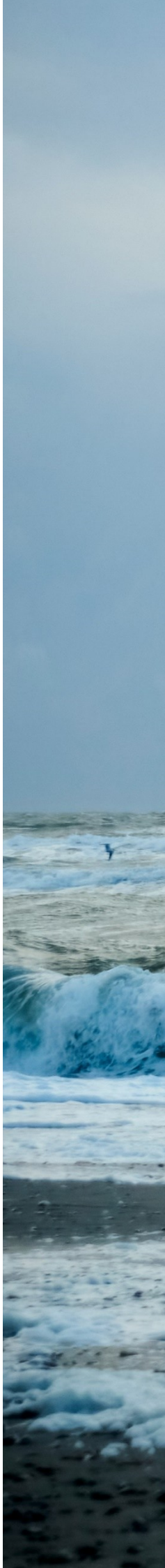
NCKF samarbejder med danske universiteter og myndigheder samt en lang række vidensinstitutioner i hele verden gennem nationale og internationale forskningsprojekter, samarbejdsaftaler og fælles ph.d.-studerende.

Det er NCKF's ambition, at vores arbejde og viden i stigende grad skal udbredes og anvendes bredt i samfundet. Det kræver, at der forskes i aktuelle og samfundsrelevante emner, og at ny viden om klimaforandringerne og de afledte konsekvenser også tilvejebringes i samarbejde med eksperter fra andre fagområder. NCKF har derfor udarbejdet en femårig strategi for årene 2024-2028, der skal fungere som pejlemærke for centerets arbejde.

Nationalt Center for Klimaforskning (NCKF)

NCKF er forankret hos DMI som en afdeling, der samlet set består af ca. 90 medarbejdere. Heraf er ca. 75 klimaforskere, herunder 16 ph.d.-studerende delt med forskellige danske universiteter. Derudover består NCKF af administrative medarbejdere, ledere, generalister og projektledere.

Bevillingen til NCKF på *aftale om forskningsreserven 2025* er en 1-årig bevilling, der bidrager til forskningen i NCKF-afdelingen, men også en række eksterne forskningssamarbejder. NCKF-afdelingen finansieres derudover af en lang række nationale og internationale konkurrenceudsatte finansieringskilder.



Forskning i NCKF

Forskningen i NCKF fokuserer primært på regional og global klimamodellering samt satellitobservationer. Gennem overvågning, modellering og statistisk analyse leverer centeret videnskabelig viden og data til både langsigtede klimascenarier og operationelle behov.

Klimamodellering

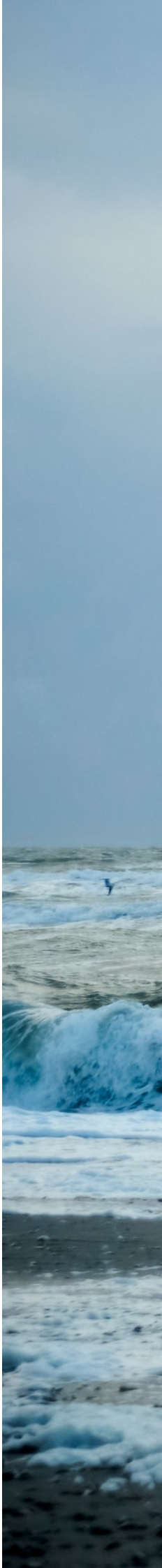
Global klimamodellering (Earth System Modelling) er centralt for at forstå klimaets dynamik. EC-Earth-modellen, som udvikles i et internationalt konsortium, er et af de vigtigste værktøjer anvendt af NCKF og bruges til bidrag til IPCC's vurderinger. Regional klimamodellering bygger på globale modeller og giver mere detaljerede klimaforudsigelser, som anvendes i Klimaatlas og CORDEX. I polarområderne omfatter modelleringen også isstrømmens og iskappernes massebalance i Grønland og Antarktis.

Overvågning

Satellitobservationer og fjernmåling anvendes til daglig overvågning af klimaforandringer i atmosfæren, havet og havisen og leverer essentielle data til samfund i Danmark og Grønland. Disse data bruges også til at vurdere klimamodeller og forbedre operationelle prognoser. In-situ observationer, såsom dem fra DMI's station i Qaanaaq, understøtter satellitmålinger og giver viden om samspillet mellem is, hav og atmosfære.

Statistik og analyser

Statistiske metoder, herunder kunstig intelligens og maskinlæring, er afgørende for at forstå klimatendenser og ændringer i vejrfænomener. Data analyseres både på kort og lang sigt, og det undersøges, hvordan naturlig variation og menneskeskabte klimaforandringer påvirker klimaet.



NCKF’s arbejde i 2024

I starten af 2024 præsenterede NCKF en ny strategi, der indeholder en række strategiske pejlemærker for centerets udvikling i perioden 2024-2028. Strategien bidrager til indfrielse af DMI’s strategiske fokus på styrkelse af rollen som regeringens klimavidenskabelige rådgiver. I tillæg til strategien præsenterede NCKF tre nye Key Research Areas, der rammesætter centerets forskning frem mod 2028. NCKF prioriterer forskningsområder, der er særligt relevante for samfundet i Danmark samt Grønland og Færøerne, med formålet om at fremme forståelsen af klimasystemet og de udfordringer, som verden står overfor. I dette kapitel præsenteres NCKF’s arbejde i 2024 under de tre Key Research Areas samt eksempler på konkrete projekter og aktiviteter.

Fremtidens ekstreme vejr i Danmark og samfundets modstandsdygtighed

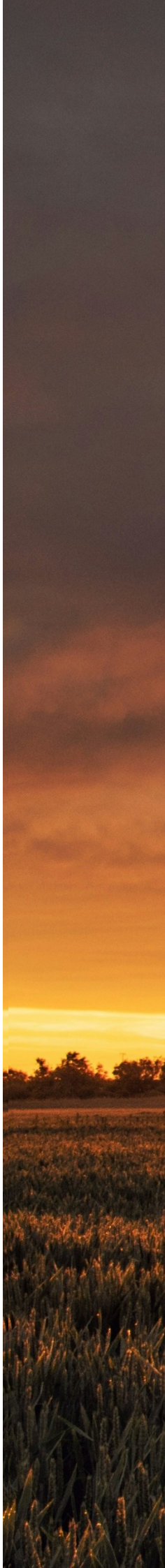
Klimaforandringerne kommer til at betyde, at Danmark og resten af Rigsfællesskabet vil opleve mere hyppige og ekstreme vejrhændelser, som f.eks. skybrud, langvarige regnperioder og stormfloder. Der er et stigende behov for klimatilpasning, som kan håndtere de nye ekstremhændelser – ikke mindst i situationer hvor mere end en vejrhændelse rammer samtidig.

