

Faglige resultater 2023

Udgivet af De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Faglige resultater 2023

Redaktion: Lisbeth Flindt Jørgensen

Særudgivelse

Udgives kun elektronisk på www.geus.dk

- Marts 2024

ISSN: 1903-105X

ISBN: 978-87-7871-603-3

Rapporten har været forelagt GEUS' bestyrelse den 14. marts 2024.

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Øster Voldgade 10, 1350 København K.
Telefon: 3814 2000
E-post: geus@geus.dk
www.geus.dk

Indhold

Indledning.....	2
RESUME	3
Vores viden skaber værdi for samfundet	4
Klimaforandringer og -tilpasning.....	7
Naturen vi lever i	15
Vores vand	22
Grøn omstilling	29
Mineralske råstoffer til vækst	37
Værdiskabende data.....	42
Fremtidens GEUS.....	47
Kampagner i 2023.....	52
Forkortelser	54

Indledning

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) er ansvarlig for den videnskabelige udforskning af de geologiske forhold i Danmark og Grønland med tilhørende sokkelområder. GEUS er en uafhængig forskningsinstitution under Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (KEFM). En del af GEUS' aktiviteter udføres desuden som opgaver i tilknytning til andre danske ministerier og Naalakkersuisut (Grønlands Selvstyre).

GEUS skal drive forskning på højeste internationale niveau om forhold, som er af betydning for udnyttelsen og beskyttelsen af Danmarks og Grønlands geologiske naturværdier. GEUS skal endvidere foretage kortlægning, overvågning, dataindsamling, dataforvaltning og formidling om de nævnte forhold. GEUS har en bestyrelse, der sikrer institutionens forskningsuafhængighed.

Statslige institutioner skal udarbejde en årsrapport. Der gælder særlige regler for indhold og omfang af årsrapporter (jf. Økonomistyrelsens 'Vejledning om årsrapport for statslige institutioner, 2023'), og det er derfor ikke muligt at rapportere GEUS' faglige aktiviteter i denne. 'Faglige resultater 2023' er en kortfattet gennemgang og vurdering af årets faglige resultater som et selvstændigt supplement til den økonomiske gennemgang af institutionen præsenteret i Årsrapport for regnskabsåret 2023. Både Årsrapport og Faglige resultater forelægges GEUS' bestyrelse.

Denne faglige afrapportering følger strukturen i Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2023 og giver en oversigt over og vurdering af opnåede resultater. De faglige aktiviteter er organiseret inden for GEUS' otte strategiske temaer og mål, defineret i GEUS' Strategi 2020–2023. Faglige resultater 2023 afrapporterer GEUS' Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2023. Af hensyn til overskuelighed er aktiviteter, der anses for delvist nået, i det følgende markeret med gul, mens aktiviteter, der må betragtes som ikke nået, er markeret med rød.

RESUME

GEUS' medarbejdere har i løbet af 2023 arbejdet med ca. 600 faglige og organisatoriske projekter. De væsentligste aktiviteter er beskrevet i GEUS' Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2023. Aktiviteterne er organiseret efter strategiske temaer og mål defineret i GEUS' Strategi 2020–2023. Af i alt 150 aktiviteter beskrevet i Arbejdsprogram 2023, vurderes 134 (89%) nået, syv (5%) delvist nået, mens ni aktiviteter (6%) må konstateres ikke nået.

Af større resultater kan nævnes, at GEUS fortsatte og fuldførte den i 2022 påbegyndte seismiske kortlægning af geologiske strukturer, hvor der kan være potentiale for deponering af CO₂ i undergrunden på land og kystnært. Dermed er fem strukturer kortlagt, og resultaterne er afrapporteret til myndigheder og interessenter. Desuden er der arbejdet med projekter vedrørende CO₂-injektion i udtjente oliefelter i Nordsøen samt om konsekvenser og om monitoring af lagring. Desuden arbejdede GEUS sammen med DTU på at sikre et geografisk oplyst grundlag for etablering af CCUS-partnerskaber (*Carbon Capture, Usage and Storage*). GEUS indgår også i projekter om brintlagring (*Power-to-X*) samt i projekter om geotermi og varmelagring, bl.a. et projekt om kapacitetsopbygning hos den estiske geologiske undersøgelse.

GEUS har også i 2023 arbejdet med vurderinger af forsyningssikkerhed og værdikæder af globale geologiske ressourcer, som er kritiske i forhold den grønne omstilling. For eksempel er der i regi af MiMa udarbejdet rapporter for Erhvervsstyrelsen om dansk industris forbrug af mineralske råstoffer og udfordringer i forhold til forsyningskæder. MiMa bistår desuden Erhvervsstyrelsen i dennes forhandling om kritiske mineraler i EU, og har parallelt hermed udgivet en rapport om potentialet for kritiske råstoffer i Grønland. Udover kritiske mineraler er der også arbejdet med kortlægning af sand- og grusressourcer til den danske industri og til etablering af havvind, og slutningen af året blev der arbejdet intenst med en hasteopgave for Miljøstyrelsen om en harmoniseret klassifikation af sand- og grusressourcer på land og til havs samt en ny ressourceopgørelse.

På det arktiske område fortsatte GEUS' monitoringsaktiviteter, fortrinsvis i PROMICE, GEM og GC-Net. GEUS bidrager også til viden vedr. tilpasning til klimaændringer, og i samarbejde med Asiaq udføres forundersøgelser og monitoring i forbindelse med fremtidige vandkraftprojekter. Ligeledes fortsatte GEUS den geologiske kortlægning af Grønland i samarbejde med myndigheder og andre forskningsinstitutioner.

På vandområdet fortsatte GEUS samarbejdet med Aarhus Universitet i et projekt rettet mod at forbedre den nationale retentionsmodel for kvælstof fra udvaskning under marker til havet. Projektet udføres for Miljøstyrelsen og Landbrugsstyrelsen og har sigte mod reguleringen på bedriftsniveau. Ligeledes fortsatte samarbejdet med bl.a. DMI og SDFI om national varsling af oversvømmelse.

Hvad angår den administrative og organisatoriske del af institutionen er der udarbejdet en ny GEUS-strategi for perioden 2024–2027, og nye politikker med hensyn til personale og ledelse er udarbejdet, og implementering igangsat. I løbet af efteråret blev samarbejdet med Statens IT forhandlet på plads, og GEUS har udbygget egen IT-organisation til varetagelse af de opgaver, der skal løses internt. Projektet med ombygninger af laboratorier blev konsolideret, så den egentlige ombygning kan iværksættes i løbet af første halvdel af 2024.

Med hensyn til de kvantitative indikatorer blev måltallet for videnskabelige artikler med *peer-review*, hvor GEUS-medarbejdere er førsteforfattere, ikke helt nået med 83 artikler mod måltallet på 85, mens GEUS-medarbejdere var medforfattere på 110 artikler mod måltallet på 95. Målet om 40 artikler i egne serier blev ikke nået, idet der blev udgivet 15 i 2023, heraf to større monografier. Måltallet på 14 professorer blev ikke nået med syv professorer på GEUS, men der er i slutningen af året opslået otte nye professorater i GEUS. Medarbejdere på GEUS bidrog i 2023 til vejledning af ti ph.d.-studerende, der opnåede grad, hvilket er over måltallet på otte. Desuden medvejledte GEUS-medarbejdere 26 ph.d.-studerende ved udgangen af oktober 2023 mod måltallet på 45. Derudover var GEUS-medarbejdere medvejledere for 46 master-studerende (heraf opnåede 21 grad), hvilket er over måltallet på 30.

Vores viden skaber værdi for samfundet

Strategisk mål:

Vi vil styrke GEUS' synlighed og videndeling med myndigheder og virksomheder, så vi opnår størst mulig samfundsnytte og bidrager til løsning af globale udfordringer.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi sikre, at GEUS' viden og data i endnu højere grad kommer i spil, hvor det giver samfundet værdi og kan bidrage til løsning af udfordringer. Kendskabet til og tilgængeligheden af viden og data skal løbende forbedres, så det fulde potentiale kommer både virksomheder, myndigheder og borgere til gode. Dette vil vi bl.a. opnå ved at forbedre præsentationen og tilgængeligheden af vores viden og data på vores online platforme såsom GEUS Bulletin og den nyligt implementerede publikationsdatabase PURE. I PURE er alle GEUS' udgivelser tilgængelige, og videnskabelige medarbejdere er præsenteret med CV, ekspertiseområder og publikationer. På denne måde er det nemt for eksterne brugere at finde samarbejdspartnere og eksperter.

GEUS' og medarbejdernes brug af sociale medier, særligt Twitter og LinkedIn, styrkes med synlighed, faglige netværk og videndeling for øje. Det vil være en prioritet at formidle resultater fra fx rapporter til relevante fagfolk på en mere synlig og lettere tilgængelig måde bl.a. via fagmedier. Der vil desuden blive inviteret inden for i GEUS til nye faglige arrangementer, hvor GEUS' eksperter deler ud af deres viden, og hvor der er mulighed for at etablere nye samarbejder.

Generelt skal udviklingen af GEUS' organisation i højere grad prioritere synlighed og videndeling, bl.a. ved hjælp af incitament og støtte fra Afdelingen for Presse og Kommunikation samt ledelsen.

Aktiviteter i 2023:

- Opdatering af geus.dk med ny struktur, forside og opdateret indhold målrettet interessenterne.
 - Arbejdet er i gang, men er forsinket grundet en nødvendig omprioritering af opgaver. Da der er tale om en større opdatering af geus.dk, fortsætter arbejdet i 2024.
- Gennemførelse af minimum to eksterne kommunikationskampagner, hvor målene udvælges i samarbejde med de geofaglige afdelinger, og hvor der analyseres, planlægges og udføres en række initiativer for at opnå målene.
 - Der er gennemført en ekstern kommunikationskampagne i samarbejde med Afdeling for Hydrologi om grundvandets tilstand i forbindelse med tørken først på sommeren. Desuden er der gennemført en CCS-informationskampagne i samarbejde med Afdeling for Geofysik og Sedimentære Bassiner, hvor der bl.a. er udarbejdet et CCS-minimagasin, en nyhed til geus.dk samt opslag på LinkedIn.
- Markedsføring af GEUS' publikationsdatabase PURE med rapporter og videnskabelige publikationer samt GEUS' nye online shop, hvor der kan bestilles trykte kort, bøger, Geoviden, Bulletin etc.
 - [PURE-portalen](#) indeholder over 200 aktive GEUS-profiler, og der er registreret næsten 12.000 publikationer. PURE bliver markedsført på geus.dk via link på forside, automatiske RSS-feeds med nyeste publikationer samt links til individuelle profiler i alle kontaktbokse. Derudover bliver links til PURE brugt aktivt i forbindelse med pressearbejde. [Onlinewebshoppen](#) blev lanceret lige før sommer og har fået mere omfattende og ensartede metadata. Webshoppen indeholder over 80 kort, og der arbejdes på, at den fulde serie af digitale grønlandskort og senere også danske, kan udbydes i første halvdel af 2024.

Strategisk mål:

Vi vil bidrage offensivt med faglighed og fakta til samfundsdebat og -udvikling for at sikre det bedst mulige grundlag for beslutninger og offentlighedens indsigt.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi opdatere GEUS' kommunikationsstrategi hvert andet år og implementere nye tiltag løbende. Der vil desuden blive identificeret konkrete geofaglige aktuelle emner, hvor en strategisk kommunikationsindsats kan gøre nytte, og der blive gennemført kommunikationskampagner med de relevante analyser, planer og initiativer. GEUS vil desuden stå til rådighed for journalister og andre, der efterspørger vores viden, samt selv spille ind i forbindelse med relevante og aktuelle emner, hvor vi kan bidrage med fakta og faglighed – både via medierne og direkte kontakt til beslutningstagere og interessenter.

Vi vil profilere vores eksperter og nytteværdi, være aktive på sociale medier, udsende nyheder og nyhedsbreve samt skrive kronikker og faglige artikler.

Der vil ligeledes være fokus på at opnå et optimalt samarbejde mellem Afdelingen for Presse og Kommunikation og resten af GEUS, så den eksterne kommunikation gennemføres professionelt og med størst mulig nytteværdi. Der bliver desuden arbejdet med den interne kommunikation, så medarbejderne har de rette informationer på de rette tidspunkter samt for at understøtte samarbejde på tværs af organisationen.

GEUS' bidrag til borgernes viden om og værdsættelse af vores geologiske verden sker bl.a. gennem tidsskriftet Geoviden, og vi vil arbejde for, at dette bliver brugt som supplement i undervisningen i gymnasierne, hvor det også hjælper med rekruttering til faget. Herudover vil vi have særligt fokus på formidling og dialog i Grønland, hvor GEUS' kontor i Nuuk skal sikres synlighed i medierne og via arrangementer som Kulturnat. Højeste prioritet er, at GEUS fortsat ses som en troværdig, uafhængig og fagligt velfunderet kilde til viden om geologiens betydning i Danmark, Grønland og Arktis.

Aktiviteter i 2023:

- Udvikling og øget brug af video i forskellige formater, infografik, animationer og interaktive figurer til at formidle faglig viden.
 - Flere medarbejdere i Tegnastuen har været på kursus og opnået nye kompetencer inden for feltet. Derudover arbejdes der mere med både video og animation til især LinkedIn, fx om sikkerhed i felten, kønsbalance i forskning, kæmpesten og mineralske råstoffer, og vi har udarbejdet en større infografik til PROMICE. Der arbejdes desuden med animationer af seismik på land og til havs mv.
- Gennemførelse af en intern kampagne for at klæde kollegerne bedre på til formidling til omverdenen. Kampagnen skal også bidrage til, at mulighederne for samarbejde med Afdelingen for Presse og Kommunikation i højere grad kendes og benyttes.
 - Der er afholdt et madpakkeseminar om pressehåndtering og brug af sociale medier samt holdt oplæg om pressehåndtering i individuelle afdelinger.
- Udgivelse af tre udgaver af Geoviden og videreudvikling af onlineuniverset med fokus på animationer i samarbejde med undervisere.
 - Der er udgivet en plakat om grundvand, et nummer af Geoviden om kortlægning samt et nummer om Vadehavet. Derudover er et sidste nummer om CCS under tryk til udgivelse i januar 2024.
- Deltagelse i Kulturnat i både Danmark og Grønland.
 - GEUS deltog i Kulturnat i Grønland i januar samt i Kulturnat i KEFM i oktober.

Strategisk mål:

Vi vil øge den videnskabelige publikationsrate og -kvalitet til gavn for fagfeltet, så GEUS fortsat er en attraktiv samarbejdspartner.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi opdatere GEUS' professorplan og fortsætte implementeringen af GEUS' publikationsstrategi med fokus på at øge antallet af publikationer pr. medarbejder og citationer, især i *high-impact* tidsskrifter for at opretholde og øge vores forskningshøjde. Dette gøres gennem systematiske tiltag med GEUS' forskningsudvalg samt enhed for projektudvikling og fondssamarbejde og løbende publiceringsplaner, allokering af midler til publikationspulje og skrivekurser.

Grundlaget for GEUS Bulletin er nu på plads, så det nu er tidssvarende og lever op til de tekniske og formelle krav til videnskabelige tidsskrifter. Fokus vil fremadrettet være på videre udvikling af processer og indhold fx i forhold til FAIR-principperne (*Findability, Accessibility, Interoperability, and Reuse*) for data samt sikring af relevante bidrag via markedsføring, special issues etc.

Aktiviteter i 2023:

- Fastsættelse af målsætninger for GEUS Bulletin i samarbejde med det eksterne board fastsættes.
 - Der er fastsat nye målsætninger for GEUS Bulletin, bl.a. om udgivelse af minimum fire *volumes* i 2023, re-design af hjemmesiden og af den trykte udgivelse samt om udvikling af et koncept for workshops for *peer reviewers* med fokus på unge forskere.
- Publicering af flere geospatiale data, der følger FAIR-principperne.
 - Vi publicerer geospatiale dataprodukter via [Dataverse](#). I 2023 er der indlæst 215 nye dataprodukter i *Dataverse*, således at i alt 574 dataprodukter nu er beskrevet og tilgængeliggjort. Platformen understøtter principperne for FAIR-data, og gør det muligt at tilføje omfattende metadata.
- Udgivelse af digitale geologiske kort og beskrivelser med tilhørende *supplementary data*.
 - En ny version af det [sømløse geologiske kort over Grønland i skala 1:500.000](#) blev offentliggjort i maj.

Øvrige aktiviteter:

Videreudvikling og markedsføring af det fysiske *makerspace* (kreativt værksted), hvor der på tværs af GEUS kan arbejdes med og udvikles nye teknologier som 3D-printere, 3D-scannere, *Virtual Reality* med mere.

- Indretningen af det fysiske *makerspace* er i mål. Der er stor efterspørgsel på 3D-print til bl.a. klimastationer, laboratorier og fossiler. Der er samtidig fortsat udvikling omkring *Virtual Reality* med fx 360°-film fra feltarbejde. Forskerne opfordres desuden til at medbringe 360°-kameraet, når de skal på feltarbejde, så udvalget af film løbende udvides.

Klimaforandringer og -tilpasning

Strategisk mål:

Vi vil øge forståelsen af klimaforandringer i Arktis gennem engagement i langsigtede monitoringsprojekter med brug af de nyeste teknikker.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi videreudvikle og søge at øge GEUS' monitoringsindsats i Arktis. Helt centralt er Program for Overvågning af Grønlands indlandsis (PROMICE) og *Greenland Climate Network* (GC-Net) som GEUS har overtaget fra USA. I forbindelse med overvågningen indsamles en stor mængde data fra automatiske stationer på isen samt satellitdata til bestemmelse af massetabet fra Grønlands indlandsis. Lokale gletsjere overvåges i *GlacioBasis*-programmet under *Greenland Ecosystem Monitoring* (GEM) programmet. Desuden deltager GEUS i projekter i regi af *European Space Agency* (ESA) og EU, hvor formålet er at udvikle dataprodukter baseret på nye satellitbaserede sensorer. Data kan anvendes direkte som indikatorer for klimaændringerne, som grundlag for studier til forståelse af de processer der driver dem, til validering af satellitobservationer, og til validering af og input til regionale og globale klimamodeller.

