

# Faglige resultater 2022

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

Faglige resultater 2022

Redaktion: Lisbeth Flindt Jørgensen

Særudgivelse

Udgives kun elektronisk på [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

- Marts 2023

ISSN: 1903-105X

ISBN: 978-87-7871-574-6

Rapporten har været forelagt GEUS' bestyrelse den 8. marts 2023.

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Øster Voldgade 10, 1350 København K.

Telefon: 3814 2000

E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)

[www.geus.dk](http://www.geus.dk)

## Indhold

Indledning.....	3
RESUME .....	4
Vores viden skaber værdi for samfundet .....	5
Klimaforandringer og -tilpasning .....	9
Naturen vi lever i .....	18
Vores vand.....	25
Grøn omstilling .....	31
Mineralske råstoffer til vækst .....	38
Værdiskabende data.....	42
Fremtidens GEUS.....	47
Kampagner i 2022.....	52
Kvantitative indikatorer .....	53
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. 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, 2022'), og det er derfor ikke muligt at rapportere GEUS' faglige aktiviteter i denne. 'Faglige resultater' 2022 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 2022. Både Årsrapport og Faglige resultater forelægges GEUS' bestyrelse.

Denne faglige afrapportering følger strukturen i Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2022 og giver en oversigt over og vurdering af opnåede resultater. De faglige aktiviteter er organiseret indenfor GEUS' otte strategiske temaer og mål, defineret i GEUS' Strategi 2020–2023. Faglige resultater 2022 afrapporterer tredje år i GEUS' Resultatplan 2020–2023.

## RESUME

GEUS' medarbejdere har i løbet af 2022 arbejdet med ca. 700 faglige og organisatoriske projekter. De væsentligste aktiviteter er beskrevet i GEUS' Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2022.

Aktiviteterne er organiseret efter strategiske temaer og mål defineret i GEUS' Strategi 2020–2023. Af i alt 146 aktiviteter i 2022 vurderes 116 (79%) nået, 13 (9%) delvist nået, mens 17 aktiviteter (12%) må konstateres ikke nået.

Af større resultater kan nævnes, at GEUS i 2022 er påbegyndt en seismiske kortlægning af geologiske strukturer, hvor der kan være potentiale for deponering af CO<sub>2</sub> i sandsten i undergrunden på land og kystnært. Arbejdet fortsættes de følgende år, og målet er at kortlægge fem strukturer i landet. Midlerne hertil er bevilget fra Forskningsreserven. Desuden har GEUS opnået bevilling til et pilotprojekt om CO<sub>2</sub>-injektion i et udtjent oliefelt i Nordsøen, og i samarbejde med DTU er der indhentet midler til et større InnoMissionspartnerskab om CCUS. GEUS indgår også i et EU-projekt om brintlagring (*Power-to-X*) samt i projekter om geotermi og varmelagring.

GEUS har også i 2022 arbejdet med vurderinger af forsyningsikkerhed og værdikæder af globale geologiske ressourcer, som er kritiske i forhold den grønne omstilling. Rådgivning af giver til Erhvervsministeriet om forhold i Danmark og i EU. Dette gælder både specifikke kritiske mineraler såvel som sand- og grusressourcer til etablering af energiøer. I 2022 er der for Energistyrelsen påbegyndt en screening af havbundsforhold i de indre danske farvande og Nordsøen med henblik på placering af vindmølleparker.

På det arktiske område er GEUS monitoringsaktiviteter udover PROMICE og GEM udbygget og konsolideret med integration af 18 nye stationer på den indre del af Indlandsisen fra GC-net samt en klimastation fra Camp Century.

På vandområdet blev der i 2022 påbegyndt et projekt for Miljøstyrelsen og Landbrugsstyrelsen med det formål at fordre den nationale retentionsmodel for kvælstof fra udvaskning under marker til havet, med det formål at foretage reguleringen på bedriftsniveau. Projektet afsluttes i 2024 og gennemføres i samarbejde med Aarhus Universitet. I 2022 blev også, i samarbejde med DMI og SDFE, påbegyndt et udredningsprojekt med det formål at etablere et nationalt varslingsystem til varsling af oversvømmelse ved ekstreme vejrhændelser.

GEUS oplevede i 2022 et travlt år også indenfor den administrative og organisatoriske del af institutionen. Det var især den almindelige drift, der i løbet af året var stærkt udfordret, særligt i forhold til rekruttering af nye medarbejdere, hvor antal af nyansættelser var meget højt, bl.a. på grund af en række nye og højt prioriterede opgaver, herunder CCS og havvind. Det betød et stort pres på HR og medførte knappe ressourcer til de mere udviklingsorienterede opgaver, dog lykkedes det at få færdiggjort de nye værdier for GEUS, ligesom også GEUS' nye ledelsesgrundlag blev udarbejdet. Med hensyn til økonomi har afdelingen været præget af udfordringer med rekruttering af nye medarbejdere, særligt *controllere*, samtidig med, at der stadig arbejdes intenst med at få implementeret nye værktøjer indenfor økonomimodellen. Endelig har der været store udfordringer i forbindelse med overgangen til Statens IT, som fortsat er uafsluttet.

Med hensyn til de kvantitative indikatorer videnskabelige artikler med *peer-review*, hvor GEUS-medarbejdere er førsteforfattere, med 91 mod måltallet på 85 artikler nået i 2022. Derudover var GEUS-medarbejder medforfattere på 125 artikler mod måltallet på 95. Målet på 35 artikler i egne serier blev desværre ikke nået, idet der blev udgivet ni i 2022, heraf en større monografi samt en kortbladsbeskrivelse. Måltallet på ti professorer blev ikke nået med syv professorer på GEUS, hvilket primært skyldes at intern udnævnelse af nye professorer afventer implementering af den nye stillingsstruktur. Medarbejdere på GEUS bidrog i 2022 til vejledning af 18 ph.d.-studerende, der opnåede grad, hvilket er over måltallet på otte. Som følge af en omprioritering fra de bevilgende myndigheder, lægges der i forskningsprojekter nu mindre vægt på uddannelse af ph.d.-kandidater, og GEUS-medarbejdere medvejledte ved udgangen af oktober 2022 29 studerende mod måltallet på 45. Derudover var GEUS-medarbejdere medvejledere for 53 master-studerende (heraf opnåede 28 grad), hvilket er over måltallet på 35.

## 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 præsenteres 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 2022:

- Opdatering af siderne om GEUS' arbejde på geus.dk samt sikring af at de er målrettet interessenterne.
  - Arbejdet er påbegyndt, men det blev i løbet af året besluttet at gennemføre en større opdatering af geus.dk, hvorfor arbejdet fortsætter i 2023.
- 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 blev gennemført to eksterne kommunikationskampagner i 2022: én om klimaforskning på Indlandsisen i samarbejde med Afdelingen for Glaciologi og Klima samt én om grundvandsstanden.dk i samarbejde med Hydrologisk Afdeling.
- Markedsføring af publikationsdatabase PURE på geus.dk, så GEUS' rapporter og videnskabelige publikationer er let tilgængelig digitalt til gavn for øget videndeling.
  - PURE bliver markedsført på geus.dk via link på forsiden, automatiske feeds med nyeste publikationer samt links til individuelle profiler i alle kontaktbokse. Derudover bliver links til PURE også brugt aktivt i forbindelse med pressearbejde.

**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 2022:**

- Øget brug af givende illustrationer i forbindelse med formidling af faglig viden og nyheder til borgere og interessenter.
  - GEUS' grafiske enhed har bidraget til en række projekter med alt fra videnskabelige illustrationer, infografikker, film (herunder også animerede) og webdesign – bl.a. inden for emnerne CCS, Indlandsis og Grundvand.
- Gennemførelse af en intern kampagne med det mål, at kollegerne er bedre rustet til formidling til omverdenen og kender bedre til mulighederne for samarbejde med Afdelingen for Presse og Kommunikation og i højere grad benytter disse.
  - Forberedelserne er i gang, men kampagnen afventer den nye kommunikationsstrategi, der udarbejdes i andet halvår, så kampagnen er udsendt til 2023. Dog blev der i oktober afholdt en præsentation for afdelingerne i Aarhus med det formål at oplyse medarbejderne om deres muligheder for samarbejde med Afdelingen for Presse og Kommunikation.
- Udgivelse af tre udgaver af Geoviden, videreudvikling af onlineuniverset med mere på baggrund af læserundersøgelse samt gennemførelse af markedsføringsinitiativer målrettet gymnasieundervisning.
  - I maj blev der udgivet ét nummer af Geoviden med temaet Ild i landskabet samt udsendt en plakat om CO<sub>2</sub>-lagring. I oktober blev der udgivet ét Geoviden om nedlukning af olie- og gasfelter i Nordsøen og i december et nummer om karrieremuligheder inden for geovidenskab.

Derudover deltog Geoviden med en stand ved Big Bang-konferencen for undervisere, og der blev gennemført en læserundersøgelse med positiv feedback.

- Deltagelse i Kulturnat i både Danmark og Grønland
  - Kulturnat i Grønland i januar blev aflyst pga. COVID-19. GEUS deltog i Kulturnat i Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet i oktober med emnerne CCS, geotermi, grundvand og VR-briller med 360 graders-videoer fra GEUS' feltarbejde.



**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 implementere GEUS' professorplan og publikationsstrategi med fokus på at øge antallet af publikationer pr. medarbejder og citationer, især i *high-impact* tidsskrifter for at oprettholde 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 2022:**

- I samarbejde med det eksterne board fastsættes målsætninger for GEUS Bulletin, og der arbejdes på at publicerede data følger FAIR-principperne.
  - Der er i samarbejde med den rådgivende komité fastsat målsætninger for GEUS Bulletin, hvilket bl.a. omhandler processen ved udgivelse af videnskabelige artikler, justering af årsrapport vedr. bulletinen, oversættelse fra dansk til engelsk samt markedsføring. I forhold til FAIR-principperne opfordres forfatterne fx. til at aflevere supplerende data, som publiceres med eget DOI (*Digital Object Identifier*) i GEUS' *DataVerse*.
- Udgivelse af digitale geologiske kort og beskrivelser med tilhørende *supplementary data*.
  - Der arbejdes på et antal geologisk kort fra Grønland, hvoraf tre trykte kort fra Karrat-området i Vestgrønland vil blive gjort tilgængelige digitalt i 2023. Tilhørende kortbladsbeskrivelser følger efter endt review-proces. Der arbejdes desuden på et nyt digitalt kort i 1: 500 000 for hele Grønland, der vil udkomme i starten af 2023 samt en ny, sømløs digital kompilation af 1: 100 000 kortene i Sydgrønland, der udkommer digitalt i foråret 2023.