Ny viden om klimaforandringernes påvirkning på ekstremt vejr i Danmark skal bl.a. bruges som videnskabeligt grundlag for videreudvikling af DMI’s Klimaatlas, som leverer data om fremtidens klima til brug for kommunerne og andre beslutningstagere, der arbejder med at tilpasse vores samfund til et varmere klima.

Ekstremt vejr i Danmark

Et varmere klima vil udfordre vores samfund gennem flere ekstreme hændelser. Nye varmerekorder brydes jævnligt og det, der tidligere var sjældne nedbørs- og stormflodshændelser, finder oftere og oftere sted. NCKF havde i 2024 fokus på at formidle, hvordan og hvorfor vejret i Danmark bliver tiltagende ekstremt. Blandt andet blev 2024 et ekstremt vådt og varmt år. Foruden at holde styr på rekorder forsker NCKF i såkaldte attributionsstudier, der har til formål at analysere, hvor meget klimaforandringer har påvirket sandsynligheden for de ekstreme vejrhændelser vi oplever.

Selvom Danmark i 2024 oplevede ekstreme mængder nedbør er spørgsmålet om tørke ligeledes aktuelt. De seneste år har budt på flere perioder med underskud af nedbør, der har påvirket vandføring og grundvandsstand, og haft negative konsekvenser for samfundet. NCKF har således arbejdet med tørke som et specifikt fokusområde, herunder et forbedret tørkindeks i Klimaatlas, analyser af



hvordan satellitdata kan bruges til at kortlægge tørke i Danmark og undersøgelser af fremtidens tørkerisiko ved hjælp af klimamodeller – særligt nye højtopløste modelberegninger, der viser at risikoen for mere alvorlige tørkesituationer stiger.

Klimaservices og Klimaatlas

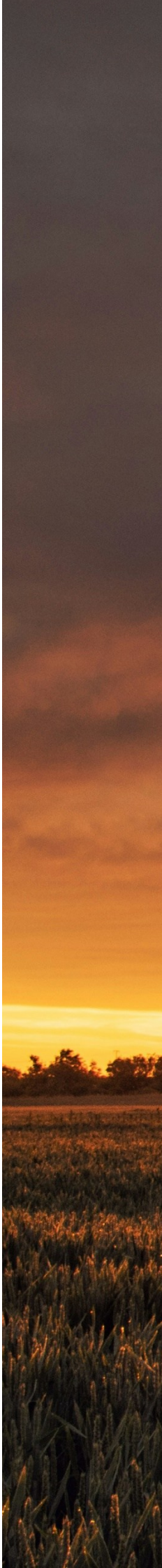
Som en del af NCKF's kerneopgaver udvikles klimaservices med viden og data, der kan fungere som beslutningsstøtte i samfundet. Klimaatlas fremviser informationer om klimaet med henblik på klimatilpasning i Danmark og fejrede fem års fødselsdag i 2024. I en rapport viste CONCITO, at 91% af landets kommuner anvender Klimaatlas i deres klimatilpasning, hvilket er et klart eksempel på, hvordan forskning og videnskabelige data kan understøtte beslutningstagere og lokal planlægning, hvis det præsenteres på en måde, der er nøje tilpasset behovene hos de relevante brugere.

I 2024 gennemførte NCKF en række videreudviklingstiltag af Klimaatlas, der er blevet udvidet med information om tørke, brandfare og havmiljø samt opdaterede indikatorer for stormflod. Derudover fortsætter en række forskningsaktiviteter på området, der kan understøtte klimaservices. Videreudviklingen blev desuden kombineret med en omfangsrig kommunikationsindsats om brugen af Klimaatlas, herunder afholdelse af over 40 offentlige foredrag og grundig mediedækning.

NCKF var ligeledes en del arbejdsgruppen, der mundede ud i den første publikation under projektet om stormflodssikring af København, hvor beregningerne af højden af vandstanden langs kysterne i Københavnsområdet kan blive under den værst tænkelige stormflod i dag og i fremtidens klima.

Kortlægning af drivhusgasudledninger og understøttelse af grøn omstilling

En omkostningseffektiv grøn omstilling af vores samfund kræver i stigende grad viden om emissionsreduktioner, effekter og opgørelser. NCKF øgede i 2024 centerets fokus på emissionsmonitorering gennem modeller og satellitobservationer blandt andet som led i et ph.d.-projekt i samarbejde med Aarhus Universitet. Projektet er i gang med at opsætte en koblet model for land-biosfære-atmosfære, der kan måle CO_2 og simulere fremtidige satellitobservationer.



Polare klimaforandringer og deres konsekvenser

Klimaforandringer ses særligt tydeligt i Arktis og Antarktis, og ændringerne her har global betydning fordi de påvirker vejrsystemer, havcirkulationen og ikke mindst havniveauet. NCKF er blandt de førende forskningsinstitutioner internationalt inden for forskning med fokus på at forstå samspillet mellem et gradvist varmere klima og af indlandsis, gletsjere, fjorde og havisen i Arktis og særligt i Grønland. På grund af den afgørende betydning for havniveauet, både globalt og specifikt i Danmark, arbejder NCKF i stigende grad også med analyser af isen på Antarktis. Arbejdet tager udgangspunkt i den opbyggede ekspertise omkring den grønlandske indlandsis og havis, der således også anvendes i analyser på den modsatte side af kloden.

Iskapper og klimaforandringer i Grønland og Antarktis

Klimaet i de polare egne er under hastig forandring og de store iskapper i Grønland og Antarktis formindskes med stigende hastighed. I projektet *PRECISE: Predicting Change in Ice Sceets on Earth* har NCKF i samarbejde med Niels Bohr Instituttet og Northrumbia University undersøgt, hvordan et varmere klima påvirker de store iskapper i Grønland og Antarktis, med formålet om at reducere usikkerheden for fremskrivningerne af den globale havniveaustigning.