Vi vil arbejde for, at data fra monitoringsindsatsen anvendes til at levere forskningsbaseret rådgivning til myndigheder og andre interessenter via en aktiv indsats for at skabe nye rådgivningsprojekter.

Aktiviteter i 2023:

- Monitorering af Indlandsisens rand i regi af PROMICE, herunder drift og kvalitetssikring af klimastationer samt opdatering af massetabsprodukter, ishastighedskort og isudbredelseskort.
 - Vedligeholdelse samt drift og kvalitetssikring af klimastationer på Indlandsisens rand blev hen over sommeren gennemført efter planen. Produkter for massetab, ishastighedskort og isudbredelseskort er løbende blevet opdateret gennem hele 2023. Alle dataprodukter er tilgængelige via GEUS' *Dataverse*.
- Monitorering af indlandsisens akkumulationsområder i regi af *Greenland Climate Network* (GC-Net), herunder vurdering af nedbør og sneakkumulering gennem in-situ dataindsamling og anvendelse af nye GPS-teknologier (*Global Navigation Satellite System* (GNSS)).
 - Den planlagte udrulning af nye automatiske klimastationer på Indlandsisen er sket, herunder indsamling af sneakkumulationsdata. Prototyper på nyudviklede GNSS-instrumenter er klar til test. Endelig er der gennemført en strømning af data-processering i synergi med PROMICE.
- Overvågning af lokale gletsjere i regi af GEM, herunder årlig *GlacioBasis*-massebalance og servicering af klimastationer på AP Olsen-iskappe (Zackenberg) samt fortsat overvågning af Chamberlain-gletsjer (Disko).
 - Feltarbejdet ved Zackenberg og Disko er gennemført med succes, og data er processeret.
- Ledelse og deltagelse i projekter for ESA og EU-Copernicus (EU's jordobservationsprogram) vedrørende nye sne- og albedo-produkter for Arktis samt deltagelse i nye ansøgninger til ESA eller EU vedrørende udnyttelse af satellitdata.
 - Et nyt pan-arktisk multisatellit-albedoprodukt er udviklet, og relaterede publikationer er under udarbejdelse til EU-Copernicus og ESA. GEUS deltager i to '*mission proposals*' til ESA. Det drejer sig om henholdsvis overvågning af salinitet (inkl. ferskvandsbidraget fra Grønland) samt om en afløser for *Soil Moisture and Ocean Salinity*-satellitten (SMOS).

- Integration af isovervågning i national sammenhæng gennem deltagelse i udvikling af forskningsinfrastrukturen *Greenland Integrated Observing System (GIOS)*.
 - To nye hydrografiske stationer, med tilhørende temperatur- og nedbørsmålere, er installeret i og ved Watsonfloden. Derudover er der installeret en GNSS-station til måling af vandstanden af en større issø samt til brug som basestation i området. Data bliver transmitteret og vil på sigt være tilgængelige online.

Strategisk mål:

Vi vil forske i de processer, der styrer afsmeltningen fra Grønlands Indlandsis og gletsjere, udbredelsen af havis, ændringer af havstrømme samt optøning af permafrost for at reducere usikkerheden på forudsigelse af effekter af klimaændringer.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi udføre forskningsprojekter vedrørende processerne bag de observerede klimaforandringer. Procesforståelse og observationer er nøglen til forbedret modellering og dermed til reduceret usikkerhed på forudsigelser af klimaforandringer og deres effekter. Vi vil derfor arbejde på at tiltrække forskningsprojekter, som tilvejebringer nye data og procesforståelse. I udformningen af projekter vil vi i videst muligt omfang søge at udnytte vores eksisterende monitoringsaktiviteter som en omkostningseffektiv platform for indsamling af data.

Vi vil indgå i samarbejder og netværk med danske, grønlandske og internationale institutioner med henblik på at sikre nationale og internationale fondsmidler til forskningen og søge at udvide forskningen til at omfatte nye emner som eksempelvis permafrost.

Aktiviteter i 2023:

- Studier af havis og primærproduktion i Arktis.
 - I maj var der forsvar af en ph.d.-afhandling om havis-proxies i Arktis. Ph.d.-projektet blev gennemført i samarbejde med Helsinki Universitet, og to videnskabelige artikler er indsendt til *peer review*.
- Rekonstruktion af variationer Holocæn i tilstrømningen af atlantisk vand mod Grønland og udløbsgletsjeres dynamiske forandringer.
 - Postdoc har næsten færdiggjort analyse af en sedimentkerne fra Sermilik Fjord i Sydøstgrønland.
- Studier af havstrøms- og havis forandringer i Nordvestgrønland i Holocæn.
 - En artikel om havisforandringer i Melville Bugt er under forberedelse, og et nyt studenterprojekt er i gang med henblik på at undersøge forandringer i havstrømme og gletsjere i Upernavik igennem Holocæn (materiale fra ICAROS21-ekspeditionen).
- Færdiggørelse af studier af Jakobshavn Isbræes reaktion på klimaforandringer, bl.a. gennem databehandling og isflydemodellering af udviklingen af Indlandsisen.
 - Et ph.d.-projekt om modellering af den tidlige udvikling af Sermeq Kujalleq (Jakobshavn Isbræ) er gennemført og forsvaret i august. Et nyt projekt, som fortsætter forskningen vedrørende isdynamikker ved Sermeq Kujalleq, er igangsat med støtte fra Carlsbergfondet.
- Studier af bundsmeltningsprocesser ved indlandsisens udløbsgletsjere.
 - I foråret blev der i samarbejde med Aarhus Universitet udført unikke målinger af bundsmeltevand i Sydgrønland, og dataanalyser blev gennemført i løbet af efteråret. Data for bundsmeltning er nedskaleret og sammenkoblet med ferskvandsbidraget, således at data nu forefindes på gletsjerbassin-skala i månedlig opløsning. Tilhørende videnskabelig artikel er accepteret af *GEUS Bulletin*.
- Modellering af distributionen af permafrost i dybden ved Vaigat.
 - Modelleringsarbejdet forløber planmæssigt og forventes afsluttet i 2024, hvor validering baseret på nye data vil blive gennemført.
- Udvikling af ny DNA-baseret metode (proxies) til klimarekonstruktion.
 - Et projekt om anvendelse af DNA fra mikroalger som en proxy for havis er gennemført, og en artikel er blevet publiceret i *Communications Earth and Environment*.

Strategisk mål:

Vi vil øge forståelsen af og rådgive om effekterne af fremtidens klimaændringer ved anvendelse af vores viden om det forhistoriske klima.

Perspektiv:

For at nå målet er det af stor vigtighed at have kendskab til de naturlige variationer i klimasystemet over årtier, århundreder og årtusinder. Dette opnås ved at rekonstruere ændringer i klima-, miljø- og natursystemer ud fra analyser af sedimentkerner. GEUS' indsats vil især fokusere på længerevarende ændringer i havstrømme, hav- og gletsjeris samt primærproduktion omkring Grønland. Disse ændringer har stor betydning for de marine økosystemer, havets CO₂-pumpe og havniveaustigninger.

Desuden vil vi arbejde på national og international plan med at udrede den palæoklimatiske og kryologiske udvikling i og omkring Grønland over en kvartær-cenozoisk tidsskala, dvs. de sidste 20–30 millioner år. På basis af resultater fra igangværende projekter vil der blive udviklet en eller flere ansøgninger, der sigter hen imod et forskningsprogram.

Aktiviteter i 2023:

- Kortlægning af kystudviklingen fra slutning af 1800-tallet for en række lokaliteter i Danmark.
 - Der er udført kortlægning med drone af Korevle-systemet i Odsherred.
- Udvikling af en digital database over landhævning i Senholocæn i Danmark.
 - Databasen er samlet, og en videnskabelig artikel herom er indsendt til *GEUS Bulletin*. Efter accept af artiklen vil databasen blive gjort tilgængelig via GEUS' *Dataverse*.
- Bidrag til forståelsen af hvor meget sediment de marinterminerende gletsjere på Grønland producerer.
 - En videnskabelig artikel, der præsenterer en empirisk formel til estimering af sedimentproduktion fra marinterminerende gletsjere, er accepteret af *Nature Communications*.
- Studier af effekterne af klimaforandringer i Holocæn-epoken i det arktiske marine økosystem, bl.a. ved brug af DNA fra organisk materiale i sedimentkerner. Feltarbejde i det arktiske hav ved Lincolnhavet og nord for Grønland i samarbejde med international forskningsgruppe udføres til understøttelser af studierne.
 - To videnskabelige artikler er under forberedelse, og et nyt treårigt Inge Lehmann-projekt (under Det Frie Forskningsråd, DFF) er startet med ansættelse af en postdoc. Der er gennemført feltarbejde i Lincolnhavet og dataanalyse er påbegyndt. Der er bidraget til et '*white paper*', der i samarbejde med en international forskningsgruppe er indsendt til *Nature Geoscience*.
- Rekonstruktion af marine klimasvingninger, bundstrømsforhold og kobling til iskappe-dynamik ud fra senkvartære aflejringer fra den nordøstlige del af Baffin Bugt.
 - Dataanalyse er færdiggjort, og sammenskrivning af resultater er i gang.
- Opstart af projekt om Pliocæn palæoceanografisk modellering i Baffinbugten i samarbejde med Institut for Geovidenskab og Naturressourceforvaltning under Københavns Universitet.
 - Der er ansat en forskningsassistent til opgaven. Metodeudvikling og modelramme fra speciale anvendes til simulering af det pliocæne cirkulationsmønster. En videnskabelig artikel er under udarbejdelse og forventes indsendt til tidsskrift i starten af 2024.
- Bidrag til forståelse af, hvordan havstrømme og klimasvingninger påvirker marine økosystemer omkring Island gennem deltagelse i det tværfaglige, dansk-islandske forskningscenter *Interdisciplinary Research Centre on Ocean, Climate, and Society (ROCS)* hjemhørende på GLOBE (tværfagligt institut på Københavns Universitet).

- Der arbejdes med analyser af sedimentkerner fra Island, og foreløbige resultater er præsenteret på tre internationale konferencer. Et specialeprojekt herom er iværksat. Desuden har et internationalt projekt med fokus på palæoklimaanalyser af sedimenter fra Camp Century-kernen (Nordvestgrønland) foreløbig resulteret i en artikel i *Science*, hvor GEUS har bidraget med sediment-*provenance*. Arbejdet fortsætter i 2024.

Strategisk mål:

Vi vil bidrage til internationale klimavurderinger fra internationale instanser som IPCC.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi bedrive klimaforskning på højt internationalt niveau og publicere resultaterne i videnskabelige artikler. Vi vil søge at udbrede kendskabet til vores forskningsresultater så bredt som muligt ved brug både af pressen og sociale medier. Vi vil indgå i netværk og bidrage til udarbejdelse af klimavurderinger for internationale instanser som IPCC samt fagfællebedømmelse af disse. Desuden vil vi levere lettilgængelige, kvalitetssikrede og opdaterede dataprodukter fra GEUS' overvågningsindsats, som forskere i ind- og udland kan anvende i deres arbejde med at forstå og formidle klimaforandringerne og effekter heraf.

Aktiviteter i 2023:

- Bidrag til den tematiske rapport: '*European state of the climate*', der udarbejdes i regi af EU-Copernicus.
 - GEUS' bidrag er udarbejdet og indsendt, og rapporten forventes udgivet i starten af 2024.
- Bidrag til *Arctic Report Card*, der udarbejdes under *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA's Arctic Program*.
 - [GEUS' bidrag](#) er udarbejdet og publiceret i *Arctic Report Card*.
- Deltagelse i øvrige netværk som fx CryoNet under *World Meteorological Organisation (WMO)*, *AMAP Climate Expert Group* samt *Scientific Steering Group for Climate and Cryosphere (CliC)* under *World Climate Research Programme (WCRP)*.
 - PROMICE- og GC-Net-stationer er en del af CryoNet, og der arbejdes sammen med DMI på at få data fra klimastationerne distribueret via WMO. GEUS har deltaget i *WMO Global Cryosphere Watch Data Interoperability Workshop* i Genève i december samt i *AMAP Climate Expert Group*, hvor der er arbejdet på en rapport om arktiske klima-indikatorer.
- Opdatering af PROMICE/GC-Net webside med de nyeste dataprodukter, så disse gøres frit tilgængelige.
 - De nyeste dataprodukter tilgængeliggøres løbende via *GEUS' Dataverse*.

Strategisk mål:

Vi vil videreudvikle modelværktøjer, så disse med højere opløsning og større sikkerhed kan producere estimater for hele det hydrologiske system under et fremtidigt klima.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi opbygge mere viden om specielt de terrænnære hydrologiske forhold, hvor klimaændringer og menneskelig indgriben viser sig hurtigt i det hydrologiske system og skaber samfunds-mæssige udfordringer. Vi vil have fokus på problemstillingerne i både byer og landområder, hvor viden og forudsigelser om bl.a. højtstående terrænnært grundvand, høj vandstand i vandløb, oversvømmelser og tørkerisiko samt prognoser heraf er efterspurgt. Vi vil indsamle, søge at få adgang til og analysere data på nye måder, så de kan give os større indsigt i det integrerede hydrologiske kredsløb og øge kvaliteten af modelværktøjer. Derudover vil vi udvikle nye metoder, bl.a. via *machine learning*, til at udnytte data for at videreudvikle modellerne, så de kan give resultater med en højere opløsning.

Vi vil søge at etablere nye forskningsprojekter, der giver mulighed for videreudvikling af modellerne i samarbejde med relevante samarbejdspartnere, både i forhold til en bedre beskrivelse af og prognoser for hele det hydrologiske system under et fremtidigt klima på landsplan og i procesforståelsen på delområder i byer og på landet. Et eksempel kan være videreudvikling af modeller som hjælpeværktøj i beslutninger om klimatilpasning, hvor forskellige løsninger og klimascenarier er i spil, eksempelvis i forbindelse med etablering af vådområder, eller andre lavbundsprojekter, hvor områder er udfordret af højtstående grundvand.

Aktiviteter i 2023:

- Bidrag til at udvikle et system for national varsling af oversvømmelser ved bl.a. at udvikle og videreudvikle hydrologiske modeller, der kan levere modellerede realtids- og prognose data for terrænnært grundvand og vandføring.
 - Der er udviklet en 4D-database til håndtering af realtids- og prognosedata for simuleringer af afstrømning og grundvandsstand fra DK-modellen (GEUS' Nationale Hydrologiske Model). Databasen opdateres dagligt med realtids- og prognosedata fra DK-modellen. Arbejdet med at udvikle en modelramme for håndtering af dataassimilering er igangsat. Derudover er der indgået aftaler med Kystdirektoratet om etablering af nye pejleboringer til overvågning af terrænnært grundvand. Der er indsendt en videnskabelig artikel om hybridmodellering af vandløbsafstrømning, og dataassimileringsaktiviteter er præsenteret på en international conference.
- Bidrag til at forbedre datagrundlaget for planlægning af vandafhængige aktiviteter i HIP-plattformen (Hydrologisk Informations- og Prognosesystem) ved at videreudvikle hydrologiske modeller, der kan levere daglige beregninger af dybden til grundvand, vandindhold i jorden og vandføring.
 - Der udføres fortsat test af dataoverførsel fra GEUS til Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur (SDFI) (til HIP-systemet) af dagligt opdaterede realtidssimuleringer af vandafstrømning og dybde til terrænnært grundvand. Adgang til statistisk bearbejdede realtids- og prognosedata er etableret. Der er desuden indgået en aftale med DMI om nedtagning af prognose- og arkivdata fra den internationale institution *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Der er udviklet en statistisk processeringsrutine for ekstremværdier, og ekstremværdistatistik er gjort tilgængelig i database.
- Videreudvikling af hydrologiske modeller i høj opløsning for at undersøge påvirkning af fremtidig havniveaustigning på grundvandsstigning og oversvømmelse fra vandløb.

- En hydrologisk model er videreudviklet og afprøvet for Ribe, hvor der er oversvømmelsesrisici dels som følge af stormflod (havet) og dels som følge af kraftig nedbør (oplandet). Resultater er præsenteret for brugere, og en videnskabelig artikel er udarbejdet og klar til indsendelse.
- Udvikling af hydrologiske modeller for lavbundslande under inddragelse af nye feltdata og satellitdata.
 - Der er opstillet en hydrologisk model for et stort lavbundsområde på Sjælland, og kalibrering med anvendelse af pejledata fra ny feltlokalitet er i gang. Desuden er en kortlægning af vand på terræn i lavbundsområdet ved hjælp af satellitdata sat i gang.
- Vurdering af effekter af forskellige generationer af geologiske modeller til forbedret simulering af terrænnær grundvandsstand.
 - Undersøgelserne af forskellige urbane geologiske modellers effekter på simulering af terrænnær grundvandsstand i byer er afsluttet og dokumenteret ved en netop publiceret videnskabelig artikel, der beskriver modeller og resultater. En ph.d.-afhandling om emnet er forsvaret og godkendt.

Øvrige aktiviteter:

Bidrage til at udvikle af bæredygtig grundvandsbaseret vandforvaltning i Sydafrika, især bæredygtig markvanding, baseret på bl.a. hydrologisk modellering og interessentinvolvering.

- Bidraget har afventet, at postdoc hos samarbejdspartner bliver rask igen, da der er tale om en fælles indsats. Da der ikke er sket tilstrækkelig fremdrift hos partnerne, er det besluttet, at GEUS udfører en selvstændig opgave med fokus på hydrologisk modellering.

Deltagelse i *Working Group on Arctic cryosphere changes and coastal marine ecosystems* (PAGES ACME).

- Fase I er færdiggjort, og der er opnået støtte til at påbegynde fase II (2023-2026). En workshop (*Best practices and data quality challenges for coastal marine proxies in the Arctic*) blev i juli måned afholdt i regi af INQUA-konferencen (*International Union for Quaternary Research*) i Rom.

Deltagelse i *International Arctic Science Committee Network of Arctic Glaciology* (IASC NAG).

- GEUS deltog i IASC NAG-møde i Østrig i januar 2023, hvor der var diskussion af et muligt fælles EU-projekt samt samarbejde med samfundsvidenskaberne og meteorologerne om næste møde.