*Øvrige aktiviteter:*

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

- Indretningen af det fysiske *makerspace* er gennemført. Der er stor efterspørgsel på 3D-print til bl.a. klimastationer, laboratorier og fossiler. Der er samtidig fortsat en udvikling i gang omkring *Virtual Reality* med fx 360 graders film fra feltarbejde, som også var med på KulturNatten. Forskerne opfordres desuden til at medbringe 360 graders-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. Derudover blev der i 2017 igangsat klimaovervågning ved Camp Century. 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, som 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 2022:

- Drift af PROMICE, herunder drift og kvalitetssikring af klimastationer samt opdatering af massetabsprodukter, ishastighedskort og isudbredelseskort.
  - Feltarbejde og drift af klimastationer forløber planmæssigt. Massetabsprodukter samt ishastighedskort er opdaterede, og et opdateret isudbredelseskort vil blive publiceret i begyndelsen af 2023.
- Drift af Greenland Climate Network (GC-net).
  - GC-net var i 2022 stadig i en opstartsfasen. Feltarbejde er gennemført planmæssigt og en række GC-net stationer er udskiftet til nye PROMICE-lignende stationer for at harmonisere driften. Der er gennemført en omfattende kvalitetssikring af de historiske datasæt, og dataprocesseringen er strømlinet og harmoniseret 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).
  - Feltarbejde er gennemført planmæssigt ved stationerne Zackenberg og Disko. To vejstationer ved Zackenberg er udskiftet og harmoniseret med PROMICE. GEM-databasen opdateres med nyeste data i starten af 2023. Geodætisk massebalance for A. P. Olsen iskappe er under udarbejdelse.
- Målinger og modellering af permafrost i Vaigat-området, herunder indhentning af data, kalibrering af klima- og permafrostmodel, genberegning af model samt servicering af feltinstrumenter.
  - Sommerens feltarbejde var kun delvist succesfuldt på grund af tekniske udfordringer med DTU's måleudstyr, men de fleste målinger blev dog gennemført som planlagt. Modelleringsarbejdet mht. sne- og overfladetemperatur er i gang. Genberegning af nedskalerede klimamodeller afventer data fra DMI.

- Ledelse og deltagelse i projekter for ESA og EU-Copernicus vedrørende nye sne- og albedo-produkter for Arktis samt ledelse eller deltagelse i mindst to nye ansøgninger til ESA eller EU vedrørende udnyttelse af satellitdata.
  - GEUS leder fortsat to ESA-projekter om sne og albedo. Derudover er GEUS partner i et ESA-projekt om subglaciale processer samt i et EU-projekt om sne og albedo. To succesfulde ansøgninger har resulteret i ét ESA- samt ét Copernicus-projektet om henholdsvis smeltedvandssøer på Grønlands indlandsis og integrering af klimastationsdata i vejrmødeller.
- Integration af isovervågning i europæisk sammenhæng gennem deltagelse i udvikling af forskningsinfrastrukturen *Greenland Integrated Observing System (GIOS)*.
  - Klargøring af instrumenter og måleudstyr er forløbet planmæssigt. Der er planlagt udbygning af den hydrografiske monitorering af Watson River med nye sensorer på to lokaliteter samt opsætning af en *Global Navigation Satellite System (GNSS)*-station.

**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 arbejde på at tiltrække nye forskningsprojekter og i videst muligt omfang søge at udnytte vores eksisterende monitoringsaktiviteter som en omkostningseffektiv platform for indsamling af data. Et vigtigt bidrag til forskningen kommer i form af ph.d.- og postdoc-projekter, og vi vil yde en aktiv indsats for at tiltrække og vejlede disse.

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 2022:**

- Studier af havis og primærproduktion i Arktis.
  - Der er publiceret en videnskabelig artikel om emnet, mens en anden artikel er indsendt om havisvariationers virkninger på det arktiske økosystem i Holocæn.
- Rekonstruktion af glaciale variationer i tilstrømningen af atlantisk vand mod Grønland og udløbsgletsjeres dynamiske forandringer
  - Der er publiceret en videnskabelig artikel indenfor emnet baseret på et studie fra Sydøstgrønland samt en artikel om det atlantiske vands konsekvenser for det marine økosystem i det 20. århundrede. Der er arbejdet på studier til snarlig indsendelse: et isflydemodelleringsstudie af Helheim Gletsjeren og på et studie af sedimentproduktion fra iskappen. Der er ansat en postdoc til at rekonstruere variationer i havet ved Sydøstgrønland gennem de seneste 2.000 år.
- Studier af havstrøms- og havis forandringer i Nordvestgrønland i Holocæn.

Materialer fra ICAROS21-ekspeditionen er under bearbejdning, og en workshop som opfølgning på ekspeditionen blev afholdt i GEUS i november med deltagelse af samarbejdspartnere fra DMI, Aarhus Universitet og Grønlands Naturinstitut. Derudover deltager GEUS i nyt *ArcticNet*-projekt samt i en ansøgning om deltagelse i den kommende ekspedition til *Lincoln Sea* med isbryderen "Amundsen".
- Studier af Jakobshavn Isbræs reaktion på klimaforandringer, bl.a. gennem databehandling og isflydemodellering af udviklingen af Indlandsisen.
  - De sidste observationer ved Jakobshavn Isbræ er indsamlet, og der er efterfølgende udført isflydemodellering. Foreløbige resultater viser nu store ændringer op til 100 km fra isfronten. Der er udarbejdet og indsendt to videnskabelige artikler om emnet.
- Studier af bundsmeltningprocesser ved indlandsisens udløbsgletsjere.
  - En ny publikation med tilhørende datasæt er under forberedelse. Her vil bundsmeltningen for hver udløbsgletsjer blive fremlagt og sat sammen med GEUS datasæt for isbjergskælving og overfladesmeltning. Dette vil give et fuldt ferskvandsbudget på gletsjer-basis – et datasæt der hidtil ikke har eksisteret. Lokalt til udførelse af feltarbejde i Sydgrønland i 2023 er udvalgt og feltarbejdet er under forberedelse.

- Deltagelse i eller ledelse af udarbejdelse af mindst fem nye forskningsfondsansøgninger.
  - Der er indsendt tre ansøgninger til Villumfonden (afvist), to til Uddannelses- og Forskningsministeriets Inge Lehmann-program (begge imødekommet) under Det Frie Forskningsråd samt en *ERC Advanced Grant*-ansøgning (afvist). Seks ansøgninger indsendt til Det Frie Forskningsråd (DFF) afventer svar.
- Deltagelse i og ledelse af internationale arbejdsgruppe med indblik til at reducere usikkerheden i indsamling og fortolkning af klimaproxy-data.
  - En international workshop blev afholdt i GEUS i november om '*Time-series analyses of marine proxy data*' med finansiering af *Past Global Changes (PAGES)/World Climate Research Programme*. Der er desuden udgivet en videnskabelig artikel indenfor emnet (*invited review*).

### 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 CO<sub>2</sub>-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 2022:

- Pilotprojekt omhandlende rekonstruktion af forandringer i Golfstrømmen og Indlandsisen under Eem-tiden.
  - Der er udført pilotstudier af ældre danske boreprøver fra Aarhus Universitets kernelager. Desuden er der indsendt en forskningsansøgning om emnet til DFF.
- Analysere 100+ årige tidevandsdata fra en række stationer i forskellige danske farvande med henblik på at kunne forudsige fremtidige havniveaueændringer for disse stationer.
  - Der er udgivet en artikel i GEUS Bulletin om implementering af data fra *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)'s Sixth Assessment Report* for fire tidevandsstationer i Danmark med henblik på at analysere de enkelte delkomponenters betydning for havniveauprojektioner. Mulighederne for at udvide dette til andre lokaliteter i Danmark undersøges.
- Kortlægge kystudviklingen fra slutning af 1800-tallet for en række lokaliteter i Danmark.
  - Der arbejdes på kortlægning af kystudviklingen siden slutning af 1800-tallet med fokus på ændringer siden 1990'erne. I tillæg til dette udføres feltarbejde, hvor der indsamles højopløselige dronebilleder samt målinger af tidevandet, temperatur og saltindhold.
- Færdiggørelse af tværfaglige projekt om effekterne af ferskvand fra Grønlandsis afsmeltning i fjord primærproduktion omkring Grønland.
  - En videnskabelig artikel om emnet er netop publiceret i *The Cryosphere* og valgt som "Highlight Paper". Tre andre artikler er under udarbejdelse.
- Studier af effekterne af klimaforandringer i Holocæn-epoken i det arktiske marine økosystem, bl.a. ved brug af DNA fra organisk materiale i sedimentkerner.
  - To videnskabelige artikler indenfor emnet under udarbejdelse, og en artikel er under review. Et nyt Inge Lehmann projekt indenfor emnet er blevet bevilget af DFF med start i 2023.
- Rekonstruktion af marine klimasvingninger, bundstrømsforhold og kobling til iskappe-dynamik ud fra senkvartære aflejringer fra den nordøstlige del af Baffin Bugt.
  - Der er arbejdet med opsporing af smeltevandsafstrømning fra Grønlands Iskappe, bl.a. ved hjælp af isotopteknikker udført på marine sedimentkerner. En artikel om emnet er under revision. Desuden udføres, i samarbejde med DTU-Physics, forsøg med CT-scanning af sedimentprøver til bestemmelse af indholdet af glacialt transporteret materiale.