Dertil har forskere fra NCKF i samarbejde med Niels Bohr Instituttet, DTU Space og Aarhus Universitet indgået et tæt samarbejde for at revolutionere måden hvorpå størrelsen af iskapperne i Arktis og Grønland forudsiges ved brug af AI. Dette kan på sigt hjælpe os til at forstå afsmeltningen og som konsekvens heraf stigende globale vandstande.

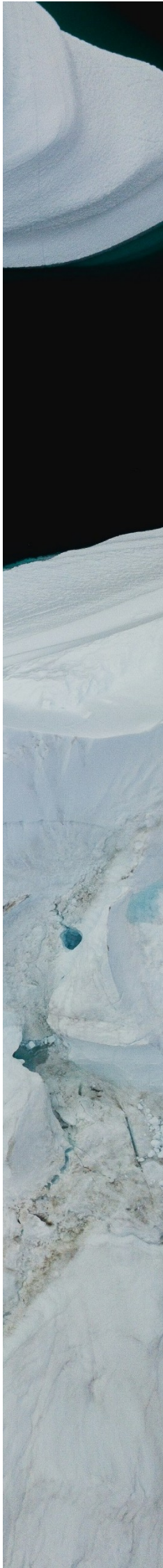
NCKF har desuden udviklet en banebrydende model for bestemmelse af overflademassebalancen for iskapperne i Grønland og Antarktis. Modellen kan give et vigtigt indblik i dynamikkerne i et gradvist varmere klima, og den gøres offentlig tilgængelig til brug for andre forskere i 2025.

Samtidig er NCKF i gang med at producere detaljerede klimamodelsimulationer over Antarktis. Disse vil færdiggøres og blive analyseret i 2024, og kan kaste nyt lys over klimaforandringerne på den anden side af kloden, som kan få en meget stor indflydelse på Danmark gennem det stigende havniveau.

NCKF har haft flere studier udgivet i high-impact papers, herunder et studie[1], der samler og reviderer viden om såkaldt ”firn” (et snelag i overgangen til at blive fast gletsjer-is), og vurderer dets stabilitetsskabende evner i iskapperne i Grønland og på Antarktis. Et andet eksempel er et studie[2], som viser at iskapperne på Grønland og Antarktis kan være langt mere følsomme for ekstreme vejrhændelser end tidligere antaget.

[1] The Firn Symposium team. Firn on ice sheets. Nat Rev Earth Environ 5, 79–99 (2024). https://doi.org/10.1038/s43017-023-00507-9

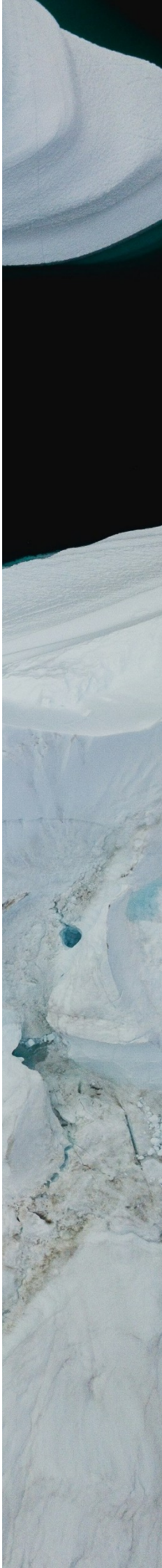
[2] Hanna, E., Topál, D., Box, J.E. et al. Short- and long-term variability of the Antarctic and Greenland ice sheets. Nat Rev Earth Environ 5, 193–210 (2024). https://doi.org/10.1038/s43017-023-00509-7



I tillæg til modelstudier og satellitmålinger fortsatte NCKF i 2024 også arbejdet med observationer af hav, havis og gletsjere i Nordvestgrønland. Et af fokusområderne er at forstå mekanismerne ved gletsjernes udløb fra Indlandsisen til havet og havisen. Interaktionen mellem isen og havet har potentiale til at forårsage et hurtigt tab af is og derved havniveaustigning, og en større forståelse af de processer vil forbedre estimaterne af iskappernes bidrag til havniveaustigninger både fra Grønland og Antarktis. Også Golfstrømmens indflydelse på afsmeltning af iskappen i Grønland har været under lup[3], hvor forskere fra NCKF har placeret måleinstrumenter i havisen foran gletsjere i Nordvestgrønland til at måle havets temperaturer og saltindhold med henblik på at beregne, hvor meget af gletsjerne under vandet, der smelter.

Havis, polar amplifikation og maritim sikkerhed

En af de mest tydelige konsekvenser af klimaforandringer er det hurtige tab af havis. Tabet af havis forstærker samtidig opvarmningen i Arktis, da der er mindre is og sne til at reflektere solens stråler. De ændrede forhold – både i Arktis og Antarktis – øger behovet for detaljeret monitorering og kortlægning af havisudbredelsen til f.eks. at øge den maritime sikkerhed. Som en del af et projekt fra Copernicus Marine Service bliver data fra SAR-satelitter således behandlet med henblik på at frembringe en højopløselig opgørelse af havisen i hele Arktis over en 10-årig periode. Opgørelsen har været med til at videreudvikle Machine Learning-metoderne til brug for DMI's *Automated Sea Ice Concentration Products (ASIP)*, der stiller information til rådighed for bl.a. maritim færdsel i Arktis.



[3] DMI-nyhed: https://www.dmi.dk/nyheder/2024/paa-tyk-is-for-at-udforske-havstroemme-og-gletsjere-i-nordvestgroenland

Global opvarmning og tipping points

Det er væsentligt, både rent videnskabeligt, men også i praksis for vores samfund, at forstå og kunne forudsige klimavariationer på 10-års skala: såkaldte dekadiske prognoser. Forudsigelse af sådanne variationer og samspillet mellem naturlige ændringer i vejret og den gradvise klimaforandring vil give mulighed for en mere målrettet planlægning og klimatilpasning. Samtidig kan studiet af processerne lede til risikovurderinger for pludselige irreversible klimaskift, kaldet tipping points. NCKF opbygger derfor viden, som gør os internationalt gældende inden for dekadisk klimaforudsigelighed og forskning i tipping points med et særligt fokus på Nordatlanten og Arktis.