Deltagelse i Ilulissat Isfjordscenter *Advisory Board*.

- Der er afholdt et møde med Isfjordscentrets leder, bl.a. med gennemgang af udstillingen og demonstration af nyudviklet undervisningsmateriale (støttet af Nordea-fonden) samt vurdering af udfordringer ved tilføjelser til udstillingen.

Naturen vi lever i

Strategisk mål:

Vi vil styrke GEUS' forskning i sammenhænge mellem geosystemer og biologiske kredsløb, biotoper og habitater samt bio- og geodiversitet i det marine miljø, bl.a. med henblik på kvantificering af miljømålene i Danmarks Havstrategi II.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi udvikle en multifunktionel havbundsmodel, som skal skabe grundlag for forbedret anvendelse af eksisterende og fremtidige indsamlede havbundsdata til bæredygtig udnyttelse af havbunden. Derfor vil vi forfølge en fulddækkende og detaljeret 4D-havbundskortlægning og -modellering, hvilket muliggør en kvantitativ kortlægning og modellering af havbundens diversitet og dynamik ift. geologi, morfologi, substrater og habitater på forskellige skala-niveauer. Dette er i løbet af en firårig periode realiserbart for pilotområder i Danmark.

Vi vil bidrage til Danmarks havplanlægning ved at udvikle og udvide indikatorer vedrørende havbundens integritet med henblik på en kvantitativ integration af havbundens strukturer og funktioner. Specifikt vil vi skabe fundamentet til at kvantificere effekten af fysisk forstyrrelse og tab af havbunden samt øge sikkerheden af arealberegninger for de eksisterende indikatorer for havbundens integritet. Derudover vil vi skabe fundamentet for at vurdere evt. behov for marine beskyttede områder. Dette er ligeledes realiserbart for repræsentative pilotområder i danske farvande i løbet af en firårig periode.

Aktiviteter i 2023:

- Bidrag til ansøgninger om udvikling af kombineret rum-, luft- og skibsbåren havbundsmonitering samt storskala naturgenopretning i kystzonen.
Efter bevilling fra Fiskeristyrelsen har GEUS gennemført undersøgelser i Jammerbugt i 2023, herunder skibsbåren kortlægning fra 10 m-kurven til EØZ (den eksklusive økonomiske zone) og flybåren kortlægning i kystzonen ud til 10 m-kurven. Kortlægningen omfatter havbundens morfologi, substrater, naturtyper og menneskelig påvirkning (med fokus på trawlspor). GEUS og DTU Aqua har i en fælles ansøgning til Fiskeristyrelsen søgt om midler til yderligere undersøgelser i Skagerrak og Kattegat i 2024-2026 baseret på eksisterende data.
- Udvikling af et morfologisk kort samt et geodiversitetskort for havbunden i udvalgte områder i de danske farvande baseret på eksisterende data.
 - Udviklingen af morfologiske kort samt geodiversitetskort er påbegyndt inden for flere projekter, bl.a. *EMODnet Geology*, et EU-støttet projekt samt et nordisk samarbejdsprojekt. Et førstegenerationskort er udskudt til efteråret 2024 pga. prioritering af andre opgaver.
- Videreudvikling af samarbejde mellem Geodatastyrelsen og GEUS om fulddækkende og detaljeret havbundskortlægning rettet mod opbygningen af en multifunktionel havbundsmodel.
 - Der afholdes halvårlige samarbejds møder med henblik på optimering og formalisering af samarbejdet omkring indberetning og udveksling af dybde data samt test af teknologier og metoder til kortlægning af havbundens højdeforhold. Geodatastyrelsen og GEUS vil i starten af 2024 indsende et fælles indspil til Forslag til Finanslov 2025 (FFL25) om udvikling af Danmarks Havbunds atlas, herunder opbygning af en multifunktionel havbundsmodel.

- Videreudvikling af automatiske og optimerede metoder til klassifikation af substrattyper, geomorfologiske enheder og naturtyper (habitattyper) med anvendelse af statistiske nabo-analyser og *machine learning*.
 - Videreudviklingen af metoder fortsætter i flere projekter, bl.a. et nordisk samarbejds-projekt, et EU-støttet projekt samt projektet for Fiskeristyrelsen i Jammerbugt nævnt ovenfor. Videnskabelige artikler er under udarbejdelse med forventet publicering i 2024.
- Videreudvikling af *best practice* til kortlægning og overvågning af geodiversitet og naturtyper (habitattyper) i det marine miljø og i kystzonen på baggrund af fulddækkende og detaljeret havbundskortlægning mv.
 - Et projekt for Miljøstyrelsen om kortlægning af havbunden i beskyttede områder blev afsluttet og afrapporteret i foråret 2023. Videreudviklingen af *best practice* fortsætter i andre projekter.
- Tolkning af data fra Nordsøen med henblik på vurdering af indflydelsen af olie/gas-indvinding forud for dekommissionering af platforme. Arbejdet udføres i samarbejde med Aarhus Universitet og *Danish Offshore Technology Center*, DTU.
 - Der arbejdes på at etablere et baselinekoncept for udsivning af metan og kulbrinter fra havbunden gennem en kombination af dataanalyse og tolkning. Konceptet anvendes til at skabe en ensartet reference, både aktuelt og før olie/gas-indvindingen startede. Baselinekonceptet søges udvidet til at omfatte miljørisici forbundet med infrastruktur tilknyttet havvind, energiøer og CCS.
- Igangsætning af et femårigt EU-LIFE projekt koordineret af Limfjordsrådet. Projektet skal arbejde med storskala naturgenopretning i marine kystnære miljøer med fokus på bl.a. landskaber og naturtyper samt geodiversitet og geosystemtjenester.
 - Projektet er sat i gang, og der er gennemført fly- og skibsbåret feltarbejde. Data-analyse er sat i gang med generering af 1. generationskort som input til hydro-dynamiske modeller samt sedimenttransportmodeller. Kortene finpudses i 2024 til endelige versioner.
- Deltagelse i det fortsatte samarbejde mellem de europæiske geologiske undersøgelser i det EU-støttede program '*Geological Service for Europe*' – GSEU. På det marine område deltager GEUS i udvikling af moduler til beslutningsstøtte i forhold til kystsårbarhed og placering af havvindmølleparker.
 - Arbejdet er sat i gang, og der arbejdes på en spørgeskemaundersøgelse (til afdækning af behov og ønsker) til gennemførelse i starten af 2024.
- Etablering af samarbejde med Miljøstyrelsen omkring udvikling af Teknisk Anvisning for kortlægning af naturtyperne stenrev og sandbanker.
 - Et projekt om stenrev gennemføres for Miljøstyrelsen med henblik på udarbejdelse af en teknisk anvisning.
- Konsolidering af samarbejdet med Miljøstyrelsen omkring udvidelse af den marine råstofdatabase Marta til også at indeholde data fra habitatkortlægning.
 - Der er enighed om behovet for en database til data fra habitatkortlægning. Dialogen fortsætter i 2024 i forhold til at finde finansiering til en optimal løsning.

Strategisk mål:

Vi vil udbygge vores kompetencer og metodikker inden for fagområder såsom fjeldskred, kysterosion og lignende for at kunne bidrage med rådgivning og viden om geologisk betingende naturkatastrofer.

Perspektiv:

Vi har afsluttet analyse- og afrapporteringsarbejdet af områder i Grønland med risiko for større fjeldskred med henblik på at rådgive de grønlandske myndigheder om de risici, som eventuelle tsunamier genereret af fjeldskred kan forårsage i nærliggende beboede byer og bygder. Der udestår en formidlingsopgave sammen med relevante parter i Grønland at få resultaterne og anbefalingerne ud til borgerne om bl.a. hvilke geologiske og klimatiske faktorer, der især kan være udløsende for fjeldskred med efterfølgende tsunamier.

Nylig forskning ved GEUS har afdækket hidtil ukendt skredrisiko langs især nogle kystområder, hvor stigende nedbørsmængder muligvis får ustabile områder i bevægelse eller accelerer igangværende skredbevægelser. GEUS vil fortsætte denne forskning i danske landskred og årsagerne til dem.

Vi vil ligeledes søge at etablere nye nationale og internationale forskningsprojekter om årsager til og hyppighed af større fjeldskred, hvor GEUS kan bidrage med og udvikle væsentlig viden om geologiske og klimamæssige forhold. Desuden vil vi udføre offshore feltarbejde og forfølge mere avancerede metoder for at forbedre forståelsen af tsunamier genereret af fjeldskred.

Vi vil fortsat udføre monitoring af jordskælv i Danmark og Grønland i samarbejde med internationale organisationer.

Aktiviteter i 2023:

- Bidrag til spørgsmål samt aftaler om fortsat samarbejde om monitoring og vidensdeling vedrørende risikoen for fjeldskred i Grønland.
 - GEUS gjorde i december 2022 de grønlandske myndigheder opmærksomme på et skred og senere, i juni 2023, på et ustabil område i Vaigat. Derudover blev myndighederne og Arktisk Kommando gjort opmærksom på et fjeldskred samt en tsunami i Nordøstgrønland i september 2023. GEUS har arbejdet videre med sidstnævnte hændelse i et internationalt forskningsspor. Derudover er der formidlet via videnskabelige artikler, se nedenfor.
- Oprustning på instrument- og bemandingssiden inden for seismologiske overvågningsopgaver som direkte følge af sprængningerne af gasledningerne i Østersøen i efteråret 2022.
 - Der er indkøbt instrumenter til modernisering af overvågningsopgaverne. Der er aftalt ansættelse af ny medarbejder til den seismologiske gruppe i slutningen af 2023, med ansættelsesstart i foråret 2024. Desuden er der opslået et professorat i seismologi i GEUS.
- Publicering af videnskabelige artikler i samarbejde med forskningspartnere i udlandet om arbejdet udført under fjeldskredsprojektet.
 - En artikel om gigantiske holocæne fjeldskred i Vaigatområdet er blevet publiceret. En artikel om kæmpetsunamier er i åbent review (accepteret i januar 2024). En artikel om klimaændrings potentielle effekt i forhold til danske kystnære skred (foreløbig i Vejleområdet) er ligeledes i åbent review.
- Indsamling og bearbejdning af data fra seismiske stationer i Danmark og Grønland samt deltagelse i internationale programmer om bedre udnyttelse af den seismologiske infrastruktur.

- Data er indsamlet og bearbejdet som planlagt. GEUS har deltaget i en række nordiske og internationale konferencer for at udbrede og bekræfte brugen af den seismologiske infrastruktur.
- Screening for historiske og nylige landskred i Danmark med henblik på kortlægning og for at vurdere risikoen for øgede hyppigheder og omfang som følge klimaforandringer.
 - GEUS har via notater underrettet flere kommuner om risici for landskred. Kalundborg Kommune blev således underrettet om et nyopdaget skred ved Nostrup på Røsnæs. Stevns Kommune er blevet rådgivet i forbindelse med et skred ved Harvig på Stevns, og Vejle Kommune er blevet orienteret om artiklen nævnt ovenfor. Desuden er et Geocenter-projekt igangsat med forskning i sammenhængen mellem grundvandsstand, kystudvikling og skredaktivitet ved Kongstrupskreddet på Røsnæs.

Strategisk mål:

Vi vil videreudvikle GEUS' faglige viden om interaktionen mellem grundvand og naturtyper samt økosystemer i forhold til såvel kvantitet som kvalitet af grundvandet.

Perspektiv:

For at nå vores mål vil vi sammen med parter fra andre fagmiljøer søge at indgå i nye udviklingsprojekter og etablere nye forskningsprojekter. Mange af vores unikke naturtyper, økosystemer og habitatområder er afhængige af, at de modtager den rette mængde grundvand af høj kvalitet. Et detaljeret kendskab til samspillet mellem grundvand og naturtyper er derfor nødvendigt for at sikre deres eksistens. Gennem detaljerede feltstudier vil vi forbedre vores viden om samspillet mellem grundvand og vandløb, søer, moser, fjord samt hav. Dette arbejde vil indeholde en karakterisering af såvel rumlige som tidlige variationer i hydrogeologiske forhold, vandmængder samt grundvandskvalitet. Med modelstudier vil vi desuden søge en bedre forståelse af de enkelte processer og deres samspil, samt udbrede viden til områder uden detaljerede målinger.

Emner for nye forskningsprojekter kan være synergi ved forskellige naturbaserede løsninger, hvor biodiversitet/artsrigdom indgår, fx grundvandsfødte vandløb i byer eller reetablering af naturlige vandløb.

Aktiviteter i 2023:

- Gennemførelse af analyser af sammenhænge mellem grundvandsmagasiner og søer med højt fosforindhold. Desuden vurderes udvekslingen mellem dybereliggende grundvand og søerne.
 - Projektet er afsluttet, og resultater fra et pilotområde på Fyn er under publicering i en videnskabelig artikel.
- Videreudvikling af metoder til kvantitativ og kemisk påvirkning af overfladevandsforekomster og grundvandsafhængige terrestriske økosystemer i forbindelse med Vandplan3-arbejdet.
 - Der er udarbejdet og afrapporteret en kategorisering af Vandplan3-søer på baggrund af geologiske og hydrologiske forhold (kontakt til grundvand) med særligt fokus på søer under 10 ha.
- Etablering af overvågning i den urørte skov i form af målinger af det terrænnære grundvandsspejl, klimavariabler og gennemdryp/interception til bestemmelse af vandbalancen og styrende hydrologi.
 - Det allerede etablerende overvågningsnetværk (klima, grundvand, fordampning, interception) tilses løbende, og data indsamles kontinuerligt. Målinger for stammeløb er tilføjet, og tre drivhusgas-målekampagner udført.
- Etablering af bedre forståelse af interceptionstab fra lav vegetation for at opnå bedre estimer af grundvandsdannelsen som baseline for fremtidig skovrejsning.
 - Feltlokalitet er udpeget (Munkerup), feltkampagne gennemført, og måleudstyret afinstalleret. De indsamlede data (klimavariabler, gennemdryp/interception samt jordfugtighed) er under analyse, og en videnskabelig artikel er under udarbejdelse.

Strategisk mål:

Vi vil bidrage til en bedre forståelse af de effekter som påvirker biosfæren igennem udforskning af Jordens og livets forhistorie.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi forsøge at opnå finansiel støtte til en række projekter, som baseret på vores nuværende viden og data, undersøger tidligere tiders klimaforandringer, deres årsager, påvirkning af livet på Jorden etc. Forskning vedrørende ekstreme og pludselige klimaskift i fortiden illustrerer konsekvenser for miljø og liv på kort og lang sigt, inkl. reorganisering af økosystemer samt masseuddøen. Mange af disse konsekvenser, fx forsuring af havet, havbundsød, uddøen af koralrev, havstigning, intensivning af orkansystemer, ørkenudbredelse, habitatbegrænsninger, etc. er registreret de seneste årtier og antyder, at vi er midt i en vedvarende masseuddøen. *Deep-time* perspektivet giver muligheder for at studere opstart, forløb og efterspil af klimaændringer og masseuddøen, og kan derfor styrke klimamodeller samt vurderinger af konsekvenser af de igangværende klimaændringer, og kan dermed lede til kvalificeret rådgivning om konsekvenser.

Aktiviteter i 2023:

- Deltagelse i fælles platform, *European Research Infrastructure for Heritage Science* (E-RIHS), i samarbejde med bl.a. GLOBE til udveksling af viden og faciliteter inden for dette forskningsområde. Platformen kan anvendes som afsæt for nye forskningsansøgninger inden for geoarkæologi og palæoklima.
 - Der er indsendt flere ansøgninger vedr. finansiering til fælles (laboratorie-)aktiviteter mellem GLOBE og GEUS i regi af allerede eksisterende samarbejde med fælles laboratoriefaciliteter hos GEUS. Der er desuden indkøbt nyt laboratorieudstyr, som er under afprøvning. Disse nye faciliteter forventes at øge mulighederne for at opnå bevillinger.
- Belysning af Grønlands glacielle og palæoklimatiske historie gennem de sidste 10–15 millioner år på basis af eksisterende sedimentkerner og materiale fra bunden af iskerner, samt ved aktiv deltagelse i internationale togt-programmer, herunder planlægning af ekspedition 400; *"NW Greenland Glaciated Margin"* i regi af *International Ocean Discovery Program* (IODP).
 - Togtet blev gennemført i august-oktober, og data og materiale blev indsamlet som planlagt, bl.a. 2.300 m kernemateriale, der vil danne grundlag for international forskning. Analyser af indsamlet materiale sker i 2024, hvor der også vil blive udgivet flere rapporter vedr. togtet. En række ansøgninger til danske og udenlandske forskningsfonde er under behandling med henblik på at udvide forskningen og dermed udbyttet af togtet.

Øvrige aktiviteter:

Fortsættelse af Kontinentalsokkelprojektet med henblik på at vedligeholde og optimere Kongerigets krav på kontinentalsoklen udover 200 sømil gennem indsamling og processering af nye data og publicering af forskningsresultater.

- GEUS deltog i foråret i en fælles workshop med de arktiske kyststater, Rusland undtaget, hvor de kommende års initiativer blev drøftet. Derudover har der ikke været aktiviteter.

Fortsat arbejde med at vurdere mulighederne for etablering af et geologisk slutdepot for Danmarks radioaktive affald.

- Første fase af det geologiske projekt blev afsluttet i løbet af 2022. Det afventes nu, at Uddannelses- og Forskningsministeriet (UFM) etablerer en proces for dialog med kommuner, så der kan udvælges to lokaliteter til videregående geologiske undersøgelser. GEUS er i løbende dialog med både UFM og Dansk Dekommissionering (DD) om dette, ligesom muligheder for andet samarbejde diskuteres med DD. GEUS indgår sammen med DD i et projekt under Det Internationale Atomenergiagentur (IAEA) vedrørende deponering i dybe borehuller, hvor GEUS vil vurdere resultaterne af projektet i en dansk geologisk kontekst.

Undersøgelse af fordele og ulemper ved ild som omkostningseffektiv naturpleje.

- Projektets data er bearbejdet med henblik på afrapportering og indsendelse af en videnskabelig artikel i foråret 2024. Der er afholdt et seminar i oktober med præsentation af resultater.

