

Fig 1. GEM programmets 3 hovedlokaliteter

På forkant med klimaforandringerne i Grønland

- overvågning af de arktiske økosystemer

Siden midten af 1990'erne har forskere systematisk overvåget grønlandske økosystemer under Greenland Ecosystem Monitoring (GEM) programmet. Programmet undersøger effekterne af klimaforandringer til vands, til lands og i luften gennem studier af økosystemprocesser og indsamling af lange data-tidsserier. Dette program udgør det mest omfattende monitoringsprogram i Arktis og kan i år fejre 25 års jubilæum.

Af Marie Frost Arndal

Arktis er et af de områder i verden, der er mest følsomt over for klimaforandringer, og samtidig vil man her hurtigt opleve konsekvenserne af den globale opvarmning. Tilbage i 1990'erne var der nogle fremsynede forskere, der satte sig for at følge udviklingen og effekterne af klimaændringerne i de arktiske økosystemer. Ambitionen var at udvikle et overvågningsprogram med standardiserede målinger af en lang række organismer, samt fysiske og biologiske processer i et 50 årigt perspektiv. Desuden ville programmet være en vigtig brik i Rigsfællesskabets bidrag til Arktisk Råds monitoringsprogrammer for miljø, klima (Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP) og biodiversitet (Conservation of Arctic Flora and Fauna, CAFF). Viden om ændringer i det fysiske miljø og i naturen, samt det indgående kendskab til økosystemprocesser anvendes desuden i rådgivning af Grønlands Selvstyre. I år kan Greenland Ecosystem Monitoring programmet fejre de første 25 år – og er mere relevant end nogensinde.

De første indsamlinger af data fandt sted i det nordøstlige Grønland i Zackenberg, og siden da er programmet vokset, så det nu tillige inkluderer hovedlokaliteter ved Nuuk og på Diskøen. Programmet dækker således økosystemer langs en klimagradiant fra den beboede del af lavarktis i Vest-Grønland til det ubeboede højarktis i Nordøst-Grønland (Fig. 1).

Overvågningsprogrammets lange tidsserier gør det muligt at studere årlige variationer og langsigtede tendenser i de arktiske økosystemer, samt at identificere nøgleindikatorer, feedback-mekanismer (hæmmende eller fremmende mekanismer, red.) og økosystemernes modstandsdygtighed over for klimaændringer. Mange dataserier deles endvidere i internationale databaser og indgår dermed i en række videnskabelige netværk. De lange tidsserier er værdifulde for forskningen og særligt for forskere, der arbejder med modeller, som kan give et indblik i fremtidens klima og miljø. Langvarig overvågning af de mange biotiske såvel som abiotiske variable findes nemlig kun meget få steder