- Bidrag til forståelse af, hvordan havstrømme og klimasvingninger påvirker marine økosystemer omkring Island gennem deltagelse i et tværfagligt, dansk-islandsk forskningscenter (*ROCKS*).
  - Der er udført palæo-oceanografiske og marin-økologiske analyser af sedimentkerner indsamlet i 2021, bl.a. med henblik på etablering af en aldersmodel. Desuden er to postdoc-projekter i gang med GEUS-vejledning indenfor emnet, og de første resultater blev i august præsenteret på 14<sup>th</sup> *International Conference on Paleoceanography* i Bergen.

**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 samt fagfællebedømmelse af disse. Desuden vil vi levere lettilgængelige, kvalitets-sikrede 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 2022:**

- Bidrag til den tematiske rapport: *'Trends, effects, and societal implications of Arctic climate change'*, der udarbejdes under *Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*.
  - Rapporten udkom i juni 2022 med titlen: *AMAP Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts*. Der arbejdes på en videnskabelig artikel som opsummerer resultaterne.
- Bidrag til *Arctic Report Card*, der udarbejdes under *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA's Arctic Program*.
  - Bidraget for 2022 er færdigt og publiceret: [Arctic Report Card: Update for 2022](#).
- Deltagelse i øvrige netværk som fx CryoNet under *World Meteorological Organisation*, *AMAP Climate Expert Group* samt *Scientific Steering Group for Climate and Cryosphere (CliC)* under *World Climate Research Programme (WCRP)*.
  - GEUS har deltaget i møder og i udarbejdelse af rapport under *AMAP* og *CliC WCRP*.
- Opdatering af PROMICE/GC-net webside med de nyeste dataprodukter, så disse gøres frit tilgængelige.
  - PROMICE/GC-net websiden opdateres løbende med nyudviklede produkter.



**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 samfundsmæssige 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 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 2022:**

- Videreudvikling af hydrologiske modeller i høj opløsning til at undersøge påvirkning af fremtidig havniveaustigning på grundvandsstigning og oversvømmelse fra vandløb.
  - Der er opstillet hydrologiske modeller for oplandet til Ribe Å og for Københavnsområdet. I den første model analyseres scenarier for Kammerslusen og i den sidste på forskellige vandindvindings-scenarier. For begge studier analyseres oversvømmelsesrisici i samspil med fremtidigt klima samt havniveau mv. Arbejdet fortsætter i 2023, bl.a. med kvantificering af klimaeffekt samt usikkerhed.
- Vurdering af effekter af forskellige generationer af urbane geologiske modeller til forbedret simulering af terrænnær grundvandsstand.
  - Der er gennemført en vurdering af effekten af at etablere urbane elementer som sandtracer langs veje, ledninger og rør i hydrologisk modellering af terrænnært grundvand i Odense. Resultater er analyseret og dokumenteret i en videnskabelig publikation, som er under review.
- Udvikling af integrerede hydrologiske modeller i stor skala med henblik på kombinerede scenarie-analyser af ændringer i klima og arealanvendelse i Ghana, herunder ny tilgang til at udnytte observationsdata i kalibrering for oplande med få målestationer.
  - Kalibrerede modelversioner for to valgte oplande er klar, og der er udført test med henblik på bedre udnyttelse af observationer samt brug af alternative kalibreringsmål. Tre ghanesiske ph.d.-studerende har været på ophold i GEUS, og der er afholdt årsmøde i Ghana.
- Estimering af effekter af vandløbsrestaurerings- og vådlægningsprojekter på afstrømningen og oversvømmelser med højopløselige modeller i sammenhæng med lavbundsprojekter.
  - Der er opstillet fire højopløselige hydrologiske modeller for historiske vandløbsrestaureringsprojekter, (Brede Å, Stavis Å, Gels Å, Halkær Å) med henblik på at belyse effekten af restaurerings- og vådlægningsprojekter på hydrologien. Effekten af vandløbets slyngningsgrad på dens effektive ruhed er indarbejdet. Efter ønske fra interessentgruppen er der nu et nyt fokus er på effekter af vådlægning på minimumsafstrømning/baseflow (tidligere fokus har været maksimumhændelser).

*Øvrige aktiviteter:*

Bidrag til udvikling af bæredygtig grundvandsbaseret vandforvaltning i Sydafrika, især bæredygtig markvanding, baseret på bl.a. hydrologisk modellering og interessentinvolvering.

- Der er opstillet en integreret hydrologisk model for Hout- og Sand-oplandene i den nordøstlige del af Sydafrika. Modellen bidrager med input til kvantificering af forskellige indikatorer for bæredygtig vandforvaltning. Til forskel fra danske forhold er overfladevandssystemet upåvirket af ændringer i grundvandsspejlets (dybe) beliggenhed, og vil derfor være uafhængigt af grundvandsindvindingen. Der er derfor behov for at opstille nye kriterier for bæredygtighed, inden en specifik metode til kvantificering af bæredygtig indvinding kan estimeres.

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

- GEUS-ansat gav en præsentation ved *United Nations Oceans Conference Event 'Marine networks in support of SDG14'*.

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

- GEUS deltog med tre deltager i online-møde.

Deltagelse i Ilulissat Isfjordscenter *Advisory Board*.

- GEUS har støttet Avannaata Kommunia (Ilulissat) Ilulissat Isfjordskontor i organisering og dataleverance til deres årlige rapportering for verdensarvsområdet til UNESCO.

## 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, og i Grønland i samarbejde med Grønlands Naturinstitut

Vi vil bidrage til Danmarks Havstrategi II 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 2022:

- Bidrage til ansøgninger om udvikling af kombineret rum-, luft- og skibsbåren havbundsmonitoring samt storskala naturgenopretning i kystzonen.
  - Et EU-LIFE projekt om naturgenopretning i bl.a. Limfjorden er søgt og bevilliget, og projektet igangsat i september.
- Udvikling af et morfologisk kort samt et geodiversitetskort for havbunden i de danske farvande baseret på eksisterende data.
  - Udviklingen af de to kort er igangsat i regi af hhv. EU-projektet EMODNET samt et nordisk samarbejdsprojekt. Første generation af kortene forventes klar i efteråret 2023.
- Videreudvikling af samarbejde mellem Geodatastyrelsen og GEUS om fulddækkende og detaljeret havbundskortlægning rettet mod opbygningen af en multifunktionel havbundsmodel.
  - Der er aftalt regelmæssige møder med henblik på udviklingen af et formaliseret samarbejde omkring havbundskortlægning.
- Videreudvikling af automatiske og optimerede metoder til klassifikation af substratyper, geomorfologiske enheder og naturtyper (habitattyper) med anvendelse af statistiske naboanalyser og *machine learning*.
  - Der er udgivet to videnskabelige artikler om hhv. (geo)morfologisk kortlægning med anvendelse af statistiske naboanalyser og om kortlægning af sten/stenrev med anvendelse af *machine learning*. Der arbejdes derudover på flere artikler indenfor emnet med forventet udgivelse i 2023.

- 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.
  - Der arbejdes løbende med videreudvikling af *best practice*, bl.a. i projekter for Miljøstyrelsen om hhv. kortlægning af havbunden i beskyttede områder samt geofysisk kortlægning af stenrev. Desuden fortsættes videreudvikling af *best practice* i den lavvandede kystzone i et projekt med pilotområder nær Nuuk, Grønland.
- Gennemførelse af togter i Nordsøen, der skal belyse indflydelsen af olie/gas-indvinding forud for dekommissionering af platforme. Udføres i samarbejde med Aarhus Universitet og *Danish Hydrocarbon Research and Technology Centre* ved DTU.
  - Der er i 2022 udført et kombineret togt (seismik samt boringer) i Nordsøen i nærheden af boreplatforme. Arbejdet med beskrivelse af kerner og overfladeprøver fra de to togter er i gang, og der er udviklet en foreløbig seismo-stratigrafisk model for områder uden for Centralgraven. Alt feltarbejde i forbindelse med projektet er afviklet.
- Igangsætning af projekter om marin og kystnær geodiversitet og geosystemer og om havbundens geosystem tjenester. Herunder udgivelse af tematisk udgave i *GEUS Bulletin* om havbundens geodiversitet og geosystem tjenester.
  - Et EU-LIFE projekt om naturgenopretning i bl.a. Limfjorden er igangsat i september. Første artikel i den tematiske udgave i *GEUS Bulletin* er udgivet 2022, de øvrige artikler vil følge i 2023, således at den tematiske udgave kan præsenteres til den årlige *International Geodiversity Day* i oktober.

**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 vil fortsætte undersøgelsen 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. Herunder vil der blive fokuseret på, 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 monitorering af jordskælv i Danmark og Grønland i samarbejde med internationale organisationer.

**Aktiviteter i 2022:**

- Afrapportering til Naalakkersuisut (Selvstyret) af fjeldskredsprojektet i Grønland.
  - Det sidste feltarbejde blev udført i sommeren, og den endelige rapportering er afleveret til Beredskabskommissionen. Departementet for Råstoffer og Justitsområdet under Selvstyret står for formidling til borgerne om de endelige resultater.
- Igangsætning af modellering af hvorledes potentielle tsunamier genereret af fjeldskred kan påvirke nærliggende bygder og byer.
  - De sidste tsunamimodelleringer er afrapporteret til Beredskabskommissionen og departement for Råstoffer og Justitsområdet, og der arbejdes videre med publicering af modeltekniske aspekter af modelleringerne.
- Fortsat vurdering af risikoen for fjeldskred på kritiske lokalitet langs kysterne i Grønland med henblik på dels at informere grønlandske myndigheder, hvor der vurderes at være akut fare for nye skred, dels ved udgangen af tredje kvartal 2022 at udarbejde en vurdering af risici for udsatte områder.
  - Med den endelige afrapportering er GEUS' arbejde afsluttet.
- Et togt, finansieret af Dansk Center for Havforskning, blev gennemført i det centrale Vestgrønland i september 2021 med fokus på indsamling af marine data til belysning af fjeldskred, tsunamier og palæoklima. I 2022 gennemføres analyse af de indsamlede data.
  - De indsamlede data er bearbejdet i regi af et Geocenterprojekt. Nye seismiske data og prøvetagninger bidrager med data til anvendelse i forbindelse med tsunami- og aldersmodellering.
- Tolkning og processering med henblik på publicering af et stort antal marine geofysiske data, indsamlet på et togt i efteråret 2019.