Indsamling og bearbejdning af historiske og recente data fra Draved Skov fra 1948 og frem, bl.a. med henblik på analyse af jordbunds- og vegetationsforandrings signalværdi til brug for klimatilpasning.

- Et projekt, der udføres i samarbejde med Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning ved Københavns Universitet, er igangsat med etablering af kvadratnet og indsamling af floradata. Data er under bearbejdning, og genmåling er udført i 2023 og fortsættes i 2024.

Fortsat arbejde med kvantificering af CO₂ udledning fra naturen gennem udvaskning af nitrat fra brug af gødning på marker og transport og frigivelse af CO₂ og NO₂ via nitratholdigt grundvand.

- Et Geocenter-projekt om dette emne forventes afsluttet i løbet af 2024. Projektet er lettere forsinket grundet udfordringer med analyser hos en samarbejdspartner. Derudover er der sammen med samarbejdspartnere opnået finansiering til to forskningsprojekter under Bedriftsudledningsprogrammet hos Landbrugsstyrelsen. Projekterne omhandler hhv. optimale kalkningsniveauer med henblik på at minimere lattergasemission og CO₂-udledning fra jorden og tab af organiske N-forbindelser fra forskellige jordtyper og dyrkningssystemer med fokus på organiske kvælstofkilder.

Vores vand

Strategisk mål:

Vi vil øge vores tværfaglige procesforståelse af vand- og stofkredsløbet for at understøtte stigende fokus på bæredygtig vandressourceforvaltning.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi etablere nye tværfaglige forskningsprojekter for herigennem at understøtte de krav, der stilles til en moderne vandressourceforvaltning – jf. fx Nitrat-, Grundvands- og Vandramme-direktiverne. Det tilstræbes i videst muligt omfang, at projekterne har en tværfaglig dimension, hvor det sikres, at GEUS' ekspertise om geologi, hydrogeologi, grundvandskemi og om stoffers skæbne i vandmiljøet bringes i spil. Dette skal ske sammen med samarbejdspartneres kompetencer inden for fx kunstig intelligens og anvende dette til optimeret forvaltning og vurdering af effekter på sundhed og miljø.

Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider (VAP) fortsættes med et udbygget analyseprogram. Desuden vil vi fortsætte med at modernisere GEUS' del af grundvandsovervågningen, der udgør en integreret del af den samlede naturovervågning i Danmark.

Endelig vil vi fortsætte med at understøtte den gebyrfinansierede grundvandskortlægning med relevante aktiviteter som fx. beskrivelser af det faglige grundlag for opgaven, ad-hoc ekspertstøtte, review af resultater mv. samt bidrage med input til behov og varetagelse af opgaven på længere sigt.

Aktiviteter i 2023:

- Fortsat drift af mindst fem VAP-marker. Prøvetagningsstrategien revurderes i 2023 med henblik på en endnu bedre understøttelse af Miljøstyrelsens behov, og der arbejdes – med afsæt i VAP-markerne – på at undersøge muligheder for optimering og forbedring af de numeriske modeller, der i dag anvendes i forbindelse med regulering af pesticider.
 - I et forskningsprojekt under Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelpulje arbejdes med optimering af de numeriske modeller. Prøvetagningsstrategien er i samarbejde med Miljøstyrelsen blevet revurderet under hensyntagen til både den økonomiske ramme og Miljøstyrelsens behov for data til regulering.
- Fortsat modernisering af dataudtræk til afrapportering af grundvandsovervågningen (GRUMO).
 - Der arbejdes fortsat med at modernisere dataudtrækket, herunder i øget grad at programmere og dokumentere processer i forbindelse med dataudtræk. Derudover er der i regi af Miljøstyrelsens fagkoordinationsgruppe lagt et stort arbejde i at dokumentere anvendeligheden af de indtag, der indgår i stationsnettet.
- Fortsat assistance til Miljøstyrelsens grundvandskortlægning med fokus på bl.a. kortlægning af begravede dale, bidrag til opdatering af vejledninger og løbende rådgivning i forbindelse med grundvandskortlægninger.
 - Arbejdet med denne opgave foregår løbende, dog med nedskaleret aktivitet efter aftale med Miljøstyrelsen.
- Anvendelse og videreudvikling af det faglige udbytte fra tilstandsvurderingerne af grundvandsforekomster i nye projektsammenhænge fx for pesticider og formidling af væsentligste resultater både nationalt og internationalt.
 - [GEUS' vandressourceopgørelse](#) for Miljøstyrelsen er formidlet på en række platforme. Derudover er et nyt projekt startet i regi af Bæredygtig Vandforsyning, hvor der arbejdes med repræsentationen af ådale i de hydrogeologiske modeller, der anvendes af regioner og kommuner. Projektet er direkte afledt af arbejdet med vandplaner.

- Fortsat arbejde med begrebet 'pesticidsårbarhed' i forhold til grundvand, bl.a. gennem videreudvikling af viden fra projekter om tilstandsvurdering af grundvandsforekomster i forhold til pesticidindhold samt i forbindelse med konkret anvendelse til kommuners tilstandsvurderinger.
 - Fase 2 i regi af Vandplansarbejdet, hvor der udvikles konceptuelle modeller for pesticidudvaskning til grundvandet, er gennemført og bliver afrapporteret i 2024.
- Fortsat udbygning af monitoringssystem for indholdet af de stabile isotoper ^{18}O og ^2H i nedbør og grundvand.
 - Der er nu etableret 11 målestationer, hvor der indsamles prøver af nedbør, og der indsamles desuden prøver via Miljøstyrelsen fra de GRUMO-boringer, der i øvrigt prøvetages i år. Monitoringssystemet udbygges fortsat.
- Fortsat udvikling af cirkulære vandteknologier, fx i forbindelse med genvinding af råstoffer fra vandrensning samt i relation til MAR-løsninger (*managed aquifer recharge*).
 - Der arbejdes videre med det igangværende MAR-projekt i Sydafrika samt med MAR-elementer i de strategiske sektorsamarbejder med Miljøstyrelsen i Indien og Kina. Derudover er der skabt finansiering til et MAR-projekt i regi af et stort EU-støttet vandpartnerskab. Desuden gennemføres projekter om udnyttelse af arsen fra vandværkslam, som i 2023 er suppleret med projekter omkring cirkulær udnyttelse af antimon og bly fra forskellige affaldsprodukter.
- Indsendelse af mindst to nye projektansøgninger med tværfagligt indhold og fokus på forståelse af forskellige stoffers skæbne i jord- og vandmiljø.
 - Der er indsendt en ansøgning til Innovationsfonden om grundvandsbeskyttelse i samarbejde med en lang række partnere, herunder SkyTEM, Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. Derudover er der indsendt nye ansøgninger til bl.a. Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelprogram og til et stort EU-støttet vandpartnerskab.

Strategisk mål:

Vi vil videreudvikle Den Nationale Vandressource Model målrettet nye forvaltningsbehov, hvor kvalitet og kvantitet af grundvand og overfladevand skal forvaltes integreret.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi videreudvikle den Nationale Vandressource Model (DK-modellen) i forhold til den terrænnære hydrologi, hvor øgede nedbørsmængder har skabt nye forvaltningsbehov. Modelresultater vil blive stillet til rådighed for forvaltningen.

Vi vil undersøge muligheden for et nyt projekt til en løbende opdatering af modellen med nye hydro-stratigrafiske modeller udviklet for/af Miljøstyrelsen. Vi vil generelt arbejde for en stadig forbedring af det hydrogeologiske grundlag for modellen for at sikre, at den nationale forvaltning baseret på den Nationale Vandressource Model inkluderer seneste viden. Vi vil også afdække mulighederne for, at modellen kan videreudvikles og bidrage til en optimal udpegning af områder, der har størst potentiale med henblik på beskyttelse af overflade- og grundvandskvalitet.

Vi vil søge at etablere forskningsprojekter med bl.a. nationale styrelser, der kan give os ny faglig viden og sikre, at modellens videreudvikling sker målrettet nye behov i forvaltningen. Eksempler herpå er bedre regionalisering af modellen, der vil sikre mere robuste og rumligt konsistente beregninger på tværs af landet, samt forbedret beskrivelse af skiftende arealanvendelse, der understøtter forvaltningens behov for at se på scenarier af og kende effekter af ændret arealanvendelse.

Aktiviteter i 2023:

- Videreudvikling af DK-modellen til varslingsformål i forbindelse med oversvømmelse.
 - Der er udviklet en første version af en hybridmodel for vandløbsafstrømning for alle ID15-oplande* i Danmark.
- Videreudvikling af DK-modellen til en realtidsmodel til brug for klimatilpasning.
 - Der er afholdt workshops med SDFI og en lang række af eksterne brugere for at afdække ønsker for realtidsprodukter på HIP-plattformen. Der er udviklet hydrologiske indekser for vandindhold i rodzonen, vandløbsafstrømning samt terrænnært og dybere grundvand.
- Forbedret beskrivelsen af drænstrømning i DK-modellen for dyrkede arealer i lerede områder til brug for bl.a. beregning af nitrattransport.
 - Der er udarbejdet et nationalt kort over drænstrømning i høj opløsning vha. *machine learning*. Kortet er anvendt til en kalibrering af DK-modellen med fokus på netop drænastrømning.

* Hydrologiske oplande med en gennemsnitlig størrelse på 1.500 ha.

Strategisk mål:

Vi vil bidrage til udvikling af det faglige grundlag for en målrettet og differentieret regulering og indsats rettet mod en reduktion af næringsstoffabet fra landbruget.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi arbejde på en bedre forståelse og kvantificering af de rumlige og tidslige variationer af denitrifikation af nitrat under såvel den terrænnære transport, fra rodzone til hhv. dræn eller dybereliggende grundvand, i grundvandsmagasinerne samt i ånære lavbundsområder. En målrettet differentieret regulering kræver detaljeret viden om kvælstofs transportveje samt omsætning hele vejen fra markfladen og til grundvandsmagasiner samt overfladevandsrecipienter. I de øvre jordlag kan nitratomsætningen variere tidsligt, bl.a. afhængigt af jordens vandindhold. Vi vil derfor arbejde på en bedre forståelse af de tidslige variationer i nitratomsætningen. Denne viden vil vi øge gennem forskningsprojekter til karakterisering af redox-forhold, kvantificering af drænstrømning baseret på felt- og modelstudier samt udvikling af kortlægnings- og vurderingskoncepter for nitratsårbarhed.

Vi vil desuden fortsat søge at etablere forskningsprojekter, der kan øge det faglige grundlag for en differentieret regulering, herunder projekter der styrker vores viden inden for karakterisering og modellering af geologiske heterogenitet, stokastisk modellering samt kvantificering af transport og omsætning af nitrat under fremtidige klimaforhold.

Aktiviteter i 2023:

- Forbedring af den nationale kvælstofretentionskortlægning til ny reguleringsmodel af landbruget i et flerårigt projekt for Miljø- og Landbrugsstyrelsen. Arbejdet udføres i samarbejdet med Aarhus Universitet. I 2023 vil der være fokus på udvikling af koncept for stokastisk modellering af hydrostratigrafi og redoxforhold, herunder nitratomsætningsrater. Der vil desuden blive udført detaljeret kortlægning i undersøgelsesområder med kalkmagasiner for at øge vidensgrundlaget.
 - Der er indsamlet feltdata, som efterfølgende er analyseret. Analyseresultater har sammen med sedimentfarver og grundvandskemi dannet basis for udvikling af en ny geokemisk model for grundvand. Den stokastiske simulering af de hydrostratigrafiske forhold er gennemført, og der er udviklet et koncept for afvikling af stokastiske strømningsberegninger.

Strategisk mål:

Vi vil sikre yderligere viden om forekomsten af miljøfremmede stoffer i dansk grundvand samt øge forståelsen af de geologiske, hydrogeologiske, mikrobiologiske og miljøkemiske processer, der betinger stoffernes forekomst.

Perspektiv:

For at nå målet har vi etableret et forsøgslaboratorium med mulighed for at udføre *High Resolution Mass Spectrometry* (HRMS) analyse af vandprøver med relativt lavt indhold af miljøfremmede stoffer. Analysefaciliteten vil blive demonstreret i forskellige forskningsprojekter. Vi vil også arbejde for, at metoden på sigt bliver en naturlig del af den generelle grundvandsovervågning (GRUMO), der administreres af Miljøstyrelsen, bl.a. ved at søge om samarbejdsprojekter med styrelsen, hvor udvikling af metoden indgår som et centralt element.

Udover nye initiativer vil vi videreføre nuværende aktiviteter i eksisterende forskningsprojekter, herunder forsøge at udbygge allerede eksisterende internationalt samarbejde. Endelig vil vi fortsætte med at udbygge vores samarbejde med det miljømedicinske forskningsmiljø omkring positive og negative sundhedseffekter af varierende grundvandskvalitet i vandforsyningen og sammenhængen med de lokale geologiske forhold, herunder videreføre nuværende samarbejde i nationale og internationale forskningsprojekter.

Aktiviteter i 2023:

- Fortsat test af den nyetablerede HRMS-facilitet på vandprøver fra VAP-marker.
 - Der udføres løbende test af vandprøver på den nyetablerede facilitet, herunder også vandprøver fra VAP-markerne. Derudover planlægges der analyse af sedimentprøver i 2024 med henblik på at skabe et større overblik over tidligere anvendte pesticidstoffer, der findes bundet i overjorden på VAP-markerne.
- Videreudvikling af standardiserede analyseprotokoller for HRMS-baserede analysemetoder med henblik på tilgængeliggørelse af en kvalitetssikret og valideret metode for alle aktører i grundvand–drikkevand værdikæden.
 - Der er hjemtaget to forskningsprojekter fra henholdsvis MUDP og Innovationsfonden, hvor der målrettet arbejdes med etablering af standardiserede analyseprotokoller, som skal kunne danne grundlag for en kommercialisering af metoden. Der er nu oprettet et katalog over stoffer, der kan sammenlignes med analyseresultater (et såkaldt *suspect-bibliotek*) med mere end 1.000 emner. Derudover arbejdes der på at kvalificere de bedst mulige oprensningemetoder til analyserne samt med en række andre aspekter i relation til den nye type analyseresultater såsom prioritering, regulering og data-håndtering. Arbejdet foregår i samarbejde med en lang række interessenter, herunder Miljøstyrelsen, Danske Regioner og en række større vandselskaber.
- Fortsat dialog med Miljøstyrelsen om fælles ansøgninger og perspektiver ved anvendelse af HRMS-faciliteten i grundvandsovervågningsprogrammet.
 - Miljøstyrelsen indgår som central partner i det ene af de to ovennævnte projekter om standardisering. Derudover diskuteres løbende andre muligheder, hvor GEUS kan bidrage med ekspertise. GEUS har således bidraget med et overblik over metoden i forbindelse med Miljøstyrelsens 'Pilotprojekt Fyn' vedrørende udpegning af områder, der skal prioriteres til grundvandsbeskyttelse.
- Opstart af projekt om spredning af miljøfremmede stoffer til vandmiljøet – herunder grundvand – fra urbane miljøer i forbindelse med etablering af klimaløsninger. I projektet anvendes den etablerede HRMS-facilitet.

- Projektet er igangsat, men feltarbejdet blev lettere forsinket på grund af de ekstreme klimavariationer i foråret. En række feltmålinger og analyser er dog, og projektet fortsætter i 2024.
- Udarbejdelse af mindst én større ansøgning inden for grundvandsområdet hvori HRMS-analysefaciliteten indgår.
 - En ansøgning til et stort EU-støttet vandnetværk om MAR i europæisk sammenhæng med flere internationale partnere har opnået finansiering. HRMS-faciliteten indgår, og der er planlagt samarbejde med en af de førende internationale forskere inden for området ved EAWAG i Schweiz.
- Fortsat arbejde med triazol-svampemidlernes selektion for resistens i potentielt patogene svampe.
 - Et projekt om dette emne er afsluttet, og den faglige rapport er afleveret til Miljøstyrelsen. Styrelsens publicering af rapporten afventes.
- Publicering af væsentlige resultater fra de seneste års pesticid- og biocidforskning, herunder resultater fra undersøgelse af udvaskning fra anvendelse af triazol-svampemidler i landbruget, udvaskning fra biocidanvendelse i maling og træbeskyttelse samt udvaskning fra anvendelse af lovlige plantebeskyttelsesmidler.
 - Der er publiceret tre videnskabelige artikler baseret på disse studier, og flere andre er under udarbejdelse. Desuden har GEUS bidraget med to rapporter, udgivet under Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelprogram, der dokumenterer den udførte forskning, og resultaterne har også været anvendt i en række populærvidenskabelige sammenhænge.
- Generel vidensopbygning om "nye" forureningsstoffer, fx PFAS-gruppen (perfluoroalkylstoffer), med henblik på at vurdere mulige fremtidige forureningstrusler for grundvandet.
 - En seniorforsker har i GRUMO-regi opdateret sin viden inden for området og har bl.a. deltaget i formidling om PFAS i vandmiljøet, både i pressen og i diverse populærvidenskabelige magasiner. Derudover er der indsendt ansøgning til DFF specifikt med dette formål.
- Videre samarbejde med Miljøstyrelsen omkring konceptuelle modeller for tilstandsvurdering af grundvandsforekomster.
 - GEUS har i løbet af 2023 deltaget i flere projekter, hvor der samarbejdes med Miljøstyrelsen om fagligt input til vandplansarbejdet.
- Bidrag til kvalitetssikrede drikkevandsdata til epidemiologiske undersøgelser af mulige sammenhænge mellem drikkevandskvalitet og sundhed med fokus på bl.a. nitrat, pesticider og sporstoffer.
 - GEUS deltager i et DFF-projekt ved Aarhus Universitet med fokus på arsen, sundhed og drikkevand.

Øvrige aktiviteter:

Udvikling af metoder til kvantificering af vandingsmængder via satellitdata for at analysere sammenspillet mellem vanding af afgrøder i landbruget og grundvandsressourcer. Feltlokaliteterne er oplandene til Indus og Ganges.