Klimapåvirkninger

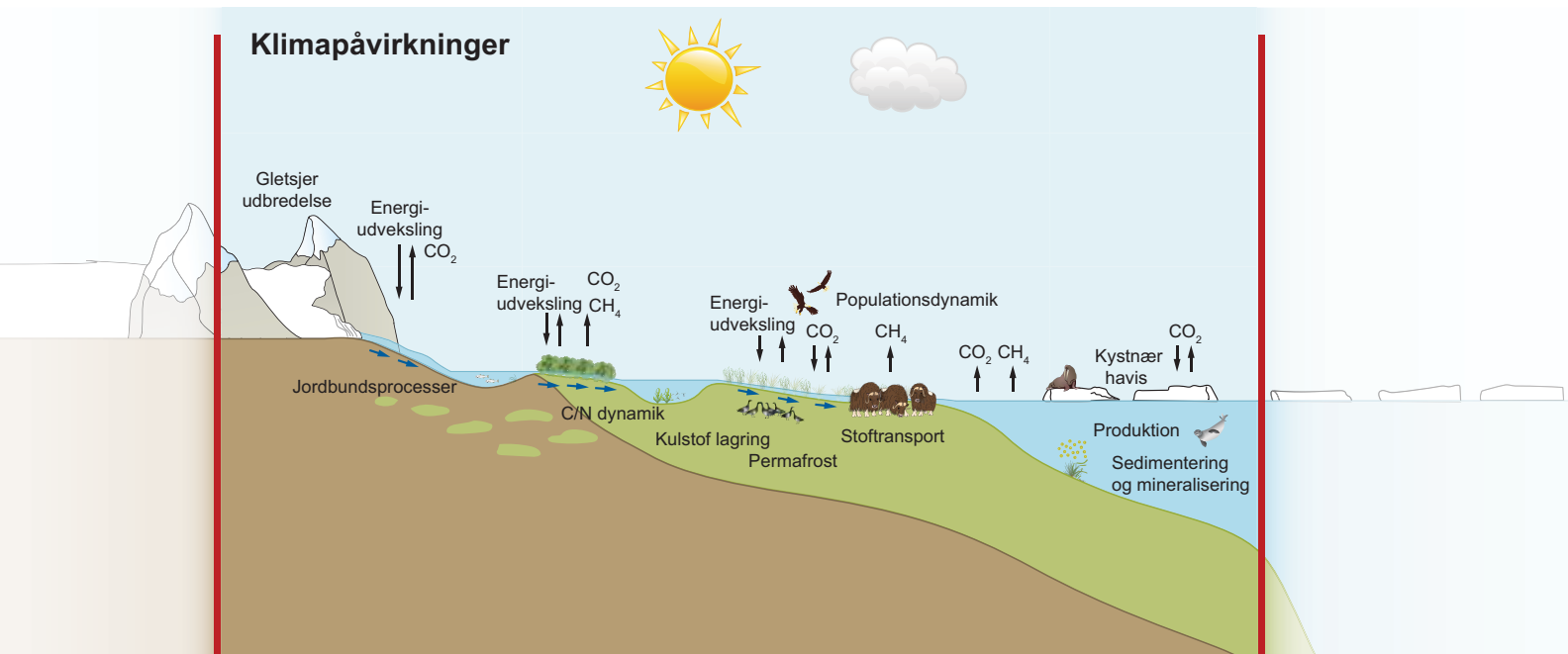


Fig 2. GEM dækker de glaciologiske, terrestriske, limniske og kystnære marine økosystemer. Massebalancen af gletsjere beregnes ud fra mængden af snefald og fordampning samt overfladeafsmeltning ved at udregne energibalancen af gletsjerens overflade. Vandet herfra driver mange økosystemprocesser på sin vej ud til havet. På land og i vand er fokus på koblingen mellem energiudveksling, hydrologi og udledning af drivhusgasserne kuldioxid og metan.

i Arktis, og GEM programmet har derfor inspireret til flere lignende overvågningsprogrammer andre steder i Arktis.

Opbygningen af et monitoringsprogram

GEM programmet er bygget op omkring 5 Basisprogrammer, der tilsammen dækker alle aspekter af økosystemet fra gletsjere og iskapper, over de isfrie landområder og ud til det kystnære marine miljø (Fig.2):

- KlimaBasis
- GeoBasis
- BioBasis
- MarinBasis
- GlacioBasis

GEM programmet sender hvert år ca. 70 forskere i felten for at måle, veje, tælle og analysere udvalgte parametre. Feltsæsonen foregår oftest i perioden april til oktober. Mange automatiserede systemer sikrer dog overvågning af snedække, meteorologi og hydrologi året rundt.

KlimaBasis

KlimaBasis står for at indsamle de helt essentielle baggrundsmålinger af klima og hydrologi, som f.eks luft-temperatur og -fugt-

tighed, nedbør, flod-afstrømning, vind, stråling, sne-egenskaber m.m. Disse kontinuerligt indsamlede data er kernen i programmet, der kan anvendes i studiet af ændringer i økosystemet over tid, skelne ekstreme hændelser fra årsvariationer og identificere årsager til ændringer. I de terrestriske økosystemer i Arktis er sne en vigtig bestemmende faktor for biologiske processer, for eksempel ved at give et beskyttende låg om vinteren eller ved at give fugt i smeltesæsonen. Mængden af sne, og hvornår den falder og smelter bort, kan variere meget. Så længe jorden er snedækket, reflekteres store dele af den kortbølgede indstråling, mens en bar overflade reflekterer mindre kortbølget stråling, som i stedet absorberes, hvorved jorden varmes op.

” GEM programmet sender hvert år ca. 70 forskere i felten for at måle, veje, tælle og analysere udvalgte parametre.

2018 var et usædvanligt koldt år med store snemængder, som i Zackenberg smeltede rekord sent (se artiklen Biologiske konsekvenser af en ekstrem hændelse med enorme snemæng-

der i højarktisk). 2019 derimod var et særligt varmt år, og sneen smeltede tidligt. Sammenlignes de to år, ses det hvor stor en betydning, den snedækkede overflade har for mængden af reflekteret kortbølget stråling (Fig. 3). I 2018 reflekteredes langt mere kortbølget stråling sammenlignet med 2019. Den slags variationer er vigtige at monitorere, da ændringer i overfladens energibudget kan forklare en lang række af variationer i økosystemerne.