- Databehandling pågår i regi af Geocenterprojekt og fortsætter i 2023.
- Indsamling og bearbejdning af data fra seismiske stationer i Danmark og Grønland samt deltagelse i internationale programmer om bedre udnyttelse af den seismologiske infrastruktur.
  - Indsamling og bearbejdning af data forløber som planlagt. I forbindelse med sprængningerne af Nord Stream 2-gasledningerne i Østersøen i september måned, blev der i en periode etableret døgnovervågning af seismiske data.
- Screening for historiske og nylige landskred i Danmark med henblik på kortlægning og for at vurdere risikoen for øgede hyppigheder og omfang som følge af klimaforandringer.
  - Den danske landskredsdatabase blev publiceret i et videnskabeligt tidsskrift i sommeren, og den tilhørende artikel er ultimo januar 2023 læst 1.300 gange. Et debatindlæg blev publiceret i Altinget i foråret, hvor det beskrives, hvordan klimaforandringerne øger risikoen for landskred og derfor bør tænkes ind i klimatilpasningen. Herudover arbejdes der på en artikel om aktive landskred ved Vejle, som påvirkes af klimaforandringerne.

**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 2022:**

- Etablering af vandspejlsmålinger til vidensopbygning og reeltids-overvågning af ændringer i vandspejl i interaktionen mellem dybe og terrænnære magasiner ved lavbundsJORDE.
  - Der er udviklet et nyt monitoringsystem, der følger grundvandsstanden i Danmark i realtid samt ændringer over tid. Systemet består ultimo 2022 af et netværk af 81 sensorer (udbygges løbende), der konstant måler grundvandsstanden på en række lokationer i Danmark. [www.grundvandsstanden.dk](http://www.grundvandsstanden.dk) blev lanceret i juni ved et åbent arrangement i GEUS.
- Analyser af sammenhænge mellem grundvandsmagasiner og søer med højt fosforindhold og hvordan udvekslingen mellem dybereliggende grundvand og søerne sker.
  - I regi af et Geocenterprojekt er der udført en detaljeret analyse af geofysiske data fra 2020 samt af data fra feltundersøgelser udført i 2021. På baggrund af dette, samt nye termografiske målinger fra en kold vintermorgen, er de mest sandsynlige områder for udstrømning af fosforholdigt grundvand i søbunden udpeget, og der er fulgt op med yderligere feltundersøgelser i juni. Desuden arbejdes der på at skaffe midler fra Miljøstyrelsen til klassificering af danske Vandplan 3-søer og udveksling mellem søer og grundvand, herunder kemiske forhold.
  - Desuden er der i regi af Miljøstyrelsens projekter til forberedelse af næste vandplan, blevet udarbejdet naturlige baggrundsværdier i grundvand for barium og fosfor, til brug for vurderingen af påvirkningen af overfladevand. Projektet er gennemført efter de samme principper, som blev anvendt til Vandplan 3-tilstandsvurderingen for sporstoffer.

**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. Analyser af abrupte palæoklimatiske forandringer, fx forårsaget af forøget indhold af CO<sub>2</sub> i atmosfæren på grund af vulkanisme eller frigivelse af metan fra havbunden, kan øge forståelsen af klimasystemets sårbarhed og reaktioner såsom *tipping points*, foruden at give værdifuldt input til fx *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC's klimamodeller.

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, stratificering, svækket cirkulation, havbunds død, uddøen af koralrev, havstigning, intensivering af orkansystemer, ørkenudbredelse, habitatbegrænsninger, skovdød 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 2022:**

- Opbygning af fælles platform i regi af *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 dialog med GLOBE om formel etablering af et strategisk samarbejde. Der har været gensidige besøg, bl.a. besigtigelse af analysefaciliteter i GEUS. Desuden har GLOBE allerede adgang til egen analysefacilitet, som er etableret i GEUS.
- Belysning af Grønlands glaciale 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 *International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 400; "NW Greenland Glaciated Margin"*.
  - Der er opnået finansiering til deltagelse i *IODP Expedition 400* gennem to succesfulde ansøgninger til hhv. DFF og Carlsbergfondet og forberedelserne til gennemførelse i 2023 er i gang, herunder publicering af *Scientific Prospectus* samt udvælgelse af den videnskabelige besætning. Danmark er stærkt repræsenteret med tre videnskabsfolk, alle fra GEUS, herunder en *Co-Chief Scientist*. Andre ansøgninger med fokus på et *post-cruise*-forskningsprogram er i proces.



### Øvrige aktiviteter:

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

- Arbejdet forløber som planlagt med fortsat beredskab omkring kommende anbefalinger fra sokkelkommissionen og opmærksomhed på at få inddraget ny indsamlede forskningsdata fra andre nationer.

Fortsat arbejde med at vurdere mulighederne for etablering af et geologisk slutdepot i ca. 500 meters dybde for Danmarks radioaktive affald.

- Der blev i januar 2022 udgivet i alt ni rapporter, der beskriver Danmarks geologi i ca. 500 meters dybde og som ud fra en række kriterier og for i alt 11 overordnede områder vurderer egnetheden til placering af et slutdepot. Arbejdet frem mod videre detaljerede feltundersøgelser er påbegyndt, men sat i bero, da det er uklart, hvornår Uddannelses- og Forskningsministeriet vil starte dialogproces med kommunerne om mulige lokaliteter for slutdepotet.

Undersøgelse af fordele og ulemper ved ild som omkostningseffektiv naturpleje.

- Undersøgelsen forløber planmæssigt.

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.

- Feltarbejde er i gang, og der er taget initiativ til hydrologiske målinger i forbindelse med nyt Geocenter-projekt.

Fortsat arbejde med en mere nøjagtig beskrivelse af, hvordan strukturer af vegetation i forskellige arealanvendelser kontrollerer interceptionstab og tilførslen af vand til jordens umættede zone.

- En analytisk interceptionsmodel er anvendt i henholdsvis nåleskov og løvskov til bestemmelse af hvor stor en del af nedbøren, der fordampes direkte fra træernes overflade. En videnskabelig artikel om resultaterne er fremsendt til tidsskrift. Der er desuden opsat en energibaseret fordampningsmodel for hhv. skov og mark, og begge modeller er kalibreret med tilfredsstillende resultater. Modellerne er efterfølgende valideret mod *Cosmic Ray* data. Efterfølgende er de to modeller benyttet til at beskrive effekten af skov på vandbalancen.

Fortsat arbejde med kvantificering af CO<sub>2</sub> udledning fra naturen gennem udvaskning af nitrat fra brug af gødning på marker og transport og frigivelse af CO<sub>2</sub> via nitratholdigt grundvand.

- I et nyt Geocenterprojekt er der arbejdet med dataindsamling, måling og procesforståelse af kilderne til CO<sub>2</sub>-emission ved denitrifikation af nitrat i undergrunden i et hydrologisk opland. Der er udtaget vandprøver for at opfange den tidsmæssige og rumlige variabilitet af C- og N-signaler i vandløb til oplandet ved et LOOP-område. Der er også foretaget målinger i grundvandet. Analysedelen udestår dog på grund af udfordringer med instrumentering på KU. I samarbejde med en gæstende postdoc fra Tyskland er virkningen af forbedret denitrifikation på spormetalmobilitet undersøgt. I forbindelse med dette projekt er der i august, i samarbejde med Aarhus Universitet, indgivet en projektansøgning til Landbrugsstyrelsen med fokus på at undersøge kalkningens påvirkning af drivhusgasudledningen, dvs. CO<sub>2</sub> og N<sub>2</sub>O, som dog ikke blev imødekommet.

## 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 Vandrammedirektiverne. 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.

Derudover forventer vi at fortsætte driften af Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider (VAP) og om muligt udbygge systemet, så der kan testes endnu flere pesticider og nedbrydningsprodukter. Rammen for dette arbejde afhænger af den kommende Pesticidhandlingsplan, der gælder fra 2022. 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 2022:

- Fortsat drift af mindst fem VAP-marker.
  - De fem VAP-marker driftes fortsat med udbringning af bekæmpelsesmidler og efterfølgende monitorering af moderstoffer og udvalgte nedbrydningsprodukter i drænvand, sugeceller og grundvand. Den politiske vedtagelse af Sprøjtemiddelstrategi 2022-2026 har sikret fortsat drift af disse marker frem til 2026 samt tilført ekstra finansiering, der hovedsageligt vil blive anvendt til reovering af nedslidt infrastruktur på markerne.
- Fortsat modernisering af dataudtræk til afrapportering af grundvandsovervågningen (GRUMO).
  - Der arbejdes kontinuerligt med at modernisere dataudtrækkene. Seneste fokusområde er modernisering af dataudtræk repræsenterende de organiske mikroforureninger, herunder PFAS (per- og polyfluorerede alkylstoffer) og bedre afgrænsning af aktive indvindingsboringer. Der er i årets rapport for grundvandsovervågningen fokuseret på grundig rapportering af PFAS-resultater samt arbejdet ekstraordinært med muligheder for at anvende temperaturmålinger som indikator for klimaforandringer.
- Fortsat assistance til Miljøstyrelsens grundvandskortlægning med forventet fokus på bl.a. kortlægning af begravede dale, opdatering og udstilling af Miocæn3D-modellen.
  - GEUS har fået en fast rolle som sparringspartner i forhold til planlægning, udførelse og kvalitetssikring i Miljøstyrelsen kortlægningsopgaver.
- Anvendelse af det faglige udbytte af tilstandsvurdering af grundvandsforekomster i forhold til pesticidindhold i nye projektsammenhænge, og formidling af væsentligste resultater både nationalt og internationalt.