Globale atmosfæriske dynamikker og europæiske vejrmønstre

Vejrmønstrer ændrer sig, ekstrem varme tager til og varm luft indeholder mere fugt, hvilket øger risikoen for kraftig nedbør i Danmark, Europa og globalt. Ændrede atmosfæriske dynamikker vil, ligesom det stigende havniveau, forme, hvordan vi oplever at klimaet er under forandring. Forandringerne i atmosfærens dynamikker er indbyrdes forbundne fra overfladen til stratosfæren

NCKF har i 2024 færdiggjort det første bidrag til den nyeste generation af regionale klimamodelfremskrivninger for Europa (Euro-CORDEX). Disse koordinerede beregninger tager afsæt i de globale klimamodelberegninger bag IPCC-rapporterne, og giver et langt mere detaljeret indblik i fremtidens klima i Europa. En lang række forskningsinstitutioner leverer bidrag til samarbejdet, der blandt andet danner grundlag for klimaservices som f.eks. *Klimaatlas* og de regionale vurderinger, som foretages til IPCC's rapporter. I 2025 fortsætter arbejdet med at efterbehandle data og derefter offentliggørelse af disse.

Forskere fra NCKF har ydermere været medforfattere på et studie[4], der søger at udarbejde metoder til at forbedre klimafremskrivninger på kortere sigt – dvs. 10 år frem i tiden. Dette er et vigtigt informationsgrundlag, når det kommer til klimatilpasning på globalt plan.

NCKF deltager desuden i store internationale indsatser, hvor forskere bl.a. koordinerer og forsker i udviklingen af en ny generation af den koblede klimamodel, EC-Earth (EC-Earth 4). Forskere arbejder desuden på at forberede og udføre scenariekørsler for klimamodellen CMIP7 (*Coupled Model Intercomparion Project phase 7*), der skal udgøre dele af vidensfundamentet for den næste IPPC hovedrapport, der udkommer i 2028.

[4] Markus G Donat et al 2024 Environ. Res.: Climate 3 035013
https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad5463

Havet – variabilitet og langsigtede ændringer

Havet dækker 71 pct. af kloden og spiller en central rolle i klimasystemet i både et kort og et langt tidsperspektiv. Monitorering af havtilstande ved hjælp af in-situ-målinger og remote-sensing af havoverfladen giver essentiel viden til at forstå variationen og signaler om klimaforandringer.

NCKF har fra 2024 koordineret et nyt Horizon Europe projekt (*ObsSea4Clim*). Det overordnede mål for projektet er at forbedre rammerne for en sammenhængende europæisk tilgang til monitorering, forståelse, rapportering og prognoser af fysiske havprocesser relateret til klimaforandringer. Forskere fra DMI har gennemført et studie[5], der viser, at man med anvendelse af både klimamodeller og observationer bedre kan forudsige anomalier i havtemperaturer i vinddrevne havstrømme i det subpolare område langs Norges vestkyst.

Risici og konsekvenser af 'tipping points'

Hastige forandringer og 'tipping points' er særlige bekymringspunkter i forhold til klimaforandringer. Monitorering kan bidrage til at opfange tidlige advarselssignaler, mens procesforståelse er nødvendig til at bestemme om elementer af klimasystemet er i risiko for at gennemgå et irreversibelt skift. NCKF har i 2024 haft fokus på mulige tipping points som f.eks. den atlantiske termohaline cirkulation (også kendt som AMOC). NCKF understøtter forskning i AMOC i både Danmark og på Færøerne i samarbejde med Det Færøske Havforskningsinstitut (Havstovan), herunder ved direkte observationer af styrken af AMOC i havene omkring Færøerne.

DMI's forskere har gennem årtier været ivrige igangsættere og bidragsydere til en række store europæiske forskningsprojekter omkring AMOC, havobservationer og tipping points. NCKF har fra 2024 koordineret et nyt Horizon Europe projekt (*TipESM*), der har til formål at forstå tipping points i klimasystemet og potentielle kaskadeeffekter, samt hvordan identificerede tipping points kan påvirke økosystemer, biodiversitet og samfund generelt. Projektet skal ligeledes udvikle en ramme til at forudsige tipping points og identificere mekanismer i klimasystemet med henblik på at risikoen for at overskride tipping points minimeres.

NCKF er ligeledes partner i EU-projektet *OptimESM*, der startede i 2023 og bl.a. har til formål at udvikle en ny generation af klimamodeller, som kombinerer høj opløsning med en hidtil uset repræsentation af fysiske processer. Projektet vil bruge disse modeller til at levere ny og policy-relevant viden om konsekvenser ved at overstige forskellige globale opvarmningsniveauer. NCKF koordinerer også et projekt, som understøtter observationer af AMOC i Nordatlanten (*ObsSea4Clim*) og deltager i andre internationale initiativer (*CMIP7, TIPMIP*), hvor forskning i AMOC's nuværende og fremtidige ændringer indgår ved hjælp af forskellige værktøjer og datasæt.

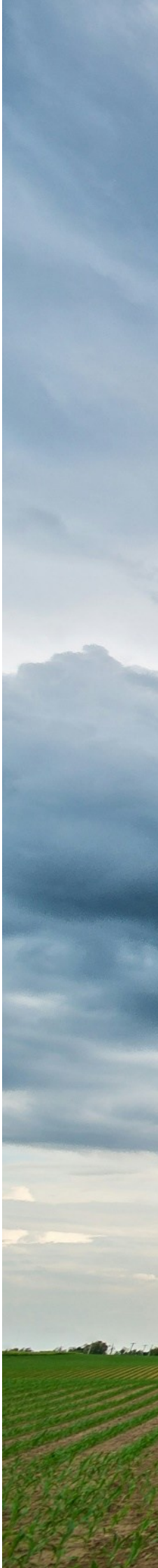
[5] Drews, A., Schmith, T., Tian, T., Wang, Y., Devilliers, M., Keenlyside, N. S., et al. (2024). The crucial role of the subpolar North Atlantic for skillful decadal climate predictions. Geophysical Research Letters, 51, e2024GL109415. https://doi.org/10.1029/2024GL109415

Ph.d.-projekter i NCKF

Siden 2021 har NCKF indgået en række ph.d.-aftaler. Derudover er der en række uformelle samarbejdsaftaler og samarbejdspartnere i de individuelle forsknings-projekter. De finansierede ph.d.-aftaler fremgår af tabellen nedenfor.