GeoBasis

GeoBasis programmet varetager overvågningen af det fysiske miljø og er opdelt i flere delprogrammer. Kulstof-balance overvågningen omfatter målinger af CO_2 - og CH_4 -udveksling mellem tundraen og atmosfæren. Derudover måles jordfugt og jordvands-kemi, hydrologi og sedimenttransport m.m. Sne- og permafrost-overvågningen omfatter målinger til modellering af snedække, vegetation, meteorologiske målinger samt aktivlagsdybden. Aktivlaget er det årligt optøede lag mellem jordoverflade og permafrost. Den årlige middeltemperatur i området ved Arktisk Station ligger omkring -2 til -3 grader, hvilket er tæt på grænsen for permafrost, og gør det til et særligt interessant sted at studere permafrost. Baseret på målinger fra en jordtemperaturprofil, der blev etableret uden for Arktisk Station i 1991, kan vi se, at aktivlaget bliver dybere, og i nogle områder er permafrosten helt forsvundet. Lufttemperaturen ved Arktisk Station steg markant i 1990'erne, især vintertemperaturene (Fig. 4). I den samme periode blev havisen også reduceret og mere ustabil i Diskobugten, hvilket har haft stor betydning for det marine økosystem.

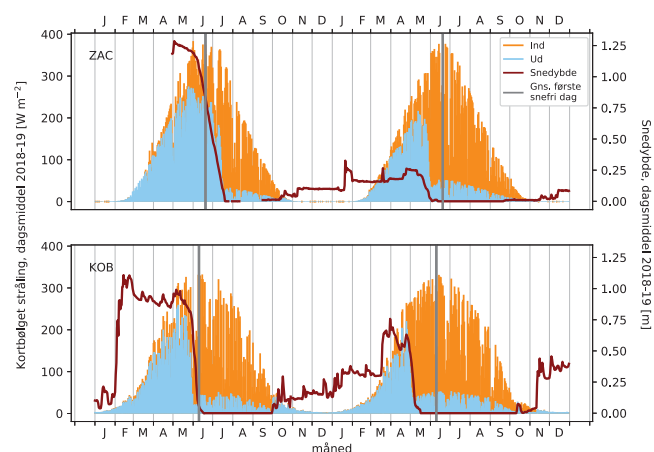


Fig 3. Graf over den kortbølgede ind- og udstråling samt snedybden for 2018 og 2019 i Zackenberg (ZAC) og Kobbefjord (KOB), Nuuk

BioBasis

BioBasis overvåger en lang række organismer og processer både på land og i ferskvand. Programmet dokumenterer således år-til-år variationen og den langsigtede tendens i en række parametre, som f.eks. tætheder, fænologi, reproduktion, prædation og herbivori. Når man tænker på dyr, der spiser planter i Grønland, så tænker de fleste nok på rensdyr og moskusokser. Men mange insekter og insektlarver lever også af planter og er derfor også herbivorer. Almindeligvis spiser insekterne og larverne kun en lille del af den tilgængelige plantebiomasse, men i nogle år er der udbrud af insektlarver, som kan nedgræsse store arealer af vegetation. Dette var tilfældet i 2010, hvor et udbrud med larver af sommerfuglen blågrå jordugle startede i Nuuk. Når planterne får spist deres blade, er de ikke længere i stand til at lave fotosyntese og optage CO_2 , hvilket betyder, at der i stedet frigives CO_2 til atmosfæren. Man ved ikke præcist, hvad, der udløser disse larveudbrud i Grønland, men hvis udbruddene bliver hyppigere, så kan den øgede frigivelse af CO_2 være med til at drive en yderligere opvarmning af Arktis. Tidsserien af data både før og efter et år med f.eks. et larveudbrud gør os i stand til at se på langtidseffekterne af sådanne episoder.