- I regi af initiativet Bæredygtig Vandforsyning har der i samarbejde med Region Sjælland, Danske Vandværker og Køge Kommune været arbejdet med at vurdere, hvorvidt nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) kan anvendes i forbindelse med udpegning af pesticidfølsomme områder. Projektet har givet en række erkendelser, der kan anvendes i det videre arbejde med tilstandsvurderinger for Miljøstyrelsen. Rapport herom er under udarbejdelse.
- Idriftsættelse af monitoringsystem for indholdet af de stabile isotoper  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  i nedbør og grundvand.
  - Der er etableret ni stationer, hvor der indsamles nedbørsprøver. Endvidere indsamles (via Miljøstyrelsens prøvetagere) prøver fra GRUMO-boringer, og monitoringsystemet udbygges fortsat.
- Øget viden og forståelse af cirkulære vandteknologier, fx i forbindelse med genvinding af råstoffer fra vandrensning samt i relation til *managed aquifer recharge* (MAR) løsninger.
  - Der er igangsat to forskningsprojekter om cirkulær udnyttelse af arsen fra jernholdigt vandværksslam. Projekterne er finansieret af henholdsvis Geocenter og DFF. Derudover fortsættes et Danida-projekt med fokus på MAR i Sydafrika, og der er skaffet EU-finansiering til et projekt, hvor der bl.a. skal arbejdes med grundvandskvalitet i forbindelse med infiltrationsløsninger til byvand.
- Indsendelse af mindst to nye projektansøgninger med tværfagligt indhold og fokus på forståelse af forskellige stoffers skæbne i jord- og vandmiljø.
  - Der er opnået bevilling fra Innovationsfonden til et projekt med fokus på udvikling af *High Resolution Mass Spectrometry* (HRMS)-baserede analysemetoder samt anvendelse af disse til at belyse forskellige typer af problemstillinger i forhold til miljøfremmede stoffers skæbne i grund- og drikkevand. En DANCEA-ansøgning om kviksølvforekomst i grønlandsk smeltevand er imødekommet, og projektet er igangsat. Derudover er der indsendt en ansøgning med fokus på MAR i Europa til det første *call* i regi af et stort EU-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 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 hydrostratigrafiske 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 2022:**

- Udarbejdelse af detaljeret kort over grundvandsstanden for danske lavbundslande, baseret på feltmålinger, DK-model simuleringer og *machine learning* metoder. Kortlægning er afgørende for estimering af drivhusgasser fra lavbundslande. Arbejdet retter sig mod etablering af opdaterede emissionsopgørelser og et administrationsgrundlag for udtagning af lavbundslande.
  - Der er udarbejdet et kort over grundvandsstanden, der er præsenteret for projektgruppen. En videnskabelig artikel, der dokumenterer metoden og data, er under udarbejdelse og indeholder også en datasyntese af eksisterende danske drivhusgasmålinger (gennemført af AU-DCA) for at tilpasse de grundvandsafhængige emissionsmodeller til danske forhold. Artiklen beskriver desuden, hvorledes kortet kan bruges til estimering af drivhusgasser og som et prioriteringsværktøj, der kan understøtte udtagning af lavbundslande. Artiklen indsendes i januar 2023.
- Relancering af DK-modellens hjemmeside med fokus på let tilgængelig information om modellen samt udstilling af modelresultater via GEUS' GIS-infrastruktur.
  - Den nye hjemmeside er lanceret, og eksempler på modellen i anvendelse, links til udstillede data fra den seneste version (DK-model2019), rapporter, selve modellen og andet er gjort lettilgængeligt. Modeldata, kalibreringsstatistik samt simuleringresultater fra DK-model2019 er udstillet via en GIS-webportal og al data, inklusive selve modellen kan downloades fra GEUS' *Dataverse*.

**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 2022:**

- Syntetisering og publicering af resultater i forbindelse med udvikling af koncept for kortlægning af marker til målrettet regulering af kvælstofanvendelse i landbruget og analyse af muligheder for implementering i nitratretentionskort på national skala.
  - Der er i forbindelse med et Innovationsfondsprojekt udviklet teknologier og koncept for detaljeret kortlægning af geologiske, hydrogeologiske og geokemiske strukturer i undergrunden til stokastisk modellering af transport og omsætning af kvælstof i grundvandet på lokal skala. I et sideløbende udredningsprojekt for Miljøstyrelsen er muligheder for at sammensmelte konceptet nævnt ovenfor og den nationale kvælstofmodel til beregning af N-retention belyst. I et efterfølgende projekt for Miljøstyrelsen arbejdes der med at forbedre den nationale kvælstofmodel, der skal understøtte en ny N-reguleringsmodel for landbruget med bl.a. opdatering af den hydrostratigrafiske model, den geokemiske model for omsætning af nitrat, drænhåndtering mv.
- Udvikling af modeller til estimering af drænafstrømning på markskala samt forbedret metode til differentiering af kvælstofomsætningen baseret på en oplandstilgang.
  - Arbejdet med hydrologisk modellering af drænafstrømning på markskala er afsluttet med etablering af en række modeller, udvikling af en *machine learning* metode til opskalering samt integrering af resultaterne i en storskala-model. Denne er anvendt til at beregne kvælstofretention efter konceptet for den nationale kvælstofmodel, men i en højere opløsning på 100x100 m. Dette arbejde er publiceret i en Vand og Jord-artikel sammen med en separat artikel, hvor modelresultaterne anvendes til at kvantificere det økonomiske potentiale ved differentieret N-regulering. Det udviklede koncept skal gennemføres på national skala i nyt projekt.

**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 vil vi etablere et forsøgslaboratorium med mulighed for at udføre *High Resolution Mass Spectrometry* (HRMS) analyse af vandprøver med relativt lavt indhold af miljøfremmede stoffer. Analysefaciliteten forventes at kunne tages i brug til forskningsprojekter fra begyndelsen af 2022, hvor implementering af metoden i Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider (VAP) også påbegyndes. 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 2022:**

- Test af den nyetablerede HRMS-facilitet på vandprøver fra alle VAP-marker. Der udarbejdes forslag til, hvordan metoden kan implementeres mere permanent i VAP.
  - Grundet vanskeligheder med IT-infrastrukturen, i forbindelse med den forventede overgang til Statens IT, blev arbejdet med opstart af større mængder af analyser forsinket og udskudt væsentligt i 2022. Det planlagte, omfattende analysearbejde i forbindelse med VAP er udskudt til 2023, men anvendelse af faciliteten og udarbejdelse af screeningslister med stoffer til dette brug er godt i gang i forbindelse med andre forskningsprojekter.
- Fortsat dialog med Miljøstyrelsen om fælles ansøgninger og perspektiver ved anvendelse af HRMS-faciliteten i grundvandsovervågningsprogrammet.
  - Der er, bl.a. i samarbejdet med Miljøstyrelsen, skaffet finansiering hos Innovationsfonden til et projekt med fokus på udvikling af HRMS-baserede analysemetoder til forskellige problemstillinger inden for hele vandforsynings-værdikæden. Miljøstyrelsen leder i dette projekt en arbejdsplan om de regulatoriske forhold, der skal gøre sig gældende for implementering af metoden. Derudover er der løbende dialog med Miljøstyrelsen om den bedst mulige anvendelse af metoden.
- HRMS-analysefaciliteten indgår i mindst én større ansøgninger på grundvandsområdet, hvor der samarbejdes med Miljøstyrelsen.
  - Faciliteten indgik i ansøgning til Innovationsfonden jf. ovenstående aktivitet. Desuden gennemføres et MUDP-finansieret projekt om udvikling af HRMS-baserede analysemetoder til drikkevand.
- Fortsat undersøgelse af udvaskning fra anvendelse af triazol-svampemidler i landbruget (sprøjtemidler og bejdsemidler) og fra biocidanvendelse i maling og træbeskyttelse samt test af triazol-svampemidlernes selektion for resistens i potentielt patogene svampe.

- Der er arbejdet videre på to projekter finansieret af Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelpulje og opnået ny, vigtig viden, der efterspørges af en række interessenter i vandbranchen. Begge projekter er afsluttet, og resultaterne forventes offentliggjort af Miljøstyrelsen i foråret 2023.
- Generel vidensopbygning om "nye" forureningsstoffer med henblik på at vurdere mulige fremtidige forureningstrusler for grundvandet.
  - Der har i foråret 2022 været stort fokus på PFAS i det danske vandmiljø. GEUS har gennem arbejdet i GRUMO, og via diverse spørgsmål fra Folketinget, opbygget viden om denne stofgruppes forekomst i grundvandet i Danmark. Derudover har vi bidraget til den årlige vidensopsamling i forbindelse med opdatering af stoflisten i Drikkevandsbekendtgørelsens og i den forbindelse opnået ny viden særligt om pesticidstoffer.
- Afrunding af arbejde med bedre forståelse af forekomsten af pesticider i grundvand og overfladevand på landskabsniveau og arbejde med mulighederne for at skelne mellem pesticidkilder i forhold til forurening af grundvandet.
  - Skelneværktøjet, der indgik som en del af et Teknologiuudviklingsprojekt for Miljøstyrelsen (Miljøprojekt nr. 2200, marts 2022), er publiceret. GEUS har deltaget på ATV-møder med fremlæggelse af resultaterne.
- Der forventes igangsat videre arbejde i samarbejde med Miljøstyrelsen omkring konceptuelle modeller for tilstandsvurdering af grundvandsforekomster.
  - Der har i 2022 været gennemført et grundigt arbejde med sammenstilling af en række data og samtolkning på en række workshops med deltagelse af interessenter, herunder Miljøstyrelsen, regionerne og andre forskningsinstitutioner. Det foreløbige arbejde er rapporteret i et statusnotat til Miljøstyrelsen. Der arbejdes på et projektinitieringsdokument, der skal udgøre en del af det kontraktlige grundlag for det videre arbejde. Arbejdet fortsætter i 2023.
- Bidrag til epidemiologiske analyser af mulige sammenhænge mellem drikkevandskvalitet og sundhed med fokus på bl.a. nitrat.
  - Der er publiceret flere artikler i 2022 om sammenhængen mellem drikkevandskvalitet og sundhed, hvor GEUS er medforfatter. Artiklerne tæller flere om nitrat i drikkevandet mht. fertilitet og graviditet samt forskellige sygdomsudfald hos børn, relateret til GEUS' deltagelse i et amerikansk projekt i samarbejde med Institut for Folkesundhed på Aarhus Universitet. Desuden er der publiceret en artikel om sammenhængen mellem magnesium i drikkevandet og hjertekarsygdomme samt arsen i drikkevandet og hjertesygdom hos nyfødte i samarbejde med Statens Institut for Folkesundhed ved SDU. Desuden er der hjemtaget et projekt fra DFF om sundhedseffekter ved arsen i drikkevand under ledelse af Institut for Folkesundhed på AU.