Ph.d.-projekter

	Emne	Samarbejdspart-ner(e)
1	Modelling of extreme rainfall	DTU Sustain
2	Greenland surface temperatures	NBI
3	Sea ice climate series from satellite data	DTU Space
4	Decadal climate variability & predictabil-ity	SDU
5	Tipping point in the West African mon-soon system under climate change	NBI
6	Compound events in Denmark	DTU Management
7	Drought and climate modelling	KU
8	Extreme weather attribution	KU
9	Earth observation for Surface mass bal-ance	DTU Space
10	Antarctic climate and ice sheet surface mass budget modelling	KU
11	Runoff from the Greenland Ice Sheet	AU, GEUS
12	Monitoring and modeling of GHG emis-sion of DK	DCE
13	Extreme precipitation and flood risk	SCALGO, DTU Sustain
14	North Atlantic and overflow pathways	Havstovan, Univer-sity of Faroe
15	Stability and tipping points of ice sheets in the Earth system	



Formidling og rådgivning

DMI er som regeringens klimavidenskabelige rådgiver ansvarlig for at betjene Klima-, Energi- og Forsyningsministeren samt andre relevante myndigheder med informationer og rådgivning om klimaforandringer – viden, der ikke alene er baseret på NCKF's og samarbejdspartneres klimaforskning, men også på det omfattende arbejde i FN's Klimapanel.

NCKF bidrager med den nyeste viden fra klimaforskningen, klimaperspektiver på aktuelle cases og vejrhændelser, samt viden om de potentielle konsekvenser af klimaforandringer. Alt sammen noget, der kan bringes i anvendelse som grundlag for politiske diskussioner og beslutninger, og informationerne formidles ligeledes i publikationer som f.eks. regeringens årlige klimaprogram. Dertil formidles viden bredt i samfundet, og ikke mindst til de danske kommuner.

NCKF Symposium 2024

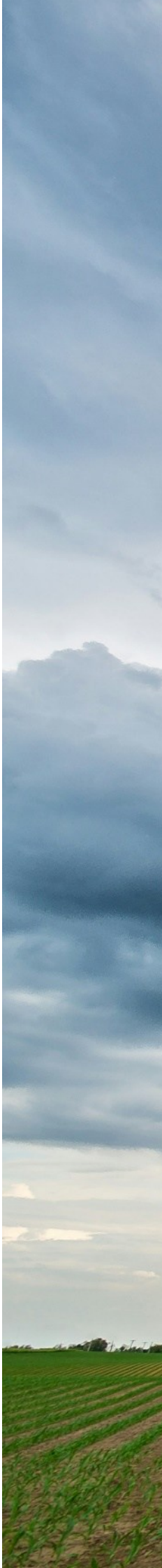
Hvert år afholder NCKF et klimavidenskabeligt symposium med deltagelse af klimaforskere og faglige eksperter med formålet om at drøfte klimarelateret videnskab og konkrete problemstillinger vedrørende omstilling til det nuværende og fremtidige klima. Symposiet er en platform for netværksdannelse, videndeling og opstart af nye samarbejder.

NCKF's klimasymposium blev i 2024 afholdt over to dage i oktober med over 180 deltagere. Dette års symposium omhandlede både dybdegående naturfaglige drøftelser af forandringer i Antarktis og ekstremhændelser i klimamodeller samt tværfaglige diskussioner om fremtidens arealanvendelse i Danmark og klima og sikkerhed i Arktis. Derudover blev der gennemført en workshop om klimaforandringer i byer, som led i FN's Klimapanels kommende rapport, da NCKF som en del af DMI også varetager rollen som dansk focal point for IPCC.

Målrettet formidling om klimaforandringer

NCKF leverer løbende information til nyhedshistorier om klimaforandringer i forbindelse med aktuelle begivenheder rundt omkring i verden og i forbindelse med nye interessante forskningsresultater. NCKF's medarbejdere bliver desuden citeret bredt i medierne, mens der hyppigt bliver refereret til produkter som bl.a. Klimaatlas. I 2024 blev NCKF citeret 339 gange, hvoraf 87 citationer var i print, 49 i TV og radio og 219 i webkilder.

Medierne har kørt flere historier om klimaforandringer, hvor også NCKF's ekspertise er blevet efterspurgt. Et af de mest udtalte emner har været tipping points og det potentielle kollaps af den atlantiske termohaline cirkulation (også kendt som AMOC). Her har forskere fra NCKF udtalt sig i interviews og til notat i artikler, men NCKF har også selv bidraget med kronikker, der har haft til formål



CARR

NCKF's fokus i 2025

I 2025 vil NCKF forsætte med at prioritere de strategiske pejlemærker formuleret i NCKF's strategi for 2024-2028. Indsatsen vil være rettet mod at styrke klimaforskning, klimatjenester og operationelle tjenester tilpasset Danmarks og Rigsfællesskabets samfundsmæssige behov. NCKF vil fortsætte med at arbejde inden for global, regional og polar klimaforskning og deltage aktivt i internationale forskningsprojekter. NCKF vil også imødekomme den stigende efterspørgsel på klimainformation fra regeringen, kommuner og centrale sektorer og fremme samarbejder, der kan fremskynde klimatilpasning. NCKF vil i både forskning, rådgivning og kommunikation stræbe efter at bygge bro mellem forskningsresultater og lokal anvendelse af viden og sikre både videnskabelige fremskridt og praktisk relevans. I de følgende afsnit gennemgås fokusområder og konkrete projekter og aktiviteter planlagt for 2025 under hver af de tre "key research areas".

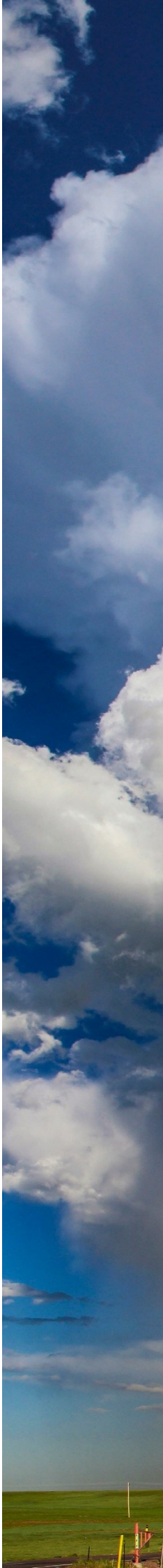
Fremtidens ekstreme vejr og samfundets modstandsdygtighed

Ekstremt vejr i Danmark

Varmerekorder bliver slået oftere og oftere som konsekvens af global opvarmning, og nedbør- og stormflodshændelser, som vi før kun oplevede sjældent, bliver hyppigere og mere ekstreme. I fremtidens opvarmede klima vil mange dage ligne nutidens vejr, men de ændrede ekstreme vejrfænomener vil udfordre vores samfund – især når flere ekstreme begivenheder opstår samtidig og tester vores evne til at tilpasse os og være beredte på nødsituationer.