MarinBasis

Målet med det marine overvågningsprogram er at etablere lange dataserier i den nære kystzone og i fjordsystemerne ved Godthåbsfjord, Young sund og i Diskobugten. Nøgleparametre for MarinBasis er havis og -temperatur, saltholdighed og pH, næringsstoffdynamik, marin biodiversitet og primærproduktion. I bunden af den marine fødekæde i Arktis finder man vandlopperne. Vandlopper er fødegrundlag for fisk og mange havfugle, som er afhængige af

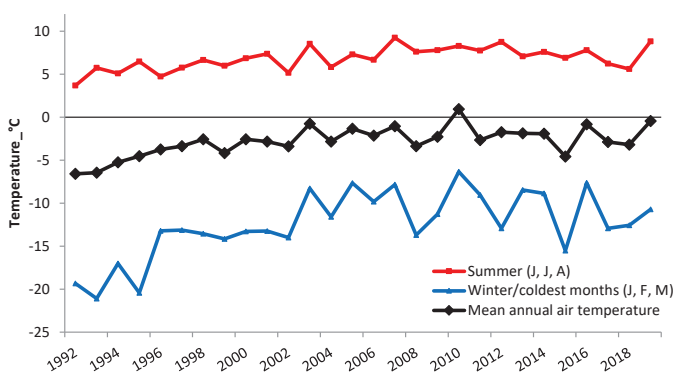


Fig. 4. Årstemperaturen målt ved Arktisk Station, Disko, i perioden 1992 - 2020

at kunne spise sig tykke og fede i løbet af den korte sommer. I Diskobugten er der ved at ske ændringer i sammensætningen af vandløpper. De fede og kalorierige vandløpper, som var de hyppigst forekommende i området for 25 år siden, er på retur. Grundet tilførsel af varmere atlantisk vand er der observeret mindre og tyndere havis, hvilket betyder, at en slankere og mere kaloriefattig vandløppe invaderer området sydfra og udkonkurrerer den kalorierige vandløppe. For at dække deres fedtbehov skal fugle og fisk derfor spise flere vandløpper for at opnå den samme fedtmængde. Der er således sket et skifte ved basis af fødekæden, som kan få en dramatisk konsekvens på kalorieindtaget hos de dyr, som lever af vandløpper, som f.eks. den ikoniske grønlandshval.

GlacioBasis

Formålet med GlacioBasis er at overvåge iskapper og gletsjere, og for at skabe grundlag for beregning af de lokale grønlandske gletsjeres bidrag til det globale havniveau. Overfladehøjde, afstrømning og atmosfæriske parametre overvåges og anvendes til at bestemme gletsjerens dynamik, samt masse- og energibalance.

En is- eller sneoverflade på en gletsjer kan ved første øjekast virke som et sted, hvor planter umuligt kan trives. Men lige under sneens overflade trives en alge, som, når den blomstrer hen mod midten af sommeren, farver isen helt lyserød (Fig. 5). Et bemærkelsesværdigt fænomen, som blandt nogle forskere kaldes 'vandmelon-sne', da den røde alge får sneen til at ligne vandmelon i farven. Der kan være tale om store områder, som farves lyserød af denne alge, og flere studier har vist, at opblomstringens afhængighed af tilgængeligheden af vand gør, at der bliver flere og flere overflader farvet af alger som denne. Farvningen gør den ellers meget lyse is- eller sneoverflade mørkere, og er dermed medvirkende til at forstærke en øget smeltning af gletsjeren.

Data og undervisningsmateriale

Efter 25 års dataindsamling på over 2500 variabler er mængden af data enorm. Alle data gemmes i GEM Databasen, hvor de ligger frit tilgængelige til brug i videnskabelige artikler, faglige rapporter eller til undervisningsbrug. Et fokus for GEM programmet i de næste år vil være at gøre data lettere tilgængelig for eksempelvis

GEM programmet udføres i et tværfagligt samarbejde mellem følgende institutioner i Danmark og Grønland: Aarhus Universitet, Asiaq, Danmarks Tekniske Universitet, GEUS, Grønlands Naturinstitut og Københavns Universitet.

Læs mere på GEM's hjemmeside: <https://g-e-m.dk>

” Der er et kæmpe potentiale i at benytte GEM databasen i undervisningsøjemed og synliggøre klimaændringerne i de arktiske økosystemer.

gymnasieelever og studerende på uddannelsesinstitutioner. Der er et kæmpe potentiale i at benytte databasen i undervisningsøjemed og synliggøre klimaændringerne i de arktiske økosystemer.

Et internationalt videnskabeligt outreach projekt kaldet Frozen-Ground Cartoons, har lavet en tegneserie i samarbejde mellem forskere og kunstnere (Fig. 6). Målgruppen er børn, unge, forældre og lærere, og det overordnede mål er at gøre videnskab om permafrost sjovere og mere tilgængelig. Der er lavet fire specifikke sider om GEM programmets permafrostarbejde, der er oversat til dansk, engelsk og grønlandsk.