#### Øvrige aktiviteter:

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

- I forbindelse med et ph.d.-projekt er der indsendt en videnskabelig artikel, som præsenterer ny metode til at kvantificere vandingsmængder via satellitdata med fokus på usikkerheder. Den ph.d.-studerende har været på et tremåneders ophold hos *The Research Institute for Geo-Hydrological Protection, Italian Research Council (IRPI-CNR)* i Perugia, Italien. Under opholdet og efterfølgende er der blevet arbejdet på en analyse, der indeholder en sammenligning af anvendelsen af forskellige typer satellitdata (jordfugtighedsdata og fordampning) til at kvantificere vandingsmængde.

## Grøn omstilling

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi vil understøtte den grønne omstilling og bidrage til målet om en 70% reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningen i 2030 med ny viden om mulighederne for lagring af drivhusgassen CO<sub>2</sub>.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet vil GEUS udføre forskningsaktiviteter med henblik på at vurdere mulighederne inden for fangst, lagring og anvendelse af CO<sub>2</sub> for at bidrage til, at Danmark kan nå regeringens mål om 70% reduktion i udledningen af CO<sub>2</sub> i 2030. Forskningsaktiviteterne skal bidrage til, at det geologisk-tekniske grundlag er til stede for effektiv og sikker deponering (permanent) og lagring (midlertidig) af CO<sub>2</sub>.</p> <p>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.</p>
<p><b>Aktiviteter i 2022:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aktiviteter som følge af midler fra Forskningsreserven igangsættes, herunder indsamling af geologiske data over tre til fem strukturer på land og kystnært. Strukturer, potentielt egnet til CO<sub>2</sub>-lagring, er i 2021 udvalgt i tæt samarbejde med departementet, og dataindsamlingen sker i 2022 i samarbejde med Aarhus Universitet og Københavns Universitet.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Indsamling over strukturerne ved Stenlille og Havnsø er færdiggjort, og dataindsamling over de næste fire områder er under forberedelse.</li></ul></li><li>• Deltagelse i partnerskab omkring <i>Carbon Capture, Utilization and Storage – CCUS</i>, der ultimo 2021 har indsendt større ansøgning til Innovationsfondens InnoMissionspulje. Partnerskabet består af aktører fra Industri, GTS, myndigheder samt universiteter og har til formål at levere målrettet forskning til opskalering af denne teknologi som konkret virkemiddel til at nå 2030 målsætningen. Aktivitetens igangsættelse er afhængig af udfaldet på ansøgningen.<ul style="list-style-type: none"><li>○ InnoCCUS partnerskabet er bevilliget og kontrakten blev underskrevet i maj. Der blev afholdt kick-off-møde i juni, og efter første udbudsrunde indgår GEUS i tre projekter (heraf to som projektleder), som har opnået bevilling fra programmet. Projekterne er alle igangsat og belyser muligheder for og effekter af CO<sub>2</sub>-lagring, bl.a. i udtjente olie-gasfelter.</li></ul></li><li>• Såfremt ansøgning fra Energistyrelsens Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram – EUDP imødekommes, igangsættes et stort pilotprojekt omkring cyklisk injektion af CO<sub>2</sub> i et udtjent oliefelt i Nordsøen.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Ansøgningen blev imødekommet, og GEUS deltager i arbejdsplaner om <i>de-risking</i> af reservoiret, test af materialer til brug i undergrunden samt en afsøgning af egnede monitorings-teknologier. Analyser og eksperimenter er igangsat, og GEUS har leveret en større mængde data og resultater til projektet. En større workshop for hele konsortiet er under planlægning til afholdelse i GEUS i januar 2023.</li></ul></li><li>• Igangsættelse af projekt finansieret af EUDP omkring monitorings-teknologier i forbindelse med CO<sub>2</sub>-lagring.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Projektet er igangsat og arbejdet forløber planmæssigt. Der blev afholdt en stor <i>risk</i>-workshop i efteråret med deltagere fra alle nationale og internationale parter i konsortiet. Workshoppen</li></ul></li></ul>



sigte var at adressere de primære udfordringer, der skal undersøges og afklares i forbindelse med etablering og drift af kommende CO<sub>2</sub>-lagre.

- Afholdelse af workshops med interesserede internationale lagringsoperatører om mulighederne for CCUS-industrien i Danmark. GEUS' arbejde med kortlægning af undergrundens potentiale for CO<sub>2</sub>-lagring, udført i slutningen af 2021, vil blive præsenteret.
  - Der er i regi af projektet under Forskningsreserven blevet afholdt to workshops med en række selskaber (mulige lagringsoperatører), hvor de foreløbige resultater fra den seismiske indsamlingskampagne blev fremvist sammen med planerne for de kommende kampagner.
- Samarbejde med myndighederne om rammerne for licensrunder og licenstildelinger til CO<sub>2</sub>-lagring.
  - GEUS har ydet bistand til Energistyrelsen i forbindelse med to licensansøgninger til CO<sub>2</sub>-lagring i den nordlige del af Nordsøen. Der er løbende kommunikation og samarbejde med departementet og styrelsen om implementering af CCS i stor skala.
- Fortsat planlægning af dataindsamling på en testfacilitet for CO<sub>2</sub> injektion ved Stenlille gas-lager, herunder indgå i strategisk samarbejde omkring en værdikæde, hvor Stenlille kan fungere som muligt CO<sub>2</sub>-lager.
  - Seismiske data er indsamlet, processeret og tolket med henblik på karakterisering af den nordlige flanke af Stenlillestrukturen. I den forbindelse yder GEUS bistand til *Gas Storage Denmark* med henblik på brøndplaceringer og vurdering af lagringskapacitet.
- Indsendelse af projektforslag til EUDP, der skal udvikle eksisterende seismisk teknologi specifikt til monitorering af CO<sub>2</sub>-plumens udbredelse i reservoiret over tid (4D inversion).
  - Der er drøftelse vedr. en mulig fase 2 som opfølgning på et foregående projekt. Ansøgningen blev dog ikke indsendt i 2022 grundet prioritering af andre opgaver.
- Afsøge mulighederne for finansiel støtte til igangsættelse af aktiviteter, der kan belyse lagringspotentialet i kalkgruppen, både i udtjente olie-gas felter i og i vandbærende kalkstrukturer.
  - Der arbejdes med dette emne i regi af to af InnoCCUS-projekterne nævnt ovenfor.

## Strategisk

*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 2022:

- Fortsætte Horizon 2020-projekt om brintlagring (*Power-to-X*), hvor formålet er at optimere mulighederne for lagring af energi i undergrunden. I projektet gennemføres en screening af områder i Europa, herunder Danmark, som vurderes egnet til lagring af brint i geologiske strukturer.
  - Kortlægning med fokus på lagringsmuligheder i vandførende lag og udtømte olie/gas-felter er fuldført og rapporteret. Data er samlet i en fælles database for brintlagringsmuligheder i Europa, og GEUS' bidrag til projektet er færdiggjort.
- Afhængig af ansøgninger indsendt til EUDP samt til det EU-støttede *GEOTHERMICA*-program, vil der på nationalt og/eller europæisk niveau blive arbejdet med udvikling af GIS-baserede værktøjer til strategisk energiplanlægning af den grønne omstilling med fokus på overfladenære geotermiske løsninger og 5. generations lavtemperatur fjernvarme og -køling.
  - Der blev opnået midler fra *GEOTHERMICA-programmet* og projektet startede i september. GEUS' rolle i projektet vil være at tilrettelægge og levere geologisk input samt GIS-udvikling og design af interface til konceptet
- Fortsat afsøgning af projekt- og finansieringsmuligheder inden for geotermi og lagring. Vi planlægger vidensdelende events i samarbejde med *Energy Cluster Denmark*, hvor vi kan markedsføre vores kompetencer og løsninger inden for dette.
  - GEUS deltager i et nyt treårigt EU-finansieret twinning-projekt, hvor GEUS bidrager med viden om mulighederne for etablering af grundvandsbaserede ATES-anlæg i Estland (ATES = *Aquifer Thermal Energy Storage*). Projektet startede i december 2022 og partnere er bl.a. de britiske, estiske og finske geologiske undersøgelser samt Oulu Universitet. Der blev afholdt en succesfuld Geotermidag i november i samarbejde med *Energy Cluster Denmark* med deltagelse fra private virksomheder, kommuner, universiteter, medier mv.
- Deltagelse i den koncernfælles geotermi-*task force*, der skal komme med bud på støtteordninger til geotermi i 2022.
  - GEUS har deltaget i de meget begrænsede aktiviteter i denne *task force* i 2022, men Energistyrelsen har indkaldt til møde i januar 2023.