NCKF vil i 2025 arbejde med attributionsstudier, der kan vise, hvordan hhv. naturlig vejrvariation eller klimaforandringer fører til hyppigere hedebølger, tørke, stormfloder, skybrud, vedvarende vinterregn og oversvømmelser. Formålet er at opnå en forøget forståelse for attribution, og hvor stor en effekt den globale opvarmning har på de ekstreme vejrhændelser, der opleves i Danmark – specifikt vil der være et fokus på at dykke ned i nedbørsdata og lave statistiske analyser af attributionen.

NCKF vil fortsætte med arbejdet med klimamodeller og forbedring af observationer af klimaet i 2025. Klimamodeller er centrale i studiet af de ændrede processer i et varmere klima, mens observationer dokumenterer igangværende ændringer, fx opvarmningstendenser, og kobler ekstreme vejrfænomener til deres virkninger, fx ved at kortlægge tørke og oversvømmelser fra satellit. Langtidsmonitorering og prognosesystemer kan yderligere give vigtig information om nuværende ekstreme hændelser.



Klimaservices og Klimaatlas

Udvikling af klimaservices er nødvendigt for at forbinde videnskabelige data med samfundets beslutningstagning. NCKF har udviklet Klimaatlas, som understøtter klimatilpasningsplanlægning i Danmark. Den kontinuerlige forbedring af Klimaatlas kræver erfaring i datastyring og statistiske analyser kombineret med dialog med interessenter, kommunikation og visuelle præsentationsteknikker. Observationsdata, forudsigelser og projektioner – hvad enten det drejer sig om ændringer i havet, atmosfæren, havis, emissionsovervågning eller ekstreme nedbørshændelser i Danmark – kan skabe værdi, når klimaservices tilpasses samfundets behov.

I 2025 vil NCKF arbejde på at udvikle og udbygge Klimaatlas til gavn for dets brugere. Bl.a. vil anvendelsen af satellitdata forøges med henblik på at forbedre indikatorerne for tørke i tørkeindekset. Eksisterende indikatorer vil blive videreudviklet, herunder sommervarme og vinternedbør, mens nye indikatorer som havmiljø og urbant klima vil komme til, og der vil blive udstillet flere potentielle fremtidige temperaturscenarier for Danmark. For at gøre Klimaatlas endnu mere brugervenligt vil der blive foretaget et survey i 2025, hvor kommunerne spørges ind til deres erfaring med Klimaatlas og hvilke mulige tiltag, der kan tages for at øge anvendeligheden.

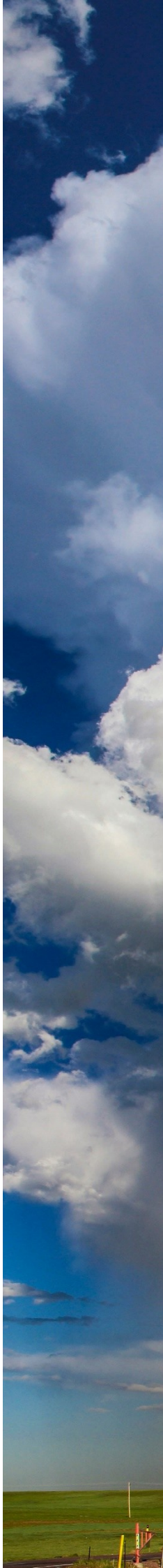
I et internationalt perspektiv arbejder NCKF i samarbejdet med det ghanesiske meteorologiske institut for at etablere et Klimaatlas i Ghana. I 2025 vil første produkt i samarbejdet blive lanceret i form af en rapport.

Kortlægning af drivhusgasudledninger og understøttelse af grøn omstilling

En omkostningseffektiv overgang til et grønt og bæredygtigt samfund kræver øget viden om emissionsreduktioner, virkninger og opgørelser. Prognoser og observationer kan optimere produktionen af vedvarende energi og bruges til at validere opgørelser samt skelne mellem menneskeskabte og naturlige emissioner. Selvom dette er en ny retning for NCKF's forskning, bygger det på stor erfaring med satellitobservationer, modelbaserede forudsigelser og beregninger. Derudover kan NCKF's rolle som IPCC kontaktpunkt anvendes til at sikre, at forskning og rapportering følger de nødvendige standarder.

En af NCKF's centrale opgaver med henblik på at understøtte den grønne omstilling er at oversætte kompliceret forskning og data på klimaområdet til anvendelig information hos klimatilpasningsaktører i Danmark. I 2025 lancerer NCKF en ny vejledning i anvendelsen af FN's Klimapanels udledningsscenarier i en dansk kontekst, der hjælper aktører med at vælge både tidsperspektiv og sikkerhedsniveau i planlægningen af klimatilpasning, som skal holde mange år frem i tiden.

NCKF deltager ligeledes i et projekt finansieret af CIP-fonden, der har til formål at kortlægge oversvømmelsestyper samt de forskellige kilder hertil i Danmark.



Resultaterne heraf vil ligeledes kunne anvendes praktisk i klimatilpasningen til fremtidens vejr i Danmark.

NCKF vil desuden fortsætte med at understøtte målinger af drivhusgasser i atmosfæren. Et eksempel på dette er NCKF's deltagelse i *CO_2 Mission*, hvor der ved hjælp af satellitter observeres drivhusgaskoncentrationer i atmosfæren, som i kombination med vejrmodeller kan ligge til grundlag for at udregne udledninger.