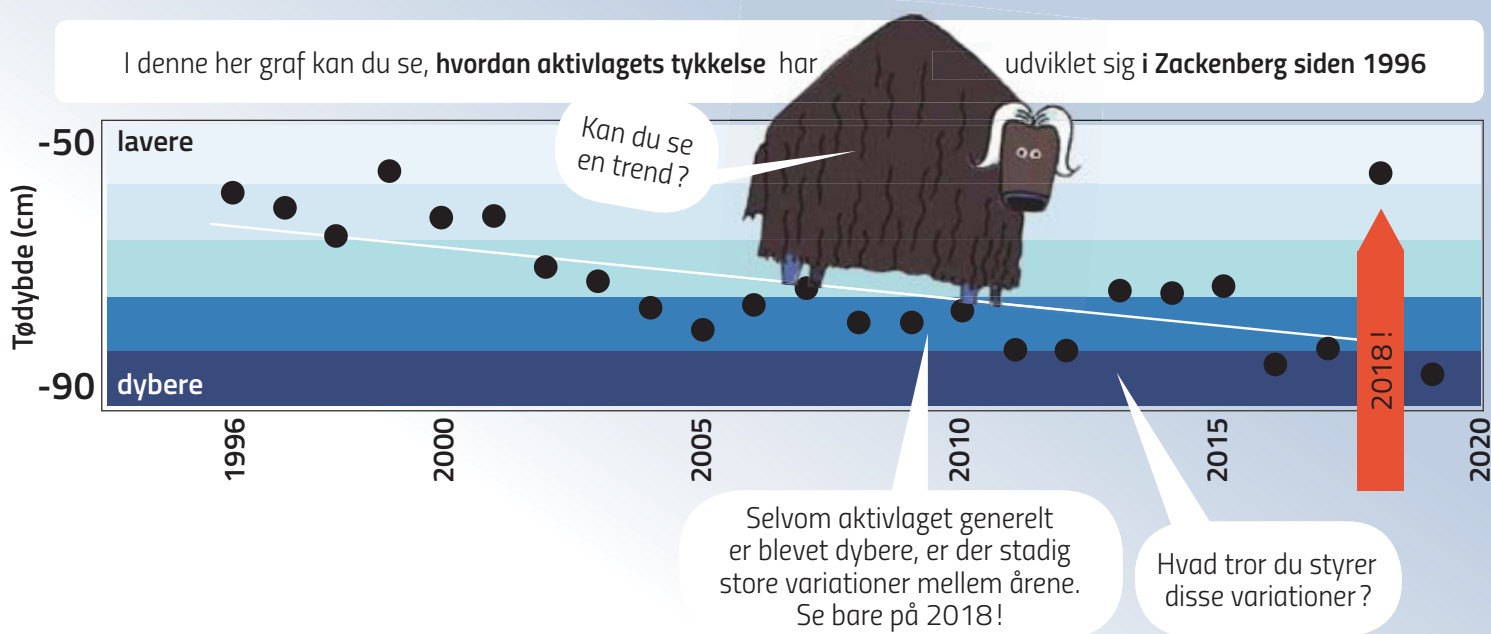
Marie Frost Arndal er Cand. Scient og Ph.d. i biologi. Arbejder på Aarhus Universitet som forskningskoordinator og varetager sekretariatet for GEM programmet.

Artiklen er skrevet med bidrag fra Katrine Raundrup (Grønlands Naturinstitut), Signe H. Larsen (GEUS), Charlotte Sigsgaard (KU) samt Kerstin Rasmussen, Kirsty Langley og Arno Hammann (alle fra Asiaq)

Fig 5. Rødfarvet sne på Chamberlin Gletsjer taget 3. juli 2016. Farven skyldes alger på sneen



Foto: Michele Citterio



Illustrationer: Noémie Ross

Fig. 6. Figur fra 'Frozen Ground Cartoon', se <https://frozengroundcartoon.com/danish/>

PROJEKTÉR OP PÅ STORSKÆRM

Kamera med LCD skærm til mikroskoper/stereolupper

Vis online hvad du ser i mikroskopet/stereolupperen, tag billeder/video og gem på enheden.

- Ingen software der skal installeres
- Tilslut projektér via HDMI
- Netværk via WiFi eller Bluetooth

078200 4.530,00 kr.

Nysgerrig efter mere?

Bestil vores mikroskop og stereolup brochure på www.frederiksen.eu

Frederiksen Scientific A/S · Viaduktvej 35 · DK-6870 Ølgod · Tlf. 7524 4966 · info@frederiksen.eu · www.frederiksen.eu

Alle priser er ekskl. moms og forsendelse. Der tages forbehold for trykfejl og udsolgte varer.