- De nye metoder er afprøvet i oplandene til Indus og Ganges, og en videnskabelig artikel med resultaterne er udgivet. Der er udpeget en ny lokalitet i Spanien med henblik på at sammenligne metoder. Resultater herfra er accepteret af et videnskabeligt tidsskrift. En tredje artikel, der anvender *machine learning* som opskaleringsmetode med globalt potentiale, er sendt til *review* hos et videnskabeligt tidsskrift. Tilknyttet ph.d.-afhandling er næsten afsluttet og forventes afleveret i januar 2024.

Fortsat udvikling af samarbejdet med Miljøstyrelsen omkring strategiske sektorsamarbejder inden for vand i udlandet, herunder det nuværende samarbejde i Indien samt nye aktiviteter i andre af Miljøstyrelsens fokuslande.

- Ud over projektet i Indien er der etableret et sektorsamarbejde i Kina med deltagelse fra GEUS' side. Derudover afsøges det, om GEUS kan deltage i sektorsamarbejde i Kenya.

Strategisk mål:

Vi vil understøtte den grønne omstilling og bidrage til målet om en 70% reduktion af CO₂-udledningen i 2030 med ny viden om mulighederne for lagring af drivhusgassen CO₂.

Perspektiv:

For at nå målet vil GEUS udføre forskningsaktiviteter med henblik på at vurdere mulighederne inden for fangst, lagring og anvendelse af CO₂ for at bidrage til, at Danmark kan nå regeringens mål om 70% reduktion i udledningen af CO₂ i 2030. Forskningsaktiviteterne skal bidrage til, at det geologisk-tekniske grundlag er til stede for effektiv og sikker deponering (permanent) og lagring (midlertidig) af CO₂.

Desuden skal aktiviteterne bidrage til, at aktører i Danmark kan udarbejde og indsende en veldokumenteret ansøgning til EU's Innovation Fund om massiv støtte til etablering af CCS-anlæg i Danmark. Tidligere gennemførte kortlægningsprojekter har påvist en række velegnede strukturer i den danske undergrund, som forventes at kunne tilfredsstille EU's CCS-direktiv og Undergrundsloven. Forskningsindsatsen skal bidrage til at modne udvalgte strukturer og magasiner samt hæve det geologisk-tekniske niveau.

Aktiviteter i 2023:

- Fortsat indsamling af seismiske data over fem udvalgte strukturer med henblik på at modne potentialet for fremtidig etablering af CO₂-lagre. Dataindsamlingen sker i regi af midler bevilliget fra Forskningsreserven og i samarbejde med Uppsala Universitet, Aarhus Universitet samt Københavns Universitet.
 - Dataindsamling ved Havnsø (2022), over Gassumformationen i Østjylland, ved Rødby, i Jammerbugten samt ved Thorning er afsluttet. Resultaterne er foreløbigt afrapporteret til følgegruppen omkring CCS samt til Energistyrelsen og KEFM.
- Fortsat etablering og udvikling af partnerskabet INNO-CCUS, bevilliget af Innovationsfonden. Partnerskabet består af aktører fra industri, GTS, myndigheder samt universiteter og har til formål at levere målrettet forskning til acceleration af CO₂-fangst og lagringsteknologier som konkret virkemiddel til at nå 2030- og 2050-målsætningerne. GEUS har en plads i bestyrelsen i perioden 2022-2025.
 - GEUS har deltaget i to ansøgninger om hhv. vurdering af seglet over kalkfelter i Central-graven samt om ny forskning om DAS*-teknologi for at monitorere mulig mikro-seismisitet i forbindelse med lagring af CO₂. Begge blev desværre afvist, men der er efterfølgende indledt forhandlinger med privat aktør vedr. aktiviteter forbundet med DAS-teknologi og monitoring. Der vil blive ansat en postdoc til gennemførelse af disse opgaver i 2024. Desuden er begge idéer genbrugt i ansøgninger til andre fonde.
- EUDP-projekt om *de-risking* og modning af et udtjent oliefelt i Nordsøen fortsættes i 2023, hvor der vil blive arbejdet med cyklisk injektion. Arbejdet sigter mod at skabe mulighed for lagring af CO₂ fra 2025/2026.
 - Projektet er afsluttet og afrapporteret. Der kan dog stadig forventes udgivelse af videnskabelige artikler fra projektet.
- Deltagelse i *Advisory Board* for et andet stort EUDP-støttet projekt, hvor CO₂-lagrings-potentialet af et udtjent gasfelt analyseres. Desuden vurderes mulighederne for at genbruge eksisterende infrastruktur fra olie/gas.
 - GEUS har deltaget i to Advisory Board-møder.
- Fortsat arbejde med projekter, hvor der udvikles teknologiske løsninger til understøttelse af geologisk lagring af CO₂.

- Der arbejdes videre med dette emne i flere projekter, bl.a. i et EU-projekt med fokus på at udvikle og optimere metoder, kompetencer og udstyr til analyse og simulering relateret til *Carbon Capture, Utilisation, and Storage* (CCUS).
- Løbende afholdelse af workshops for interesserede internationale lagringsoperatører om mulighederne for CCUS-industrien i Danmark. GEUS' arbejde med kortlægning af undergrundens potentiale for CO₂-lagring vil blive præsenteret og viderebearbejdet.
 - Der er afholdt to møder (april og november) for følgegruppen. Derover er der afholdt flere møder og workshops, og der er produceret flere studie- og informationspakker til interesserede aktører. På GEUS' hjemmeside er der fulgt op med [lister om muligheder](#) for yderligere informationer.
- Samarbejde med myndighederne om rammerne for licensrunder og licenstildelinger til CO₂-lagring.
 - GEUS bidrager løbende efter behov på en række konkrete områder i forhold til krav og ønsker til de kommende udbudsrunder.
- Fortsat bistand med teknisk rådgivning og reservoirstudier samt laboratorieforsøg til modning af et pilotlager for CO₂ i Stenlille for *Gas Storage Denmark*.
 - Der udføres laboratorieforsøg på kerner fra Gassumformationen, optaget ved Stenlille, med henblik på at etablere relative permeabilitetsfunktioner som input til reservoirstudier, der igen skal gøre det muligt at vurdere samt optimere lagringskapaciteten for CO₂. Resultaterne er implementeret i reservoirmodellen for området.
- Indsendelse af projektforslag til EUDP, der skal udvikle eksisterende seismisk teknologi specifikt til monitorering af CO₂-plumens udbredelse i reservoiret over tid (4D inversion).
 - Denne aktivitet er umiddelbart opgivet, da målet har ændret sig og andre samarbejder mellem GEUS og den private aktør har vist sig mere interessante. Sammen med Teknologisk Institut arbejdes der dog på en EUDP-ansøgning til indsendelse i marts 2024 omkring klargøring af testsite til monitorering i forbindelse med lagring (atmosfærisk monitorering, grundvandsmonitorering og monitorering af seismisitet) ved hjælp af DAS-kabler.
- Afsøgning af mulighederne for finansiel støtte til igangsættelse af aktiviteter, der kan belyse lagringspotentialer i kalkgruppen, både i udtjente olie-gas felter og i vandbærende kalkstrukturer.
 - I et projekt, netop hjemtaget fra partnerskabet INNO-CCUS, arbejdes der med *de-risking* i forbindelse med CO₂-lagring i kalkreservoir. En ph.d.-studerende, som skal udvikle en generel model for kalkstrukturer, startede i efteråret.
- Igangsættelse af et omfattende laboratorie- og studieprogram under forudsætning af bevilling fra EUDP. Arbejdet beror på udkommet af to indsendte ansøgninger om opbygning af CO₂-lagring i strukturer på land eller i saline akviferer i Nordsøen.
 - Der blev desværre ikke opnået bevilling fra EUDP, men laboratorie- og studieaktiviteter udføres i stedet, bl.a. i regi af et netop hjemtaget projekt, også fra partnerskabet INNO-CCUS, hvor der udføres eksperimentelle studier og modelleringer af udbredelse af CO₂ efter lagring i sandstensreservoir.
- Fortsat afsøgning af mulighederne for finansiering af projekt inden for biochar-branchen med fokus på karakteristik af forskellige former for organisk materiale før og efter pyrolyse, og dets potentiale for at binde CO₂ permanent.
 - Der er opnået en bevilling fra partnerskabet INNO-CCUS til et projekt om biochar som potentiel permanent CO₂-lagring. Projektet bliver igangsat i starten af 2024.

*DAS: Distributed Acoustic Sensing

Strategisk mål:

Vi vil understøtte den grønne omstilling med ny viden om undergrundens muligheder inden for geotermi samt for energilagring i form af varme, brint og andre brændstoffer.

Perspektiv:

Inden for overfladenær geotermi, grund og dyb varmelagring, fjernkøling og dyb geotermi (0,8–3 km) vil vi søge at etablere nye nationale og internationale forskningsprojekter, hvor GEUS kan bidrage med viden om geologiske og hydrogeologiske forhold om udnyttelse af grøn energi i undergrunden. Herudover vil vi fortsætte aktiviteterne i eksisterende forskningsprojekter omkring varmelagring og overfladenære geotermiske løsninger i byområder.

Vi vil forsøge at opnå støtte til at opdele undergrunden i geoprovinser, udvikle definition af geotermiske prospekter samt kortlægge og rangordne disse med henblik på, at de bedste prospekter testes først. GEUS' WebGIS-geotermi portal opdateres med geoprovinser, prospekter, nye data og viden i den udstrækning, finansiel støtte til aktiviteten opnås.

Inden for lagring af varme vil GEUS forsøge at opnå forskningsstøtte til vurdering af mulighederne for at kombinere dyb geotermi med sæsonlagring af procesvarme fra industri etc.

GEUS vil søge at opnå forskningsstøtte til vurdering og analyse af undergrundens reservoirers egenskaber og respons på lagring af forskellige energiformer såsom varmt vand, brint, metan, syntetiske brændsler og elektrofuels.

Aktiviteter i 2023:

- Deltagelse i et EU-finansieret twinning-projekt om både dyb og overfladenær geotermi samt kritiske råstoffer (fosforit og vanadium). Partnere er de geologiske undersøgelser fra henholdsvis Estland, Finland og England samt Oulu Universitet.
 - Der er afholdt i alt fem kurser for geologer fra den estiske geologiske undersøgelse, bl.a. på Bornholm og Öland, om kernebeskrivelse og feltgeologi med fokus på palæozoisk geologi. Derudover er der afholdt kurser om mellem-dyb geotermi, om shallow geotermi og varmelagring samt om sedimentologi, sekvensstratigrafi og tolkning af geofysiske data. Disse kurser er afholdt i GEUS hhv. i København og Aarhus og har indeholdt besøg på feltlokaliteter, anlæg mv. Der arbejdes desuden på igangsætning af den estiske geologiske undersøgelses tolkning af borekerne mv. med henblik på ATES (Aquifer Thermal Energy Storage). Kursusaktiviteterne fortsætter i 2024, og der planlægges besøg i Estland fra GEUS' side.
- Udvikling af GIS-baserede værktøjer til strategisk energiplanlægning af den grønne omstilling i regi af et Geothermica-projekt med fokus på overfladenære geotermiske løsninger og 5. generations lavtemperatur fjernvarme og -køling.
 - Projektstart blev forsinket grundet administrative udfordringer for den amerikanske partner. Det lykkedes dog at få igangsat projektet i november måned og der er afholdt et projektmøde med bidrags- og forventningsafstemning, men udviklingsopgaver er kun netop startet.
- Opstart af nyt EUDP- og Geothermica-finansieret projekt om udvikling af kationfiltre til geotermianlæg, der har udfordringer med forskellige typer af korrosion og mineraludfældninger.
 - Projektet, der udføres i samarbejde med tyske og hollandske partnere, er igangsat, og der er gennemført en række forsøg med sorption af kobber og bly til naturlig og syntetisk zeolit.
- Deltagelse i det fortsatte samarbejde mellem de europæiske geologiske undersøgelser i det EU-støttede program 'Geological Service for Europe' – GSEU. På geotermiområdet deltager GEUS i

en arbejdsplan om 'Geothermal energy & underground storage inventory' med fokus på paneuropæiske opgørelser, karakteriseringer og viden om geotermiske energiresourcer samt om undergrundens kapaciteter til lagring af CO₂, sæsonlagring af overskudsvarme mm. Dette indebærer udarbejdelse af integrerede og harmoniserede europæiske databaser og ressourceatlas og har endvidere til formål at fremme viden, kompetencer og samarbejde.

- Der er i løbet af året afholdt en række møder med forventningsafstemning og planlægning samt koordinering af arbejdet, som derefter er sat i gang. Arbejdet fortsætter de kommende år, og i 2024 forventer GEUS at levere input til paneuropæiske kort og databaser med fokus på dyb geotermi og CO₂-lagring, i 2025 med fokus på overfladenær geotermi.
- Fortsat afsøgning af projekt- og finansieringsmuligheder inden for geotermi og lagring. Vi planlægger vidensdelende events i samarbejde med Energy Cluster Danmark, hvor vi kan markedsføre vores kompetencer og løsninger inden for dette.
 - Der er søgt midler hos bl.a. EUDP og i Horizon Europe, desværre uden succes, men ansøgningerne vil blive genanvendt i andre sammenhænge. Der har ikke været nævneværdige aktiviteter i forhold til Energy Cluster Denmark på grund af den usikre situation mht. geotermi i Danmark generelt.
- Udførelse af screenings- og modelleringsopgave for at modne brintlagring i saltkaverner i Danmark.
 - Der er udført en screening af mulige dybe, saline grundvandsmagasiner i nærheden af Ll. Thorup-saltkavernerne med henblik på lagring af stærk saltholdig brine i forbindelse med udskyldning af en kaverne, så denne potentielt kan anvendes til brintlagring. Studiet er udført for og rapporteret til Gas Storage Denmark. Der er desuden udført et lokalt studie på Lolland, også for Gas Storage Denmark, og resultaterne er foreløbigt afleveret. Der afventes en beslutning fra opdragsgiver om mulig yderligere dataindsamling og fortsættelse af studiet.

Strategisk mål:

Vi vil medvirke til Grønlands grønne mål ved at kortlægge potentialet for vandkraft, der forøges i takt med klimaforandringerne.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi fortsætte det tætte samarbejde med ASIAQ om kortlægningen af den tilgængelige vandressource for vandkraft i Grønland og fastholde dialogen med de grønlandske interessenter, specielt Naalakkersuisut (Departementer vedr. Energi og Forskning) og Nukissiorfiit (Grønlands Energiforsyning). Vi vil fortsat støtte eventuelle markedsføringsaktiviteter fra Naalakkersuisuts side for at tiltrække investeringer i industriel udnyttelse af vandkraft i Grønland.

Desuden vil vi arbejde på at nyttiggøre den omfattende dataindsamling, der sker i regi af vores glaciologiske overvågningsprogrammer og forskningsprojekter i forbindelse med vandkraftrelaterede projekter. Vi vil fortsat udnytte videnopbygning inden for glaciologiske metoder og numeriske modeller til at styrke myndighedsrådgivning og konsulentbistand inden for udnyttelsen af vandkraft i Grønland.

Aktiviteter i 2023:

- Forundersøgelser udføres i samarbejde med Asiaq for Nukissiorfiit i forbindelse med etablering og udbygning af vandkraft til byforsyning.
 - Der er gennemført en undersøgelse af den minimale fremtidige vandafstrømning fra et opland i forbindelse med udbygning af Buksefjordsværket.
- Deltagelse i Naalakkersuisuts markedsføring af vandressourcen til industrielle formål i Grønland.
 - Der er gennemført et projekt vedrørende variabiliteten af estimaterne for den fremtidige ressource ved to store vandkraftpotentialer i det sydvestlige Grønland. Projektet blev i samarbejde med Asiaq afleveret til Selvstyret i december.
- Fortsat opbygning af afstrømningsdataserier fra indlandsisen gennem overvågningsprogrammet PROMICE og *Greenland Integrated Observing System (GIOS)*.
 - Samarbejdet med Asiaq om oparbejdning af afstrømningstidsserie fra oplandet Tasersiaq fortsætter. I maj 2023 blev der installeret yderligere to hydrografiske stationer i Watsonfloden ved Kangerlussuaq, med tilhørende temperatur- og nedbørsmålere. Derudover er der installeret en GNSS-station til måling af vandstanden af en isdækket sø i flodens opland samt til brug som basestation i området.
- Deltagelse i *Arctic-HYCOS*, et delprogram under *World Hydrological Cycle Observing System (WHYCOS)*, der er et rammeprogram under *World Meteorological Organization (WMO)*. Programmets formål er at samle og dele hydrologiske data og informationer om den arktiske bassin for at understøtte klimaforskning mv. på den nordlige halvkugle.
 - GEUS har deltaget i et online-møde i regi af Arctic-HYCOS, hvor der var fokus på udfordringen ved situationen i Rusland og på mulighederne for opstart af nye, fælles aktiviteter under denne paraply.

Strategisk mål:

Vi vil tilvejebringe viden om mineralske råstoffer af relevans for den grønne omstilling.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi fortsætte vores arbejde med at forstå og opbygge kvantitativ og kvalitativ viden om materialestrømme, som er vigtige for den grønne omstilling. Der vil være fokus på materialer til vedvarende energikilder og -lagring samt elektrificering af transportmidler og særligt behovet for forsyning af mineralske råstoffer til disse teknologier i en dansk og europæisk sammenhæng. Arbejdet vil omfatte analyser og scenarie-modeller for efterspørgsel og forsyning for relevante råstoffer.

Vi vil øge og tilgængeliggøre vores viden om råstoffer i nationalt perspektiv, bl.a. gennem forskning i hvordan råstoffer kan udvindes på nye måder og fra ny kilder, samt gennem bedre forståelse af de geologiske miljøer, hvori de optræder og dermed bidrage til mere ressourceeffektiv råstofudnyttelse.

Sekundære råstoffer vil i fremtiden være en vigtig ressourcekilde for en mere bæredygtig udnyttelse af mineralske ressourcer. Det er derfor afgørende, at der skabes en bedre forståelse af det cirkulære materialekredsløb og mulighederne for optimering af ressourceudnyttelse identificeres.