Polare klimaforandringer og deres konsekvenser

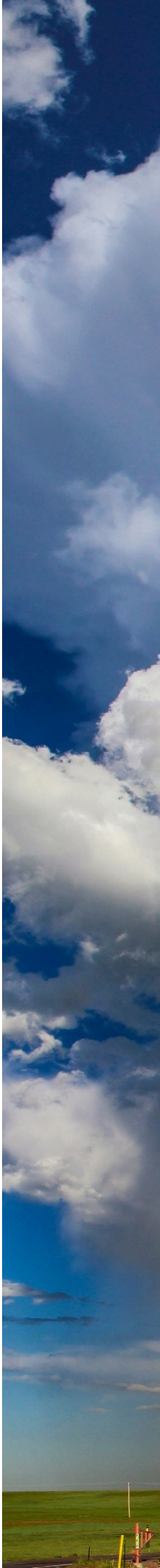
Iskapper og klimaforandringer i Grønland og Antarktis

Klimaet i polarområderne ændrer sig, og de store iskapper i Grønland og Antarktis mister masse i stigende tempo og vil fortsætte med det i mange år fremover. Overvågning, modellering og vurdering af klimaforholdene omkring iskapperne er afgørende for at forstå klimaforandringer og vurdere massebalancen. De nuværende indsatser dokumenterer den igangværende ændring og rejser bekymring for fremtiden, da de to iskapper har potentiale til at hæve havniveauet med flere meter i de kommende århundreder. De globale konsekvenser understreger behovet for både detaljeret overvågning, modelprojektioner og forbedret forståelse af smeltningen af iskapperne.

NCKF deltager i en række nye forskningsprojekter med fokus på iskapper og klimaforandring i den arktiske region. Det gælder eksempelvis projekter som: *LIQUIDICE*, der undersøger hvordan afsmeltning af gletsjere, sæsonbestemte sneforhold og permafrostdynamikker påvirker vandressourcer og stabilitet i specifikke gletsjerbassiner i Europa, Asien og Arktis; *ICELINK*, som undersøger hvordan isen i Nordatlanten omkring Grønland og Island reagerer på klimaforandringer, herunder påvirkningen på økosystemer samt konsekvenser for lokalsamfundet ift. vandenergi og oversvømmelsesrisici; og *ArcticPUSH*, der undersøger hvordan og i hvilken grad sammenspillet mellem arktisk klima og klimaet på vores breddegrader driver ekstremvejr i Europa.

Flere projekter med NCKF's deltagelse står desuden til at færdiggøres i 2025, herunder et projekt med henblik på at forstå kælving i fjorde i Nordgrønland, hvor gletsjerudløb møder havis og fjord, og derved måle, hvor hurtigt isen flyder ud i havet, samt et projekt hvor modelberegninger af overflademassebalance af iskappen i Grønland kombineres med kunstig intelligens og maskinlæring for at vurdere afsmeltningen.

NCKF fortsætter desuden centerets engagement i længerevarende forskningsprojekter som eksempelvis *PRECISE*, der skal udvikle og forbedre modeller for, hvordan iskapperne bidrager til at hæve havniveauet i verdenshavene, og *OCEAN:ICE*, som fokuserer på at forstå, hvordan den antarktiske iskappe, afsmeltningen heraf og det omkringliggende sydlige hav påvirker det globale klima.



Havniveaustigninger – kilder og konsekvenser

Uanset fremtidige drivhusgasudledninger vil havniveauet fortsætte med at stige i mange år. Set fra et globalt perspektiv, hvor en stor del af befolkningen bor i kystområder, samt i vores eget lavtliggende land med en lang kystlinje, er klimatilpasning nødvendig. Forståelsen af samspillet mellem stigende temperatur, iskappernes afsmeltning, global havniveaustigning og stormfloder, der truer de danske kyster, er afgørende for at sikre samfundets modstandskraft overfor de kommende ændringer.

NCKF vil fortsætte centerets engagement i projekter, der har til formål at øge forståelsen af havniveaustigninger. NCKF fortsætter bl.a. som projekt lead for et Horizon Europe-projekt, *ObsSea4Clim*, hvor det overordnede mål er at forbedre rammerne for en sammenhængende europæisk tilgang til monitorering, forståelse, rapportering og prognoser af fysiske havprocesser relateret til klimaforandringer. NCKF deltager ligeledes i et andet Horizon Europe-projekt, *PROTECT*, der har til formål at vurdere og forudsige ændringer i mængden af landbaseret is og dermed lave pålidelige globale, regionale og lokale forudsigelser af havniveaustigninger inden for forskellige tidsrammer.

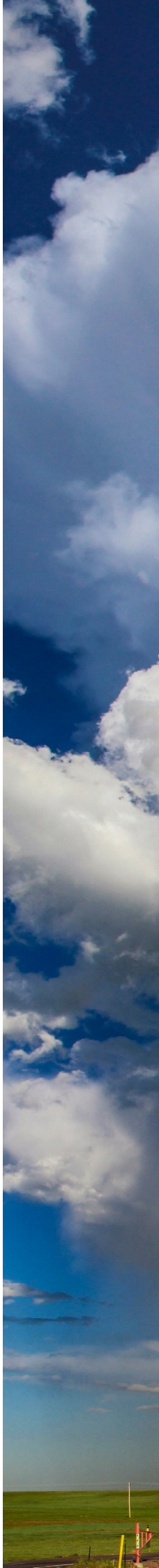
Havis, polar amplifikation og maritim sikkerhed

Et af de tydeligste tegn på klimaforandringerne er det hastige tab af havis, som også bidrager til den forstærkede opvarmning i polarområderne, især Arktis. Mere tilgængelige polare havområder øger behovet for detaljeret overvågning og kortlægning af havisen (omfang, tykkelse, drift, sne osv.) og havet derunder. Dette omfatter også modellering og information, der støtter søfolk og det grønlandske samfund. Langtidsmonitorering og prognoser kan hjælpe lokalsamfund med at håndtere farlige hændelser og skabe grundlag for validering af langsigtede forudsigelsessystemer. Desuden driver ændringer i havisens dækning store atmosfæriske og oceaniske forandringer, som motiverer både regionale og globale klimamodeller.

NCKF leder et nyt ESA-projekt, *CROSCIM*, der har til formål at demonstrere brugen af den næste generation af Copernicus-satellitter (såkaldte expansion missions) til overvågning af bl.a. hav og havis.

NCKF deltager desuden i arbejdet med at udvikle en ny samlet analyse af havforhold og havis i Arktis. Analysen vil have en højere detaljeringsgrad end mange af de eksisterende arktiske analyser og vil som den første af sin slags bruge særligt forarbejdede havisdata fra ASIP for de seneste år, hvor data findes. Disse data indarbejdes direkte i modellernes beregninger for at give et mere præcist billede af udviklingen i hav og havis.

NCKF vil i 2025 deltage i projekter, der har til formål at udvikle en model for drift af isbjerge for farvandet omkring Grønland og undersøge ændringer i atmosfæren og vejret over iskapper i nærheden af store åbninger i havisen omkring polerne (kaldet polynjaer).