**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 2022:**

- Forhandlinger om fortsat opdatering af den eksisterende viden om Grønlands vandressourcer.
  - Forhandlinger om mulig kortlægning af vandressourcen fra de mindste bynære oplande er stillet i bero i lyset af Selvstyrets nye fokus på at tiltrække investorer til de store industrielle oplande og til udbygning af eksisterende bynære oplande af mellemstørrelse.
- Deltagelse i Naalakkersuisuts markedsføring af vandressourcen i Grønland.
  - GEUS har i regi af Naalakkersuisut skitseret forventelige forundersøgelser til etablering af vandkraft ved oplande af industriel interesse i Vestgrønland og leveret almen rådgivning til mulige ansøgere.
- Fortsat kommunikation med Naalakkersuisut og Nukissiorfiit om planer for vandkraftværker og det eventuelle behov for forundersøgelser.
  - GEUS har indgået kontrakt med Nukissiorfiit om forundersøgelser angående udvidelse af Buksefjordsværket syd for Nuuk med overføringstunnel fra søen Isortuarssup Tasia.
- Fortsat opbygning af afstrømningsdataserier fra indlandsisen gennem overvågningsprogrammet PROMICE og forskningsnetværket GIOS.
  - Monitoringen af afstrømningen fra indlandsisen gennem Watson-floden ved Kangerlussuaq i Vestgrønland er opgraderet i samarbejde mellem PROMICE og GIOS. Der er planlagt udvidelse af monitoringsnetværket og forberedelse af feltarbejde og klargøring af instrumentering forløber planmæssigt.
- 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 det arktiske bassin for at understøtte klimaforskning mv. på den nordlige halvkugle.
  - Arbejdet i *Arctic-HYCOS* har været stillet i bero efter Ruslands invasion af Ukraine. Det er uvist, hvornår arbejdet genoptages og i hvilken form.

**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. GEUS vil bidrage med at kvantificere potentialerne i de sekundære kilder bl.a. ved at indgå i europæiske samarbejder og udarbejdning af paneuropæiske databaser i EU-regi.

Endelig vil GEUS arbejde for at øge opmærksomhed og viden om den geologiske opbygning af de danske havområder som baggrund for risikoevaluering for placering af potentielle vindmølleparker.

**Aktiviteter i 2022:**

- Kortlægning og karakterisering af forekomster af sekundære råstoffer (affaldsmaterialer) og deres mulige udnyttelse.
  - GEUS har deltaget i et studie vedr. kortlægning af mulighederne for at sikre fremtidens forsyning af kobolt til batterier i elbiler med genanvendt kobolt. Studiet er baseret på en omfattende materialestrømanalyse og er publiceret i det anerkendte tidsskrift *Nature Communications*.
- Kortlægning af materialebehovet for accelereret grøn omstilling i dansk perspektiv påbegyndes med udgangspunkt i regeringens grønne handlingsplan.
  - Der er udarbejdet en række delundersøgelser i form af otte notater og skrivelser leveret til departementet i første halvdel af 2022. Arbejdet har også været præsenteret for regeringens Grønne Udvalg og ved andre møder med departementet. En rapport, baseret på dette arbejde samt yderligere analyse, planlægges sammenskrevet i 2023.
- Udarbejdning af rapport om de sjældne jordartsmetaller med fokus på den globale værdikæde og udfordringerne med at sikre forsyning til fremtidens stærkt forøgede forbrug.
  - Rapporten 'Sjældne jordartsmetaller – Forekomster, forarbejdning, forbrug, forsyning og forventninger' (udarbejdet i regi af MiMa – Videnscenter for Mineralske Råstoffer og Materialer) blev udgivet i januar 2022. Rapporten har fået megen bevågenhed, også fra udlandet og er derfor oversat til engelsk (udgivet i juli).
- Fortsættelse af samarbejdsprojekter med industrien om karakterisering og vurdering af metaller i slagter og flyveaske fra forbrændingsanlæg med henblik på ekstraktion af metaller og bedre nyttiggørelse af disse restprodukter.
  - Som del af et større projekt om kortlægning af sekundære råstoffer i Norden er der opnået finansiering til et projekt om undersøgelse af ressourcerne i flyveaske og slagter i Danmark. Projektet, som er støttet af *Nordic Innovation* under Nordisk Ministerråd, startede i juli og løber

i tre år, bl.a. med deltagelse af en række forbrændingsanlæg i Danmark. Desuden er der udviklet ny metode til analyse af hoved- og sporelementer af flyveaske og slagger *in-house* med GEUS' nye ICP-OES laboratoriefaciliteter.

- Analyse af forsyningssikkerhed, globale geologiske ressourcer, herunder dybhavsforekomster af jern-mangannoduler samt værdikæder for batteriråstofferne litium og kobolt.
  - Ressourcepotentialer for kritiske råstoffer i Grønland er blevet vurderet i forhold til EU's gældende liste for kritiske råstoffer. Der er indsendt en videnskabelig artikel herom, og en MiMa-rapport er under udarbejdelse. Arbejde omkring ressourcerne for dybhavsminerale pågår, og et notat foreligger i udkast, mens et andet er under udarbejdelse. Begge notater forventes udgivet i januar 2023. Der er aftalt møde i 2023 med repræsentanter for *International Seabed Authority* (ISA) samt Oliedirektoratet i Norge, idet sidstnævnte undersøger mulighederne for dybhavsmineraliseringer i norske farvande. Endelig er en rapport om forsyningkæderne for litium og kobolt under udarbejdelse til udgivelse i starten af 2023.
- Etablering af samarbejde med Energinet og Energistyrelsen omkring udvælgelse af relevante geoparametre til risikovurderinger i forbindelse med placering af potentielle vindmølleparker i de danske havområder.
  - GEUS har i 2022 igangsat en geologisk screening af de indre danske farvande for Energistyrelsen med henblik på vurdering af egnetheden i forhold til etablering af havvindmølleparker. Der er gennemført en omfattende geofysisk kortlægning med indsamling af ca. 3.300 km seismiske linjer og påbegyndt tolkning af både eksisterende og nye data. I 2023 igangsættes en tilsvarende screening i Nordsøen med indsamling af nye data, og kortlægningen i de indre danske farvande fortsætter.
- Jævnfør aftale med Energistyrelsen igangsættes skrivebordsundersøgelse af mulighederne for sand til energiøer i Nordsøen. Undersøgelsen, "Screening med henblik på udpegningsrelevante undersøgelsesområder", afrapporteres i februar 2022 og vil danne baggrund for et større undersøgelsesprogram, som skal gennemføres af GEUS. Undersøgelsen skal lede frem til udpegnings- og tilladelse til Bygherreområder.
  - GEUS har for Energistyrelsen i 2022 gennemført en screeningsopgave med henblik på vurdering af mulighederne for sand til konstruktion af en energiø i Nordsøen og efterfølgende kortlægning i tre områder med mulige forekomster. Der er udpeget rigelige mængder af sand i forhold til det estimerede maksimale behov og de samlede undersøgelser afrapporteres i foråret 2023.
- Igangsættelse af projekter i Vietnam, hvor GEUS udfører marine undersøgelser og kortlægning af områder til placering af vindmøller.
  - Der er i 2022 udført to skrivebordsopgaver for henholdsvis *Copenhagen Offshore Partners* og *Pure New Energy*. Herefter afventes godkendelse fra det vietnamesiske *Ministry of Industry and Trade*, før det marine feltarbejde kan påbegyndes, forhåbentlig i 2023.

**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 i 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 klimaændringers 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 2022:**

- Opprioritering af publicering om undergrundens geologiske forhold i både Danmark og Grønland baseret på både nye og ældre endnu ikke publicerede resultater.
  - Der er i løbet af året indsendt og publiceret to artikler bl.a. baseret på CRETSYS-projektet i hhv. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* og *International Journal of Coal Geology*.
- Deltagelse i større forskningscenteransøgninger med nordiske kolleger omkring den tektoniske udvikling af Nordatlanten.
  - Mulighederne afsøges fortsat, men indtil videre er det dog ikke lykket at identificere midler, der kan søges.
- Færdiggørelse af igangværende ressourceevaluering af olie/gas potentialet i Grønland.
  - Arbejdet er afsluttet og afventer den sidste eksterne kvalitetskontrol, der udføres af det norske *Oljedirektoratet*. Resultater er løbende blevet offentliggjort på projektets hjemmeside <https://greenland-resource-assessment.gl/> og er flittigt blevet download'et

## 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 tilgængeliggøre den store samling af historiske data og viden 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, der 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 laboratoriarbejde, 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 2022:

- Færdiggørelse, tryk og udgivelse af fire 1:100.000 kortblade over Karrat Group i Nordvestgrønland samt udgivelse af tilhørende kortbladsbeskrivelse, inklusiv et sømløst, digitalt kort.
  - Tre af de fire kort er færdigsammenstillet og trykt. Disse kort vil i løbet af foråret 2023 kunne downloades elektronisk og blive implementeret i GEUS' webGIS (Grønlandsportalen) som sømløst digitalt kort. Det fjerde og sidste kort, dækkende Svartenhuk, er under udarbejdelse og forventes afsluttet i løbet af 2023, ligesom de tilhørende kortbeskrivelser først publiceres i 2023 grundet en langstrakt review-proces.
- Færdiggørelse, tryk og udgivelse af seks 1:100.000 kortblade over Thule Supergroup, Nordgrønland, inklusiv et sømløst, digitalt kort.
  - Projektet er langt fremskredent, og der foreligger seks kort, alle opsat i GIS med legender, metadatatekst mv. Der mangler dog stadig tilføjelse af en del data og endelig kvalitetssikring. Alle seks kort er lettere forsinkede grundet prioritering af andre opgaver, men forventes færdige i første halvdel af 2023.
- Fortsættelse af arbejdet med nye 1:100.000 kortblade i Nordøstgrønland (et nyt kort udgives i 2022).
  - Arbejdet med sammenstilling af et kort over Clavering Ø-området pågår, men der har været udfordringer i forhold til at få produceret de nødvendige geokronologiske data, som er afgørende for geologiske tolkninger. Et første kort-layout indeholdende et foreløbigt geologisk kort, legende, struktur-geologisk kort, tværsnit og oversigt over datadækning er udarbejdet, mens det endelige kort forventes publiceret i 2023.