Aktiviteter i 2023:

- Fortsat kortlægning af materialebehovet for accelereret grøn omstilling i dansk perspektiv med udgangspunkt i regeringens grønne handlingsplan.
 - MiMa har i samarbejde med aktører fra industrien og forskningsinstitutioner udarbejdet et dansk *policy brief* om batteriråstoffer og deres betydning for den grønne omstilling. *Brief* et '[Batterier giver mere strøm](#)' er udgivet af Dansk Center for Energi-lagring. Endelig er der igangsat en analyse af forsyningssikkerheden med hensyn til platingruppelementer, som er nøgleråstoffer i forbindelse med *Power-to-X*.
- Analyse af Danmarks afhængighed af mineralske råstoffer og materialer med fokus på grønne råstofteknologier. Analysen udarbejdes for Erhvervsministeriet/Erhvervsstyrelsen og KEMF.
 - MiMa har udgivet to rapporter for Erhvervsstyrelsen. Den ene indeholder en vurdering af, hvilke mineralske råstoffer der har størst betydning for dansk økonomi ('Dansk industris brug af mineralske råstoffer – økonomisk betydning og forsyningsudfordringer'). Den anden rapport leverer en dybdegående beskrivelse af forsyningskæderne for otte udvalgte råstoffer ('Dansk industris brug af mineralske råstoffer – beskrivelse af udvalgte forsyningskæder'). Begge [rapporter](#) kan findes på MiMas hjemmeside.
- Fortsættelse af samarbejdsprojekter med industrien om karakterisering og vurdering af metaller i slagger og flyveaske fra forbrændingsanlæg med henblik på ekstraktion af metaller og bedre nyttiggørelse af disse restprodukter.
 - Der er etableret et nyt samarbejdsprojekt med Amager Ressourcecenter (ARC), Roskilde Kraftvarmeværk (ARGO) samt Kredsløb i Aarhus om nyttiggørelse af flyveaske. Der er udtaget prøver på alle tre anlæg, analysearbejdet er i gang og forventes afleveret i første halvdel af 2024.
- Analyse af forsyningssikkerhed, globale geologiske ressourcer, herunder råstofpotentialet fra dybhavsmineralforekomster samt undersøgelse af værdikæder for batteriråstoffer og nøgleråstoffer til *Power-to-X*-teknologier.
 - MiMa har afsluttet et studie, der undersøger hele forsyningskæden for batteriråstofferne litium og kobolt. Arbejdet er publiceret som en MiMa-rapport ('[The cobalt and lithium global supply chains: status, risks and recommendations](#)'), og en videnskabelig artikel er under udarbejdelse. MiMa har desuden udarbejdet en rapport, hvor potentialet for kritiske råstoffer (CRM) i Grønland vurderes og beskrives ('[Review](#)

[of critical raw material resource potential in Greenland](#)). Der er endvidere publiceret en videnskabelig artikel, der belyser råstofpotentialet af CRM i Norden, herunder Grønland.

- Igangsættelse af pilotprojekt om sporbarhed i mineralske råstoffer ved brug af geokemisk 'fingeraftryk' med det formål at øge transparens og kendskab til råstoffernes oprindelse og hvor de blevet forarbejdet igennem hele værdikæden.
 - GEUS har, i samarbejde med de øvrige nordiske geologiske undersøgelser, igangsat metodeudvikling og analytisk arbejde af sjældne jordartsmetaller (REE) i mineraler, forarbejdede materialer mv. med henblik på at etablere en procedure for at kunne spore oprindelse fra mineralforekomst til slutprodukt. Projektet forløber planmæssigt, dataindsamling pågår og resultaterne ventes publiceret i 2024 i en rapport og i en videnskabelig artikel.
- Fortsættelse af en screening af de geologiske forhold i det danske havområde, igangsat i 2022 for Energistyrelsen, med henblik på mulighederne for etablering af havvind.
 - Der er i foråret indsamlet seismiske data i Nordsøen og *vibrocores* i både Nordsøen og indre danske farvande samt omkring Bornholm i efteråret. I den forbindelse er der beskrevet 160 kerner, og processering af multikanalseismik er startet. Desuden arbejdes der løbende med tolkning af data indsamlet i indre farvande i 2022.
- Konsolidering og fortsættelse af samarbejde med Energinet og Energistyrelsen om udvidelse af den marine råstofdatabase Marta til også at indeholde data fra undersøgelser for havvind.
 - GEUS var sammen med bl.a. Energistyrelsen medansøger på FFL24 'Initiativer til forbedring af lagring og udstilling af data', der havde til formål at ensrette procedurer for lagring, udstilling og tilgængelighed af geologiske, natur- og miljødata indsamlet fx i forbindelse med planlægning af havvindmølleparker. Forslaget gik desværre ikke igennem, men blev genindsendt til Havnaturfonden, desværre også uden succes. GEUS har indgået aftale med Energinet om at lagre og udstille data indsamlet i forbindelse med udviklingen af *offshore*-energi i Marta, indtil der findes finansiering til arbejdet. Idéen forventes bragt i spil igen i forbindelse med FFL25.
- Afrunding af et større undersøgelsesprogram for Energistyrelsen med henblik på identificering og reservation af sandressourcer til energiøer i Nordsøen. Eventuelle relevante opfølgende aktiviteter vil blive igangsat efter behov.
 - Undersøgelsesprogrammet og afrapporteringen er afsluttet, og der forventes ikke yderligere aktiviteter.
- Fortsættelse af projekter i Vietnam, hvor GEUS udfører marine undersøgelser og kortlægning af områder til placering af vindmøller, bl.a. et firårigt *DANIDA Fellowship Centre*-projekt om *de-risking* i forbindelse med etablering af havvindmølleparker, hvor nationale data integreres i en holistisk undersøgelse af samfundsmæssige, økonomiske og teknologiske faktorer.
 - Det femårige *DANIDA Fellowship Centre*-projekt blev bevilliget i foråret 2023, og der blev afholdt opstartsmøde med de danske partnere i oktober 2023 i København og med de vietnamesiske partnere i november 2023 i Hanoi. Det første projektmøde er planlagt til april 2024 i Hanoi.

Strategisk mål:

Vi vil, så længe der er behov for det, understøtte en stabil energiforsyning fra olie-gas i Danmark og Grønland.

Perspektiv:

GEUS vil i det omfang der er brug for det stille vores viden og kompetencer til rådighed for myndighederne i Danmark og Grønland omkring de geologiske forhold i undergrunden samt forbindelse med afvikling af tidligere oliefelter i Nordsøen.

Der vil være fokus på at opretholde den høje publikationsrate vedrørende større tektoniske modeller af Nordatlantens udvikling for at forstå klimaændrings vekselvirkning med strømningsmønstre ud fra de geologisk dokumenterede forhold.

Via vores store viden om Nordsøen og de grønlandske shelf-områder vil vi bidrage med viden om alternative udnyttelser af undergrunden, fx til CCS-lagring.

Aktiviteter i 2023:

- Deltagelse i større forskningscenteransøgninger med nordiske kolleger omkring den tektoniske udvikling af Nordatlanten.
 - Vores partnere ikke udvist interesse for at udarbejde ansøgninger om den tektoniske udvikling af Nordatlanten.

Øvrige aktiviteter:

GEUS indgår i nordisk samarbejdsprojekt om *Nordic Sustainable Minerals* i projekt finansieret af *Nordic Innovation* under Nordisk Ministerråd.

- GEUS deltager i projektet og bidrager til bl.a. sporbarhed af mineralske råstoffer samt genanvendelse af mineralske råstoffer. Arbejdet forløber planmæssigt og forventes afsluttet i løbet af sommeren 2024. Foreløbige resultater blev præsenteret ved en workshop hos Norges Geologiske Undersøgelse (NGU) i Trondheim i september og publiceres i 2024. Projektpartnerne forventer at fortsætte i et permanent netværk med henblik på at samarbejde og styrke forskning i og formidling om bæredygtig produktion af mineralske råstoffer i Norden.

GEUS deltager som nyt medlem, sammen med Departementet for Råstoffer og Justitsområdet ved Naalakkersuisut, i samarbejdet om råstofdatabasen *Nordic Ore Deposit Database* (NODD) omkring råstofpotentialet i Danmark og Grønland.

- I begyndelsen af året arrangerede og afholdt GEUS et møde for medlemmerne af NODD (NGU, Sveriges Geologiske Undersøgelse (SGU), Finlands Geologiske Undersøgelse (GTK), Departementet for Råstoffer og Justitsområdet ved Naalakkersuisut og GEUS). I forlængelse af mødet er der udarbejdet faktaark for råstofpotentialet i Norden og i Grønland for EU's liste over kritiske råstoffer. [Databasen](#) kan tilgås via internettet og er blevet udvidet med data fra grønlandske mineralforekomster. Der arbejdes på at udvide databasen med data for industrimineraler for danske og grønlandske forekomster med industrimineraler. Desuden planlægges det, at databasen også omfatter kortmateriale, som dækker Grønland og ikke kun Fennoskandinavien som nu.

Mineralske råstoffer til vækst

Strategisk mål:

Vi vil styrke datagrundlaget for mineralefterforskning i Grønland, udbygge den geologiske kortlægning samt tilgængeliggøre data og forskningsresultater om bl.a. dannelse af mineralerne.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi gøre den store samling af historiske data og viden tilgængelig for interessenter og egne forskere. Den omfattende mængde af prøver indsamlet i Grønland over et halvt århundrede suppleres med moderne analyser og levendegøres på Grønlandsportalen og gennem publikationer.

Gennem ny kortlægning vil vi indsamle og compilere geodata til at oparbejde og udvide den eksisterende viden om Grønlands geologi. Dette vil ske gennem oparbejdelse af geologiske viden og etablering af nye geologiske modeller for væsentlige geologiske miljøer med det vigtige mål at fortsætte publikationsrækken af 1:100.000 geologiske kort. Arbejdet udføres i samarbejde med Naalakkersuisoq for Råstoffer og Justitsområdet under Selvstyret. Hovedvægten vil være på områder i Nordøstgrønland hvor forskellige processer vides at have skabt muligheder for mineralisering af råstoffer, som er vigtige for den grønne omstilling. De fleste af råstofferne befinder sig på EU's liste over kritiske råstoffer og omfatter bl.a. tin, wolfram, antimon, tantal, niobium, litium og kobber.

Vi vil udvikle nye arbejdsmetoder, der effektiviserer og udvider dataindsamlingen – både under feltarbejde og det efterfølgende laboratoriearbejde, bl.a. ved at udvikle brugen af spektrale data til geologisk kortlægning og udbygning af og koordination med stereofototeknikken i fotogeologisk laboratorium. Desuden vil vi arbejde med udvikling af *split-stream* analyseteknik til samtidig analyse af isotopforhold og grundstofkoncentrationer i mineraler, samt udbygning af SEM-laboratoriets arbejdsområder inden for materiale og bjergartskarakterisering.

Aktiviteter i 2023:

- Færdiggørelse, tryk og udgivelse af Svartenhuk-kortbladet som er det sidste af fire 1:100.000 kortblade over Karrat Group i Nordvestgrønland (de tre øvrige er udgivet i 2022) samt udgivelse af tilhørende kortbladsbeskrivelse, inkl. et sømløst, digitalt kort.
 - Svartenhuk-kortet er forsinket og ventes først færdigt i 2024. Udfærdigelse af kortbladsbeskrivelsen er et større arbejde, der er blevet udskudt grundet prioritering af andre opgaver. Arbejdet med det sømløse kort er sat på hold, da en nøglemedarbejder er på barselsorlov.
- Færdiggørelse og udgivelse af seks 1:100.000 kortblade over Thule Supergroup, Nordgrønland, inkl. et sømløst, digitalt kort.
 - De seks kort er færdige og under kvalitetskontrol, hvorefter de skal i ekstern *review*. Kortene forventes udgivet i løbet af 2024.
- Udvidelse af det sømløse digitale 1: 100 000 geologiske kort fra Syd- og Sydvestgrønland med inddragelse af data fra fem ekstra kortblade.
 - Arbejdet er i gang, men sat på pause grundet projektleders barselsorlov.
- Fortsættelse af arbejdet med nye 1:100.000 kortblade i Nordøstgrønland. Et nyt kort udgives i 2023.
 - Et nyt kort (Clavering Ø) er næsten færdigbearbejdet. Kortet skal igennem intern kvalitetskontrol og eventuelt eksternt review. Udgivelsen af det endelige kort afventer udarbejdelse af de øvrige planlagte kortblade fra området, da legende og symbolisering skal være sammenhængende på tværs af kortene.

- Bidrag til vurdering af mineraliseringsmulighederne for kritiske råstoffer vigtige for den grønne omstilling, bl.a. litium, tantal, tin, wolfram, kobber og antimon.
 - Arbejdet foretages i regi af et samarbejdsprojekt mellem GEUS og Departementet for Erhverv, Handel, Råstoffer, Justitsområdet og Ligestilling under Selvstyret. Alt planlagt analysearbejde er afviklet, og der er udarbejdet en rapport. Der er fremsendt tre *abstracts*, baseret på aktiviteten, til videnskabelige konferencer. Det er aftalt med Departementet, at projektet fortsættes i 2024, så prøver fra feltsæson 2023 kan inddrages i den endelige rapport.
- Etablering af nye analysemetoder, der tillader samtidige sporelement- og isotopforholdsanalyser.
 - Udstyr er indkøbt, og indledende test for samkøring af instrumenter er i gang. *Split-stream setup* med mindst to instrumenter, som kan lave samtidige sporelement- og isotopforholdsanalyser, er dog ikke nået helt i mål grundet nedbrud i laboratoriet. *Setup*'et forventes dog etableret i løbet af foråret 2024, hvor et nyerhvervet massepektrometer også kobles på.
- Implementering og fortsat metodeudvikling af hyperspektralt kameraudstyr anskaffet i 2022 til brug ved geologisk kortlægning og laboratorieundersøgelse af kerneboringer.
 - Det nye kamera er fuldt operationelt, både til feltbrug og i GEUS' kernelager i Tåstrup. Kameraet er ultimo 2023 under integration med GEUS' nyanskaffede kerneskanter.

Strategisk mål:

Vi vil bidrage til udvikling af et klassifikationssystem for råstofferne sand og grus for at optimere ressourceevalueringer og planlægning af en bæredygtig udvikling.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi bidrage til en harmoniseret og international klassifikation af sand- og grusråstoffer i Danmark i samarbejde med forskningsinstitutioner, myndigheder og råstofindustri. GEUS vil arbejde for dette både nationalt og internationalt.

I Danmark er klassifikationen af sand- og grusråstoffer i dag opdelt i to systemer, som dækker henholdsvis landressourcer og marine ressourcer. De landbaserede ressourcer klassificeres efter mulige produkter så som perlesten mv., mens de marine ressourcer klassificeres efter råstoffernes sammensætning i ressourceområderne, fx grus, sand mv. Der er behov for et nyudviklet harmoniseret, nationalt klassifikationssystem, som samtidig er afstemt med internationale standarder.

En fælles sand- og grusråstofklassifikation er en nødvendighed for etablering af en national råstof-database i GEUS, som ligeledes er en forudsætning for en kommende national råstofstrategi.

GEUS vil indgå i internationalt arbejde om test af *United Nations Framework Classification system* (UNFC) af sand-, grus- og karbonatressourcer, samt på det nationale plan tage initiativ til dialog mellem råstof erhverv, regioner og Miljøstyrelsen omkring etablering af et nationalt klassifikationssystem.

Aktiviteter i 2023:

- Deltagelse i internationalt samarbejde omkring klassifikation af sand- og grusråstoffer.
 - I regi af *EMODnet Geology* har GEUS bidraget til en fælles klassifikation for at kunne udstille de europæiske, marine råstoffer på harmoniseret vis på *EMODnet/EGDI*-portalene. GEUS deltager også i det EU-støttede program GSEU, hvor der bl.a. arbejdes med implementering af *United Nations Framework Classification* (UNFC), dog udelukkende for kritiske mineraler. Projektet, der bliver koordineret af den franske geologiske undersøgelse (BRGM), omfatter således ikke sand- og grusråstoffer, men erfaringer fra arbejdet vil kunne anvendes i forbindelse med danske råstoffer.
- Dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv omkring harmonisering af klassifikation af sand- og grusråstoffer. Der tages initiativ til workshop med præsentation af eksempler på alternativer til nuværende klassifikation.
 - Som følge af et ønske i regeringsgrundlaget indbød Miljøministeriet i april til en workshop i Odense med bred deltagelse af aktører i branchen. På baggrund heraf igangsatte ministeriet i samarbejde med Danske Regioner udarbejdelse af et udbud der bl.a. vedrørte etableringen af en harmoniseret klassifikation i en første version. GEUS fremsendte bud på opgaven i august og vandt udbuddet med projektet 'Et nationalt overblik over de reelt tilgængelige råstofressourcer i Danmark'. Projektet skal bl.a. harmonisere klassifikationen af sand- og grusråstoffer på land og til havs og løses i tæt dialog med Miljøstyrelsen, de danske regioner og råstof erhvervet. En foreløbig afrapportering er afleveret ultimo 2023, mens den endelige rapport afleveres i februar 2024.

Strategisk mål:

Vi vil udbygge den forskningsbaserede viden og dataregistrering af geologiske råstoffer i Danmark med henblik på en bæredygtig udnyttelse af ressourcerne samt rådgivning af myndigheder og industri.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi fortsat sætte fokus på forskningsbaseret rådgivning af myndigheder og råstof-industri, hvor især maringeologisk kortlægning er central, men hvor også viden om landbaserede råstoffer inddrages. Den hidtidige forvaltningsmæssige opdeling mellem land- og havbaserede råstoffer er en udfordring. GEUS vil arbejde for en national råstofdatabase ved GEUS, med henblik på tilvejebringelse af et samlet overblik over mængden og kvaliteten af de danske sand- og grusråstoffer.

Etablering af større infrastrukturprojekter, som fx energiøer, kræver et indgående kendskab til havbundsgeologien og storskalaforsyning med sandressourcer. På baggrund af den marine råstof-kortlægning vil GEUS i samarbejde med Miljøstyrelsen søge at skabe basis for en systematisk screening af potentielle byggeområder og etablering af sandressource-reservationsområder til forsyning af fremtidige infrastrukturprojekter i Nordsøen.