Global opvarmning og tipping points

Globale atmosfæriske dynamikker og europæiske vejrmønstre

Vejrmønstre ændrer sig, hyppigheden af ekstreme hedebølger øges, og den varmere luft kan indeholde mere fugt, hvilket fører til øget ekstrem nedbør i Danmark, Europa og globalt. Detaljerede modelbaserede forudsigelser og projektioner svarer til den daglige vejrudsigt og er afgørende for at forberede samfundet på fremtidens vejrfænomener. Dette kræver en hel værdi-kæde af værktøjer, fra globale til regionale klimamodeller, observationsdata og analytiske færdigheder for at sikre, at modellerne afspejler virkeligheden.

NCKF deltager i et nyt projekt, *EUMETSAT GRAS-IASI*, der starter i 2025. ROMSAF-temperaturmålinger har dokumenteret en præcis og systematisk opvarmning af atmosfæren i de sidste år, som er dokumenteret i FN's Klimapanels seneste hovedrapport. I den forbindelse er det også blevet klart, at forskellige satellitter måler forskellige temperaturtendenser i atmosfæren. Dette projekt skal afklare årsagerne til denne diskrepans og forberede ROMSAF-temperaturmålingerne til anvendelse i den næste IPCC hovedrapport (AR7).

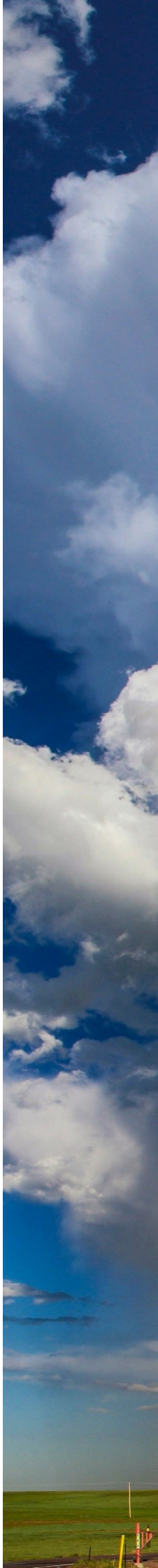
NCKF deltager desuden i et nyt projekt i regi af det europæiske rumagentur (ESA), der skal forbedre estimater af global opvarmning ud fra satellitdata, og som undersøger ubalance i Jordens energibudget.

Havet – variabilitet og langsigtede ændringer

Havet dækker 71% af Jorden og spiller en central rolle i klimasystemet både på kort og lang sigt. Overvågning af havforhold via målinger og fjernmåling af havets overflade giver vigtige klimavariabler og hjælper med at opdage klimaforandringer samt forstå klimavariabilitet. Nordatlanten er vigtig for varmetransport mod polerne og er et område, hvor varmt sydligt vand møder koldt nordligt vand – processer, der er følsomme over for klimaforandringer og påvirker både Arktis og vejret i de mellembrede breddegrader. Viden fra hav-is-modellering og observationer samt kombinationen af modeller og observationer med højere opløsning er afgørende for at forstå de komplekse processer i havet, kystområderne og deres interaktioner med atmosfæren. At forstå disse processer, især i Nordatlanten, er også vigtigt for at udvikle forudsigelser af europæisk vejr på tiårsplan.

NCKF understøtter fortsat i 2025 udviklingen af nyt globalt datasæt for hav og havistemperatur i EU's Klimatjeneste, Copernicus Climate Change Service (C3S), fra satellitobservationer i perioden 1982-2024, som giver bedre beskrivelse af global overfladetemperatur og forandringer

NCKF arrangerer desuden et internationalt møde i juni for forskere og institutioner, der arbejder med havtemperaturmålinger fra satellitter i regi af *GHRSST* (Group for High Resolution Sea Surface Temperature).



Risici og konsekvenser af ’tipping points’

Tipping points udgør en stor bekymring i forbindelse med klimaforandringer. Overvågning kan hjælpe med at opdage tidlige advarselssignaler, mens en bedre forståelse af processerne er nødvendig for at vurdere om og hvornår bestemte elementer af klimasystemet risikerer at nå kritiske tipping points. Eksempler på sådanne elementer er Grønlands og Antarktis' iskapper samt den atlantiske termohaline cirkulation (AMOC). Tipping points afhænger ofte af samspillet mellem flere komponenter i klimasystemet og kan udløse en kaskade af hændelser med vidtrækkende konsekvenser. Detaljeret modellering og observationsstudier er nødvendige for at vurdere både risikoen og de potentielle effekter af tipping points. Denne viden er central for risikovurdering og for at forstå, hvad der kan ske ud over det mest sandsynlige, både globalt og regionalt.

NCKF fortsætter i 2025 koordineringen af projekter inden for tipping points. Herunder projektet *TipESM*, der har til formål at forstå tipping points i klimasystemet og potentielle kaskadeeffekter, samt hvordan identificerede tipping points kan påvirke økosystemer, biodiversitet og samfund generelt. Projektet skal ligeledes udvikle en ramme til at forudsige tipping points og identificere mekanismer i klimasystemet med henblik på at risikoen for at overskride tipping points minimeres.

NCKF er ligeledes partner i EU-projektet *OptimESM*, der startede i 2023 og bl.a. har til formål at udvikle en ny generation af klimamodeller, som kombinerer høj opløsning med en hidtil uset repræsentation af fysiske processer. Projektet vil bruge disse modeller til at levere ny og policy-relevant viden om konsekvenser ved at overstige forskellige globale opvarmningsniveauer.

NCKF koordinerer også et projekt, som understøtter observationer af AMOC i Nordatlanten (*ObsSea4Clim*) og deltager i andre internationale initiativer (*CMIP7, TIPMIP*), hvor forskning i AMOC's nuværende og fremtidige ændringer indgår ved hjælp af forskellige værktøjer og datasæt.

Forskere fra NCKF er desuden blevet inviteret af JPI Ocean og JPI Climate til at indgå i processen vedr. udarbejdelse af en ”state of the knowledge report” om AMOC, der har til formål at gennemgå den seneste forskning på området og levere en balanceret vurdering af systemets nuværende tilstand. Rapporten skal således opdatere den autoritative viden fra FN’s Klimapanels seneste rapport, samt ligge som citérbart grundlag for panelets næste hovedrapport.

Danmarks Meteorologiske Institut