Der er et stigende behov for at kunne kortlægge og kvantificere forskellige typer af marine råstof-ressourcer med stor nøjagtighed. For at imødekomme dette vil GEUS videreudvikle sit arbejde med 3D kortlægning af havbunden.

I arbejdet for en forbedret kortlægningsnøjagtighed er der behov for etablering af konkrete målbare ressourceinddelinger, som skal implementeres i Martadatabasen.

Aktiviteter i 2023:

- Tolkning og rapportering af eksisterende samt nye seismiske data og borer indsamlet for Miljøstyrelsen i indre danske farvande i 2022 med henblik på kortlægning af råstoffer i fællesområder og potentielle fællesområder forud for beslutning om eventuel genudpegning.
 - Arbejdet er startet og færdiggøres i 2024, når data indsamlet i 2023 ligger klar. Herudover er der arbejdet med rapportering af kortlægning foretaget i Nordsøen i 2019-2020.
- Udbygning af den marine råstofdatabase Marta i samarbejde med Miljøstyrelsen med henblik på integration af kortfattede ressource rapporter for de enkelte fællesområder, potentielle fællesområder, råstofinteresseområder og øvrige ressourcer udenfor disse områder samt integration af råstofkortlægninger fra perioden 2019-2021.
 - Martadatabasen er udvidet med ressource rapporter, og de første rapporter udenfor fællesområder og potentielle fællesområder er indlæst. Resultaterne fra råstofkortlægningerne 2019-2021 er integreret i databasen. En ny fremtidssikret procedure for nedtagning af marine data er under udvikling.
- Dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv om etablering af national råstofdatabase i GEUS.
 - Som en del af det igangværende projekt 'Et nationalt overblik over reelt tilgængelige råstofressourcer i Danmark' beskrevet ovenfor, kommer GEUS med løsningsforslag til en national dynamisk råstofdatabase, der kan give et overblik over de samlede danske råstofressourcer.

Øvrige aktiviteter:

Fortsat engagement i EU-baseret forskningssamarbejde inden for mineralske råstoffer og deres rolle i den cirkulære økonomi, bl.a. gennem engagement i *EIT Raw Materials KIC*, Horizon 2020 og det efterfølgende Horizon Europe.

- GEUS har deltaget i et EIT-projekt, der stoppede ved udgangen i 2023. GEUS fortsætter sit engagement i EIT Raw Materials, men har dog nedgraderet sit medlemskab til '*network partner*' fra årsskiftet 2023/2024. GEUS deltager desuden i råstofdelen af *Horizon Europe* projektet '*Geological Service for Europe*' (GSEU) og holder løbende øje med nye relevante *Horizon Europe Calls*.

GEUS inddrages som sparringspartner for Erhvervsministeriet i forbindelse med interessevaretagelse og forhandling af *Critical Raw Materials Act*.

- GEUS har leveret løbende input til Erhvervsministeriet i forbindelse med forhandlingerne af EU's *Critical Raw Materials Act*.

Værdiskabende data

Strategisk mål:

Vi vil fortsat understøtte forskning og forvaltning i Danmark og Grønland, hvor geologiske data indgår, og øge mængden, kvaliteten og tilgængeligheden af data.

Perspektiv:

Som nationalt geologisk datacenter er det GEUS' rolle at lagre og tilgængeliggøre data om den danske og grønlandske undergrund. GEUS stræber mod, at data i så høj grad som muligt skal digitaliseres og være lettilgængelige for interessenter via vores digitale platforme. Ikke alle data er dog på nu-værende tidspunkt frikøbt, så vi vil fortsætte arbejdet i strategiperioden med at søge midler til at gøre alle data frit tilgængelige, så de kan blive til gavn for nye, grønne operationer i undergrunden såsom lagring af CO₂ og udnyttelse af geotermisk energi. Vi vil desuden forsætte bestræbelserne på at finde finansiering til renovering af Jupiter-databasen baseret på den grundige analyse, der foreligger efter for-projektet i 2018 og 2019.

For at nå målet vil vi desuden arbejde målrettet for at få samlet flere relevante data fra GEUS' forskningsaktiviteter og fra eksterne interessenter i de centrale databaser, hvorfra de vil blive udstillet igennem web-grænseflader, som vi løbende udvikler rettet mod brugernes nye og ændrede behov. Vi vil desuden højne datakvaliteten igennem implementering af procedurer, værktøjer og målrettet kvalitetssikringsarbejde.

Aktiviteter i 2023:

- Definition af ny, standardiseret informationsarkitektur for Jupiter-databasen som del af Initiativ nr. 38 (Monitering af grundvand og sikring af rent drikkevand) i Regeringens Digitaliseringsstrategi.
 - GEUS har sammen med Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøportal defineret en standardiseret informationsarkitektur, der nu indgår i forarbejdet til Ny Jupiter. GEUS hjælper desuden Miljøstyrelsen med det forberedende arbejde, så projektet kan sættes i gang i starten af 2024.
- Udvælgelse og samtænkning af dataregistre, der fremover udgør Fællesoffentlig Jupiter.
 - GEUS har i samråd med Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøportal taget initiativ til en samtænkning af drikkevandsrelaterede registre, som med fordel kan blive en del af Ny Jupiter. Under overvejelse er blandt andet Modeldatabasen, Rapportdatabasen og GERDA (GEUS' database for geofysiske data).
- Udvikling af endelig platform for GEUS' autoritative dataudtræk.
 - Arbejdet med en endelig platform for autoritative udtræk afventer afklaring om midler til Ny Jupiter i FL24, hvilket forventes i februar 2024.
- Udbredelse af brugen af GEUS' *Dataverse* portal på tværs af GEUS.
 - GEUS' *Dataverse*-portal bliver til stadighed mere populær i GEUS og rummer nu – efter indlæsning af 215 nye i 2023 – i alt 574 dataprodukter. Geologisk Datacenter har været på besøg i flere afdelinger og fortalt om *Dataverse*. Der er udarbejdet en lille samt en mere omfattende vejledning, begge på dansk og engelsk. Afdelingen yder løbende support via postkassen geusdataversehjælp@geus.dk, hvor faglige og metadata-relaterede spørgsmål besvares.

Strategisk mål:

Vi vil skabe grundlag for en effektiv forvaltning til støtte for interessenters aktiviteter i den danske undergrund, som til stadighed udfordres med nye formål.

Perspektiv:

Stigende interesse for udnyttelse af undergrunden til nye formål som geotermi, lagring af energi, deponering af radioaktivt materiale og lagring af CO₂ samt stigende fokus på bæredygtig vand-ressourceforvaltning og grundvandsbeskyttelse øger behovet for værktøjer til en effektiv forvaltning af undergrunden. I flere europæiske lande er der således i disse år igangsat initiativer for at udvikle nationale, digitale geologiske tredimensionale modeller af undergrunden, som kan understøtte forvaltningen af ressourcerne. GEUS ønsker at understøtte en tilsvarende udvikling i Danmark.

For at nå målet vil vi fortsat arbejde for at skabe grundlag for udvikling af en digital 3D geologisk model for Danmark samt videreudvikle GEUS' 3D-database til at blive en egentlig national database. Vi vil desuden arbejde målrettet med integration af denne database med data fra eksisterende, men af historiske årsager adskilte databaser, og med at gøre disse tilgængelige i nye brugerrettede former på tværs af traditionelle brancheskel. Dette kan understøtte myndighedernes arbejde og fungere som et afsæt for entreprenører og rådgivere til planlægning af deres arbejde i den danske undergrund.

Aktiviteter i 2023:

- Fortsat samarbejde med Miljøstyrelsen om udstilling og opdatering af de samlede hydro-stratigrafiske modeller (FOHM) for Jylland, Sjælland og Fyn i GEUS' 3D database.
 - GEUS henter automatisk nye versioner af FOHM-modeller, når disse er tilgængelige hos den private aktør, som Miljøstyrelsen har en aftale med. I 2023 blev der indlæst fem opdaterede versioner, som lagres i GEUS' 3D-database og udstilles via FOHM-brugergrænsefladen. GEUS har udvidet visningen af tværprofiler på FOHM-kortet, så der udover lag i modellen vises geologi for borerer hentet i Jupiter-databasen.
- Udbygning af GEUS' 3D database med flere modeller. De geologiske beskrivelser gøres let-tilgængelige online ved hjælp af nye visualiseringsteknikker såsom virtuelle borerer og profiler.
 - GEUS' 3D-database blev præsenteret på '6th European Meeting on 3D Geological Modelling' 23.-26. maj i København. Databasen indeholder modeller, der præsenteres i 3D med mulighed for virtuelle borerer og profiler, og det er desuden muligt at fremsøge geologiske beskrivelser for de vigtigste enheder. Der er endvidere udviklet et API for import af DK-modellen. En ny standardvisning af databasens indhold kan afprøves her: <https://data.geus.dk/geus3d/viewer/?model=20>.
- Udvikling af modelleringskoncept for en national geologiske model. Modelleringskonceptet vil blive testet i et pilotområde.
 - Formålet er at afdække de teknologiske muligheder for en dynamisk, opdateret national 3D geologisk model i flere skalaer. Arbejdet pågår i relaterede projekter, hvor teknologier løbende udvikles, og disse vil i 2024 blive anvendt til at skabe en første iteration af en levende 3D-model. Sideløbende udvikles udstillingsmuligheder for modellen samt en national forkastningsdatabase. Der er ansat en postdoc til opgaven med opstart i marts 2024.

Strategisk mål:

Vi vil videreudvikle vores viden om og kompetencer inden for nye teknologier for at kunne håndtere store datamængder til løsning af komplekse opgaver bedre.

Perspektiv:

Der er stigende efterspørgsel efter mere detaljerede geologiske og hydrologiske modeller i forbindelse med løsning af en lang række samfundsopgaver. For at imødegå dette vil GEUS etablere nye – og videreføre eksisterende – projekter, der bidrager til kvantificering og modellering af geologisk heterogenitet med fokus på bl.a. usikkerhed af tolkninger og stokastisk modellering, integration af mange datatyper samt den komplekse sammenhæng mellem geofysiske måledata og litologiske enheder.

Vi vil desuden videreføre arbejdet med etablering af systemer til automatiseret modtagelse og formidling af dynamiske data opsamlet fra sensorer, fx realtidsmålinger af vandspejl, salinitet (ledningsevne) og nitrat i borer. Vi vil desuden tage nye effektive værktøjer såsom *machine learning* og kunstig intelligens i brug til forbedring af modeller, og til at sikre datakontrol, identificere fejl og etablere sammenhænge i store, komplekse datamængder.

Aktiviteter i 2023:

- Udvikling af koncepter og projekter inden for numerisk geologisk modellering.
 - Bl.a. i forbindelse med en opgave for Miljøstyrelsen om N-retention er der udviklet nationalt dækkende numeriske løsninger, der gør det muligt at simulere geologisk usikkerhed på national skala. Derved kan alternativer belyses som et led i informeret beslutningsstøtte. Løsningerne er anvendt i forbindelse med Miljøstyrelsens 'Pilot-projekt Fyn', der sigter mod et samlet koncept for fremtidens grundvandskortlægning og -beskyttelse. Der er desuden tildelt støtte fra EUDP til et projekt, hvor metoder udvikles og testes med henblik på at uddrage geotekniske parametre direkte fra den overfladenære seismik, som GEUS indsamler. Hermed kan der udvikles et datadrevet, kvantitativt beslutningsgrundlag. Projektet har en stærk kobling til den screening, GEUS aktuelt foretager for Energistyrelsen af det danske område i forhold til geologisk risiko ved placering af vindmøllefarme og marin infrastruktur.
- Styrkelse af internt og eksternt samarbejde om *remote sensing* og virtuelle forsknings-teknologier igennem en tværfaglig enhed kaldet *Geoscience Data Lab* (sammenlægning af *multiscale remote sensing* laboratoriet og *Virtual Research Environment (VRE)*-kampagnen).
 - Der er afholdt interne workshops, og derudover er der givet en præsentation for den koncernfælles *Remote Sensing*-gruppe om erfaringer og ambitioner for *Geoscience Data Lab*.
- Videreudvikling og drift af dansk overvågningsnetværk af vandspejlsmålinger til realtidsovervågning af ændringer i vandspejl og til kalibrering af grundvandsmodeller.
 - Der er nu mere end 100 målelokaliteter i overvågningsnettet, og flere lokaliteter indeholder mere end én måledybde. Der er udviklet statistisk visning af lokaliteter med mere end tre års data på www.grundvandsstanden.dk, og realtidsmodellering og overvågning kan nu sammenholdes.

Strategisk mål:

Vi vil videreudvikle GEUS' ledende rolle som dataformidler i EuroGeoSurvey-samarbejdet for at sikre etablering af udviklende partnerskaber i EU.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi konsolidere vores rolle som toneangivende i projekter inden for udvikling af informationssystemer og harmonisering af data på europæisk plan. Informationsplatformen *European Geological Data Infrastructure (EGDI)*, og dermed GEUS, er centralt placeret i samarbejdsprojekter på tværs af de europæiske geologiske undersøgelser, især i form af fortsat samarbejde i et femårigt CSA-program (*Coordination and Support Action*) igangsat i 2022. GEUS indtager her en central position i forhold til informationsplatformen (EGDI), men også inden for grundvand, mineralske råstoffer, maringeologi og geoenergi.

Aktiviteter i 2023:

- Yderligere styrkelse af EGDIs position som EGS' dataformidlingsplatform, primært gennem GEUS' rolle i det nystartede, fortsatte samarbejde mellem de europæiske geologiske undersøgelser i det EU-støttede CSA-program '*Geological Service for Europe*' – GSEU. EGDI er en helt central komponent i projektet og i bestræbelserne på at etablere en Geological Service for Europe, og GEUS er både koordinerende i dette arbejde og væsentlig bidrager på de tekniske løsninger.
 - EGDI blev i 2023 styrket gennem det nystartede GSEU-projekt, hvor nye teknologier og forbedret dataformidling implementeres i EGDI. GEUS sikrer med løbende dialog og teknologiske bidrag, at EGDI er og vedbliver at være EGS' dataformidlingsplatform.
- Fortsat arbejde mod øget indflydelse i *EMODnet* – både som teknisk koordinator for *EMODnet Geology* og som teknologisk ekspertise i *EMODnet* generelt.
 - GEUS' rolle som *data manager* og som *work package lead* opretholdes. GEUS bidrager med ekspertise og data management. En brugertilfredshedsundersøgelse peger på, at projektets målgruppe finder *EMODnet's* data brugbare og nyttige.

Øvrige aktiviteter:

GEUS fortsætter arbejdet med den systematiske geologiske kortlægning (jordartskartering) af Danmark.

- Under forårets kampagner (13.-31. marts samt 11. april-12. maj) blev der kortlagt områder ved Thy og ved Trend i Himmerland. I efteråret (4.-29. september) fortsatte kortlægningen i Thy. Version 7 af [det digitale jordartskort](#) er udarbejdet, opdateret med kortlægning fra årene 2021-2023 af områderne Thyholm og Jegindø samt dele af Thy og Salling.

Fortsat drift af GEUS' boreprøvelaboratorium som årligt modtager og beskriver 10.000–15.000 prøver via lovpligtig indberetning af boreprøver fra vand- og råstofboringer.

- Der er behandlet 410 boringer og ca. 12.500 prøver i laboratoriet. Laboratoriet er i perioden flyttet til Hørsvinget 1-3, Tåstrup, hvilket har forsinket produktionen; derudover har laboratoriets medarbejdere håndteret andre prioriterede opgaver.

Fortsat drift af GEUS' borearkiv som via lovpligtig indberetning modtager og indlæser tekniske oplysninger om vand- og råstofboringer samt anden ikke-lovpligtig indberetning.

- Arkivet drives af tre medarbejdere, og der er stabilitet i opgaveløsningen. Arkivet kan fejre 100-års jubilæum i 2026, hvilket giver anledning til overvejelser om dets fremtidige profil.

Fortsat kvalitetssikring og forbedret udstilling af grønlandske mineralogiske data i GMOM-databasen.

- Der er lagt et nyt GMOM-lag på Grønlandsportalen med forbedret indhold, grafisk præsentation og detaljer. Derudover er databasen opdateret med nye data fra den grønlandske råstofmyndighed.

Forbedret struktur i Grønlandsportalen Web-GIS platform.

- Portal og Web-GIS er grundigt gennemgået i samarbejde med vores grønlandske samarbejdspartnere. Herefter blev en ny struktur med forbedrede metadata og kvalitetskontrollerede datasæt lanceret i fjerde kvartal af 2023.

Videreudvikling af app til brug for feltarbejdet i Grønland.

- Der er udviklet en ny version af GEUS' feltapp, som blev taget i brug i forbindelse med årets feltarbejde.

Operationalisere GEUS' enterprise GIS-miljø.

- IT-infrastrukturen til udstilling af GEUS' kortprodukter blev kortlagt, og forbedringsforslag prioriteret. Der vil ske en udskiftning af servere og infrastruktur i foråret 2024.

Klargøring og distribution af det geologiske kort i 1: 1 mio. over den kaledonske foldekæde i Nordøst-grønland på Grønlandsportalen.

- Opgaven blev sat på pause, da den viste sig mere omfattende end først antaget.

Afholdelse af den 6. conference inden for 3D geologisk modellering, hvor GEUS er arrangør og vært.

- Konferencen *6th European Meeting on 3D Geological Modelling* blev afholdt 23.-26. maj i København og havde over 100 deltagere.

Fremtidens GEUS

Strategisk mål:

GEUS skal til stadighed udvikle sig som en dynamisk organisation, hvor medarbejdere og ledere trives.

Perspektiv:

For at nå målet er der udarbejdet en HR-strategi, som har fokus på at understøtte en kultur, hvor den enkelte leder og medarbejder aktivt bidrager med vigtige erfaringer og kompetencer ved at tage initiativ og agere ud fra et helhedshensyn. Derfor er udvikling af den menneskelige organisation et vigtigt strategisk parameter.

Der skabes en fælles forståelse af organisationen og udvikles en kultur ved bl.a. at gå i dialog med hinanden om GEUS' værdier.

Ledelse er en afgørende faktor i forhold til organisationsudvikling, og ledelse på GEUS er en selvstændig disciplin, som er langt bredere end faglig ledelse. Det handler i høj grad om at synliggøre mål og mening for medarbejderne, så de kan se eget bidrag i en større sammenhæng. Det er også en fælles disciplin, som hviler på en fælles forståelse af ledelsesopgaven.

Dette er i god tråd med koncernstrategiens tilgang til faglighed, samarbejde og trivsel.

Endelig handler udvikling af organisationen også om den organisatoriske ramme; at vi er bedst muligt organiseret i forhold til centrale strategiske indsatsområder.

Aktiviteter i 2023:

- Udarbejdelse og færdiggørelse af ny strategi for 2024 – 2027.
 - GEUS' nye strategi blev forelagt bestyrelsen og godkendt i december. Forud gik en proces med inddragelse af personale samt seminar med bestyrelsen og chefkredsen.
- Færdiggørelse af GEUS' nye værdibaserede personalepolitik.
 - Den ny personalepolitik er færdiggjort, behandlet i SU og forelagt bestyrelsen. Implementering startede i efteråret.
- Implementering af nyt ledelsesgrundlag baseret på GEUS' værdier og det koncernfælles ledelsesgrundlag.
 - Et nyt ledelsesgrundlag baseret på GEUS' værdier og det koncernfælles ledelsesgrundlag er præsenteret og lanceret.
- Implementering af ny stillingsstruktur, herunder vejledninger mv.
 - Medarbejder- og Kompetencestyrelsen har meddelt, at den endelige godkendelse af stillingsstrukturen må afvente Overenskomstforhandlingerne i 2024. GEUS forbereder så vidt muligt implementeringen i form af retningslinjer mv. i 2024.

Strategisk mål:

Vi skal fortsætte og udbygge det tværfaglige samarbejde og sikre et værdiskabende samspil mellem de administrative funktioner og den faglige produktion.

Perspektiv:

For at nå målet forudsættes en organisation præget af tværfagligt og værdiskabende samarbejde. Det er et blandt flere svar på, hvordan GEUS nu og i fremtiden håndterer øgede krav til kvalitet og effektivitet. Målet er at skabe en fælles forståelse af kerneopgaven, nysgerrighed og samskabelse samt tid til at eksperimentere og accept af at fejle.

Vi skal i endnu højere omfang "projektgøre" opgaveløsningen gennem inddragelse af forskellige fagområder og kompetencer tidligt i processen. Det handler om at skabe nye og kreative måder at arbejde sammen på som fremmer læring, nytænkning og innovation.

Mødekulturen er et andet fokusområde. Vi skal insistere på at have inspirerende møder, "der flytter noget", og der er grund til at revitalisere de tværgående mødefora, så mødetiden bruges effektivt til at løse, udvikle og koordinere tværgående opgaver.

Vi vil desuden have fokus på administrative systemer og processer samt fremadrettet organisering med det formål at øge de samlede administrative funktioners værdi for den faglige produktion. Inden for den samlede periode vil der indledningsvist være stærkt fokus på at afslutte implementeringen af de nye administrative systemer i kraft af en implementering af nyt budgetsystem.

Samtidig vil strategi, aktiviteter og økonomi over perioden blive sammentænkt gennem nye processer. Der vil også være behov for et fokus på en række fællesstatslige og koncernfælles enheder, som GEUS vil blive en del af eller anvende på nye måder i de kommende år. Det vil være et fokuspunkt at sørge for en gnidningsfri tilslutning til nye enheder og for, at anvendelsen af enhederne/institutionerne sker sådan, at GEUS drager fordel heraf.

Aktiviteter i 2023:

- Implementering af nyt budgetsystem, som alternativ til Statens Budgetsystem (SBS). Systemet forventes klar til brug til grundbudget 2024.
 - Systemet bliver ikke klart til Grundbudget 2024 pga. vanskeligheder og deraf følgende forsinkelser i udarbejdelsen af kravspecifikationer. Udbuddet er dog gennemført, og kontrakt med leverandør er klar til underskrift primo 2024. Systemet forventes klar til anvendelse i forbindelse med årets anden budgetopfølgning (BO2) i maj 2024.
- Implementering af IndFak 3 (faktureringsystem). Implementeringsplan vil skulle følge generel implementeringsplan for Staten, der udmeldes af Økonomistyrelsen.
 - Implementeringsplan fra Økonomistyrelsens side forventes først i januar 2024, hvorefter systemet vil blive implementeret i andet og tredje kvartal.
- Implementering af nye processer for rejseafregningssystemet RejsUd samt app til RejsUd i forbindelse med implementering af IndFak 3. Ændringer forenkler de samlede processer for rejseafregning og giver brugerne en mulighed for via appen at lægge bilag mv. i afregning allerede under rejsen.
 - Der blev i forsommeren 2023 taget beslutning om en tidligere implementering af overgang af håndtering af indgående fakturaer til Statens Administration, uafhængigt af implementeringen af IndFak3. Overgangen blev gennemført inden sommer og forløber nu i almindelig drift. Derimod er implementering af app udsat til 2024.
- Strømlining og standardisering af processer for økonomistyring. I løbet af 2023 vil der i forlængelse af Nye Administrative Systemer - NYAS-projektet blive fulgt op på arbejdsgange og

værktøjer til økonomistyring med det formål at styrke kompetencer i anvendelse af nye værktøjer og øge standardiseringen især i controllerfunktionernes økonomistyring af afdelinger og projekter.

- Jf. aktiviteten ovenfor er processer for indgående fakturer overført til SAM i første halvår af 2023. Overdragelsen er løbende blevet fulgt op i andet halvår, og SAM's varetagelse af aktiviteter fungerer på tilfredsstillende niveau. De første standard-rapporter til controllerfunktioner og ansøgningsbudgetter er udviklet, og disse er ved udgangen af 2023 i testforløb og forventes taget endeligt i brug i starten af 2024.
- Opbygning af IT-enhed på GEUS efter beslutning om, at en fuld transition af GEUS' IT-infrastruktur og opgaver til Statens IT (SIT) ikke er mulig. Snitfladen mellem SIT og GEUS' egen IT-organisation skal fastlægges og på baggrund heraf opbygges en ny GEUS IT-enhed.
 - IT-enheden er opbygget, der er indgået aftale med SIT om de fremadrettede snitflader mellem GEUS og SIT, og arbejdet med opbygningen af nye systemer er påbegyndt.

Strategisk mål:

Vi vil sikre, at GEUS gennem videreudvikling af såvel ledere som medarbejdere er rustet til fremtidens opgaver og de krav, der stilles af samfundet.

Perspektiv:

For at nå målet skal der arbejdes med strategisk kompetenceudvikling for at sikre, at der er en sammenhæng mellem GEUS' mål og strategi på den ene side samt kompetenceudvikling og rekruttering på den anden side.

HR-strategien fastlægger principper, ansvarsfordeling og procedurer, som sikrer et vedvarende fokus på kompetenceudvikling i organisationen og rammesætter den nødvendige dialog.

Hvis kompetenceudviklingen i GEUS skal være strategisk, er det vigtigt, at der løbende tages stilling til, hvilke faglige kompetencer, der er nødvendige, om der er behov for at styrke generelle og personlige kompetencer eller behov for en særlig indsats for specifikke medarbejdergrupper. Tilsvarende skal der løbende tages stilling til, om der er et strategisk behov for mere tværgående indsatser.

Aktiviteter i 2023:

- Strategisk kompetenceudvikling skal på dagsordenen i chefkreds og direktion.
 - Chefgruppen har ved flere lejligheder i løbet af året drøftet kompetenceudvikling på specifikke områder, herunder formidling, projektledelse, medietræning og skrivekurser.
- Opfølgning på udpegede områder inden for strategisk kompetenceudvikling i HR.
 - HR har både faciliteret drøftelserne om strategisk kompetenceudvikling og fulgt op med relevante kurser i det omfang, der er udpeget konkrete områder, fx kurser om mødekultur og skrivning, ligesom der er taget hul på kompetenceudvikling i forbindelse med AI (*Artificial Intelligence*).
- Fokus på ledelse som selvstændig, faglig disciplin og ressourcestyring.
 - Der er afholdt to seminarer for chefkredsen, hvor ledelse og ressourcestyring indgik. Endvidere har der løbende været afholdt temamøder for chefkredsen, hvor ledelse er blevet drøftet.

Strategisk mål:

Vi skal udvikle vores speciallaboratorier med fokus på at understøtte de fremtidige behov.

Perspektiv:

For at nå målet skal der gennemføres en proces, der involverer relevante chefer, forskere og laboratorieteknikere med henblik på udarbejdelse af kravspecifikation for moderniseringen af GEUS' laboratorier. Kravspecifikationen vil blive udarbejdet med henblik på at kunne opfylde såvel nuværende som kommende behov gennem en fleksibel indretning af laboratorierne. Arbejdet med kravspecifikationen vil udmønte sig i, at der udarbejdes et byggeprogram, og dette skal danne grundlag for udarbejdelse af et udbud af selve ombygningsarbejdet.

Aktiviteter i 2023:

- Færdigudbygning af laboratorier jævnfør GEUS' kravspecifikationer. Renoveringsprojektet (Unilab) er flyttet fra rådgiver (SWECO og Bygningsstyrelsen) til entreprenør (Hoffmann).
 - Renoveringsprojektet er overgået til entreprenør i samarbejde med Bygningsstyrelsen. Tegninger er gennemgået, og ønsker fra personalet er inddraget. Der er gennemført en prioritering af ønsker, og de endelige tegninger ligger nu fast. Der er indhentet tilbud fra entreprenøren med en fast pris, der er aftalt mellem entreprenør, Bygningsstyrelsen og GEUS. Arbejdet med renoveringen forventes igangsat i august 2024 med forberedelse af byggeplads mv. i foråret 2024.

Kampagner i 2023

GEUS arbejder med kampagner, et instrument der skal være med til at gøre GEUS' strategi og Resultatplan mere levende og fleksibel. Kampagner kan igangsættes undervejs i strategiperioden, løber over en kortere periode (typisk et år), kræver et tværgående samarbejde mellem områder og afdelinger, og kan i visse situationer give input til et ny strategisk tema eller mål, der indarbejdes i strategien. Dermed sikres, at GEUS' arbejde og strategi løbende tilpasses den samfundsmæssige udvikling.

I 2023 løb følgende kampagne:

GEUS – TNO-samarbejde. Afsøgning af mulighederne for opbygning af et formaliseret samarbejde mellem TNO og GEUS inden for væsentlige kerneområder hos begge organisationer.

I denne kampagne søger GEUS og TNO at afdække muligheder for at få etableret samarbejder mellem de to organisationer om udvikling af kompetencer og videndeling på områder, der nu og i fremtiden vil være væsentlige temaer for geologiske undersøgelser. Dette gælder fx en national geologisk model, geotermi og CCS samt i forbindelse med den interstatslige aftale, der er indgået mellem Danmark, Holland, Belgien og Tyskland om energiøer i Nordsøen. Et formaliseret samarbejde vil kunne effektivisere, spare tid og ressourcer i organisationerne, sikre en høj kvalitet, samt styrke vores potentiale for at hjemtage EU-finansierede projekter eller nationale statsmidler fx i forbindelse med grøn omstilling.

I kampagnens opstartsfasen blev de faglige områder, der er relevante for samarbejdet med TNO, nøje udvalgt og beskrevet i detaljer. Desuden blev en liste over relevante samarbejdspartnere i TNO udarbejdet. Senere på året blev der afholdt et møde hos TNO i Utrecht mellem GEUS' og TNO's ledelse, hvor de strategiske pejlemærker for samarbejdet blev fastlagt, hvorefter den endelige *Memorandum of Understanding* blev underskrevet. Herefter blev kampagnens målsætning skærpet og omfatter derfor en prioritering af temaerne geomekanik (til anvendelse i forbindelse med monitorering af CCS og geotermi) og 3D geologisk model fra GEUS' side samt monitorering (CCS) og Nordsøen (herunder energiøer, havmiljø og mineralske råstoffer) fra TNO's side. Kampagnen fortsætter ind i første halvår af 2024 med disse temaer, og gensidige besøg vil blive afholdt.

Kvantitative indikatorer

Følgende indikatorer er opstillet for henholdsvis langsigtet videnopbygning og forskeruddannelse ved GEUS:

	Indikatorer	Mål (antal)				Resultat			
		2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
Langsigtet videnopbygning	Videnskabelige artikler i internationale tidskrifter med <i>peer review</i> - førsteforfatterskaber	80	80	85	85	68	67	91	83
	Videnskabelige artikler i internationale tidskrifter med <i>peer review</i> - medforfatterskaber	90	90	95	95	133	124	129	110
	Videnskabelige artikler i egne serier	25	30	35	40	8	12	9	15
Forskeruddannelse	Forsknings- og samarbejdsprofessorer	8	10	12	14	8	8	7	7
	Ph.d.-grader med GEUS-vejleder	10	10	8	8	10	10	18	10
	Igangværende ph.d.-studerende med GEUS vejleder pr. 1. november	50	50	45	45	45	43	29	26
	Vejledning af masterstuderende	45	40	35	30	70	62	53	46

Måltallet for videnskabelige artikler med *peer review*, hvor GEUS-medarbejdere er førsteforfattere, var 85 og blev ikke helt nået med 83 artikler i 2023. Måltallene er dermed kun nået én gang i strategiperioden, men resultaterne har varieret en del fra år til år. Derimod blev måltallet på 95 artikler med GEUS-medarbejder som medforfattere nået med 110 artikler. Antal medforfatterskaber landede i hele perioden 2020-2023 et godt stykke over måltallene. Målet om 40 artikler i egne serier blev ikke nået, idet der blev udgivet 15 i 2023, heraf to større monografier. Det må konstateres, at måltallene for GEUS Bulletin var for ambitiøse for den firårige periode, men at tallet dog har været stigende.

Måltallet på 14 professorer blev ikke nået, da der i 2023 var syv professorer (heraf to adjungerede ved hhv. AU og KU) på GEUS. Antallet af professorer er ikke som forventet vokset i perioden 2021-2023, da udnævnelse af nye professorer har afventet implementering af ny stillingsstruktur. Der er dog opslået otte professorater ved GEUS i efteråret 2023, hvorfor der forventes en stigning i antallet i løbet af 2024.

Medarbejdere i GEUS bidrog i 2023 til vejledning af ti ph.d.-studerende, der opnåede grad, hvilket er over måltallet på otte. Én ph.d.-studerende med GEUS medvejleder frafaldt sit studie uden grad. GEUS-medarbejdere medvejledte 26 ph.d.-studerende ved udgangen af oktober 2023, hvilket er noget under måltallet på 45. Dette skyldes sandsynligvis, at der – som følge af en omprioritering fra de bevilgende myndigheder – lægges mindre vægt på uddannelse af ph.d.-kandidater end tidligere. Endelig var GEUS-medarbejdere medvejledere for 46 master-studerende (heraf opnåede 21 grad) i løbet af året, hvilket er over måltallet på 30.

Forkortelser

AMAP	Arctic Monitoring and Assessment Programme
ARC	Amager Ressourcecenter
ARGO	Roskilde Kraftvarmeværk
CCS	Carbon Capture and Storage
CCUS	Carbon Capture, Utilization, and Storage
CLIC	Climate and Cryosphere
CRM	Critical Raw Materials (kritiske råstoffer)
CSA	Coordination and Support Action
CV	Curriculum Vitae
DD	Dansk Dekommissionering
DDF	Det Frie Forskningsråd
DK-model	Den Nationale Hydrologiske Model
EGDI	European Geological Data Infrastructure
EGS	EuroGeoSurveys, The Geological Surveys of Europe
EIT	European Institute of Innovation & Technology
EMODnet	The European Marine Observation and Data Network
E-RIHS	European Research Infrastructure for Heritage Science
ESA	European Space Agency
EU-Copernicus	EU's jordobservationsprogram
EUDP	Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram v. Energistyrelsen.
FAIR	Findability, Accessibility, Interoperability, and Reusability
FFL	Forslag til Finanslov
FOHM	Miljøstyrelsens fælles offentlige hydrologiske modeller
GC-Net	Greenland Climate Network
GEM	Greenland Ecosystem Monitoring
GERDA	GEUS' database for geofysiske data
GEUS	De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
GIOS	Greenland Integrated Observing System
GLOBE	Tværfagligt institut under Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet
GMOM	GEUS' database for grønlandske mineralforekomster
GNSS	Global Navigation Satellite System
GRUMO	Den landsdækkende grundvandsovervågning (i NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen)
GTS	Godkendte Teknologiske Serviceinstitutter
GSEU	Geological Service for Europe
HIP	Hydrologisk Informations- og Prognosesystem
Horizon Europe	EU's forsknings- og innovationsprogram 2021-2027
Horizon 2020	EU's forsknings- og innovationsprogram 2014-2020
HR	Human Resources
HRMS	High Resolution Mass Spectrometry
IAEA	Det Internationale Atomenergiagentur

IASC NAG	International Arctic Science Committee Network of Arctic Glaciology
IndFak	Faktureringsystem
INQUA	International Union for Quaternary Research
IODP	International Ocean Discovery Program
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JUPITER	GEUS' landsdækkende database for grundvands-, drikkevands-, råstof-, miljø- og geotekniske data.
KEFM	Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet
MAR	Managed aquifer recharge
MARTA	GEUS' marine råstofdatabase
MUDP	Miljøteknologis udviklings- og demonstrationsprogram v. Miljøministeriet
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NODD	Nordic Ore Deposit Database
NYAS	Nye administrative systemer
PAGES ACME	Working Group on Arctic cryosphere changes and coastal marine ecosystems
PFAS	Perfluoroalkylstoffer
PROMICE	Program for Overvågning af Grønlands indlandsis
RejsUd	Rejseafregningssystem
ROCS	Interdisciplinary Research Centre on Ocean, Climate, and Society
SBS	Statens Budgetsystem
SDFI	Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur
SIT	Statens IT
SMOS	Soil Moisture and Ocean Salinity
UFM	Uddannelses- og Forskningsministeriet
UNFC	United Nations Framework Classification
VAP	Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider
WCRP	World Climate Research Programme
WHYCOS	World Hydrological Cycle Observing System
WMO	World Meteorological Organization