- Der gennemføres et feltprogram i Hudson Land-området i Nordøstgrønland. Arbejdet vil bl.a. bidrage til vurdering af mineraliseringsmulighederne for kritiske råstoffer vigtige for den grønne omstilling, fx litium, tantal, tin, wolfram, kobber og antimon.
  - Der er gennemført et fem-ugers feltprogram i juli og august måned med deltagelse af 17 geologer, som opererede fra feltlejre og skib med helikopter-støtte. Arbejdet sigtede på udarbejdelse af kort i 1:100.000 skala og forventes fortsat i feltsæson 2023 med henblik på fuld geografisk dækning af det område, der ønskes kortlagt.
- Etablering af nye analysemetoder, der tillader samtidige sporelement- og isotopforholdsanalyser.
  - Begge nyindkøbte instrumenter (ICP-MS og ICP-OES) er nu velintegreret i laboratoriets arbejde, og analysemetoder med parallel hoved- og sporelementsanalyse er etableret. Forbedring og strømlining af disse metoder udbygges gradvist. Desuden er procedurer for inter-instrumentel koordinering af analysepunkter etableret mellem det eksisterende LA-ICPMS-udstyr og SEM (GEUS), EMPA (IGN) samt LA-ICPMS (IGN), hvilket forbedrer den rumlige nøjagtighed med hensyn til in-situ sporelement- og isotopforholdsanalyse. Endelig er en *Bruker Aurora Elite* ICP-MS (fra IGN) blevet testet, og metoder for både opløsninger og *laser ablation* isotop- og sporelementanalyse er ved at blive etableret. Instrumentet vil blive integreret med GEUS' kommende *split-stream set-up*.



**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 udvikle 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 råstofdatabase på GEUS, som ligeledes er en forudsætning for en kommende national råstofstrategi.

GEUS vil indgå i internationalt arbejde om test af *United Nations Framework Classification* (UNFC-klassifikation) 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 klassifikations-system.

**Aktiviteter i 2022:**

- Udbygning af den marine råstofdatabase Marta, i samarbejde med Miljøstyrelsen med henblik på integration af eksisterende kornstørrelsesdata, mineralogiske data m.v. og råstofkortlægninger fra perioden 2017–2019.
  - Marta-databasen er udbygget med mulighed for at modtage laboratorieanalyser, og indlæsningen af nye og gamle analyser er i gang. Ressourcelaget er opdateret med resultater af Miljøstyrelsens råstofkortlægning i 2017-2019 og 2021.
- Dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv omkring harmonisering af klassifikation af sand- og grusråstoffer. Der tages initiativ til workshop, hvor der skal formuleres konkrete tiltag.
  - Workshop og konkrete tiltag afventer politisk beslutning om en national råstofplan. Der har været indledende drøftelser med Regionsforening om et samarbejde.

**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 råstofindustri, 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 storskalaforstyrning med sandressourcer. På baggrund af den marine råstofkortlægning 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 råstofressourcer 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 2022:**

- Tolkning af seismiske data indsamlet i indre danske farvande i 2021.
  - Alle råstofdata (seismik og boringer), indsamlet for Miljøstyrelsen i 2021 i indre danske farvande, er tolket, og der er udarbejdet en samlet rapport for kortlægningen, som udgives primo 2023.
- Endelig afrapportering af råstofdata fra Nordsøen for perioden 2019 -2020.
  - Alle råstofdata (seismik og boringer), indsamlet for Miljøstyrelsen i 2019-2020 i Nordsøen, er tolket, og der arbejdes på en samlet rapport for kortlægningen, som forventes udgivet i 2023.
- Dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv om etablering af national råstofdatabase i GEUS.
  - GEUS har ved givne lejligheder haft en løbende dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv om etablering af national råstofdatabase i GEUS.

*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 deltog i maj måned i *Raw Materials Summit* i Berlin samt i *“Joint innovation hub North and Baltic Sea stakeholder days”* under EIT i Helsinki i december 2022.

## 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 nuværende 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 CO<sub>2</sub> og udnyttelse af geotermisk energi. Vi vil desuden forsætte bestræbelserne på at finde finansiering til reovering 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 2022:

- Udvikling af platform til autoritative udtræk fra Jupiter-databasen til brug for eksterne interessenter.
  - Der er udviklet et system, hvor autoritative udtræk kan vedligeholdes og udstilles for offentligheden: <https://data.geus.dk/dataudtraek>. Systemet giver mulighed for at registrere udtræksformler med tilhørende søgeside. Udtræk kan vises i browseren og downloades til Excel.
- Historik på centrale stamdata i Jupiter.
  - Der er i forbindelse med analysearbejdet til projektet 'Jupiter-Reformation' udtrykt ønske om historik på centrale stamdata i Jupiter. Der er foreløbig implementeret delvis historik på boringstabellen og udvalgte tabeller på anlægsniveau.
- Forbedret publicering af FAIR dataprodukter i via GEUS' *DataVerse*-portal.
  - En ny, opgraderet *DataVerse*-installation er sat i drift, og en arbejdsgruppe til at varetage drift og kvalitetssikring af metadata er formaliseret. Der bliver til stadighed lagt flere og flere forskningsdatasæt på portalen.
- Udgivelse af 10 nye trykte geologiske kort fra Grønland i skala 1: 100 000.
  - Der er trykt tre kortblade fra Karrat-området. Det fjerde forventes færdigt i 2023. Seks kortblade fra Thule-området er godt undervejs, men forventes først færdige i 2023 grundet prioritering af andre opgaver.
- Udvidelse af det sømløse digitale 1: 100 000 geologiske kort fra Syd- og Sydvestgrønland med inddragelse af data fra fem ekstra kortblade.
  - Projektet er lettere forsinket grundet omprioritering af opgaver, men vil efter planen være færdig med udgangen af første kvartal 2023. Web-publicering af kortet forventes færdig inden sommeren 2023.

**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 CO<sub>2</sub> 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 2022:**

- Fortsat samarbejde med Miljøstyrelsen om udstilling og opdatering af deres samlede hydrostratigrafiske modeller (FOHM) for Jylland, Sjælland og Fyn i GEUS' 3D database.
  - Miljøstyrelsen har fået stillet en *SQL Gateway* til rådighed, hvorfra de kan hente FOHM-modellen direkte fra GEUS' 3D database. Den nyeste version af FOHM er indlæst, og systemet er sat op til automatisk at opdatere databasen med nye versioner af FOHM-data. Derudover arbejdes der fortsat på at opdatere 'Geovejledning 3: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering'. Der indarbejdes et kapitel om baggrunden for FOHM samt retningslinjer for opdateringer og gentolkning.
- Lancering af version 2 af GEUS' 3D-database samt funktionalitet til visualisering af overfladenær geologi fra databasen.
  - Version 2 af 3D-databasen, med tilhørende visualiseringsfunktionalitet er klar, og et indtastningsmodul for 3D modeller er taget i brug. Overfladenær geologi er indlæst i databasen, mens der arbejdes videre med detaljer i visualisering heraf. Lancering vil ske i 2023 i samarbejde med Afdelingen for Presse og Kommunikation.
- Fortsat samarbejde med KEFM og andre om muligheder for finansiering til etablering af en detaljeret national digital 3D geologisk model for Danmark.
  - I løbet af efteråret startede et Geocenterprojekt, hvor der på tværs af flere afdelinger og i samarbejde med Københavns Universitet vil blive arbejdet frem mod at udvikle et modelleringskoncept for en national geologisk 3D model baseret på numeriske og probabilistiske metoder. Det udviklede modelkoncept skal afprøves i et pilotområde, og resultaterne herfra vil blive anvendt i de fortsatte bestræbelser på at få en national geologisk model på Finansloven. Der er ansat en seniorforsker med ekspertise indenfor kvantitativ probabilistisk modellering for yderligere at udbygge det faglige miljø omkring geologisk modellering med brug af numeriske, digitale metoder rettet mod et nationalt koncept.

**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 2022:**

- Et forprojekt omkring udvikling af koncept for stokastisk procesbaseret geologisk modellering vil blive afrundet, og der vil blive forsøgt etableret en fortsættelse og udvidelse gennem nye projektaktiviteter.
  - Forprojektet er afsluttet med aflevering af en geologisk model og en rapport. I samarbejde med Region Syddanmark blev projektet genoptaget i sommeren 2022, hvor der var fokus på at bringe nye datatyper i spil for at forbedre både model og modellerings-setup. Denne nye del af projektet blev afsluttet ved udgangen af oktober 2022.
- Opstart og drift af MRS-laboratoriet til koordinering af *multiscale remote sensing* initiativer på tværs af GEUS og afsøgning af nye teknologiske muligheder.
  - Det er besluttet at fortsætte *multiscale remote sensing* i en sammenlægning med *virtual research environment* (VRE) initiativet via midler fra de involverede afdelinger og under det nye navn *Geoscience Data Lab*.
- Udvikling af dansk overvågningsnetværk af vandspejlsmålinger til realtidsovervågning af ændringer i vandspejl og til kalibrering af grundvandsmodeller.
  - Der er udviklet et nyt online monitoringsystem bestående af et netværk af 81 sensorer, der konstant måler grundvandsstanden på en række lokationer i Danmark. Målingerne sendes live til et interaktivt kort på [www.grundvandsstanden.dk](http://www.grundvandsstanden.dk). Stationerne, hvori sensorerne er placeret, dækker forskellige landskabstyper og arealanvendelser såsom urbane områder, naturlig og kulturskov, ved søer og åer, i kystzonen og forskellige geologiske typelokaliteter som kalk, sandsten, granit, glacialt ler og sand.

**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. Vi vil søge at få informationsplatformen *European Geological Data Infrastructure (EGDI)*, og dermed GEUS, centralt placeret i samarbejdsprojekter på tværs af de europæiske geologiske undersøgelser. Dette forventes især styrket i form af fortsat samarbejde i et kommende CSA-program (*Coordination and Support Action*), der forventes igangsat i 2022 og løbe frem til 2027. GEUS vil i dette program indtage en central position i forhold til informationsplatformen (EGDI), men også inden for grundvand, mineralske råstoffer, maringeologi og geoenergi.

**Aktiviteter i 2022:**

- Fortsat arbejde mod at EGDI også fremover bliver *EuroGeoSurveys – The Geological Surveys of Europe's* dataformidlingsplatform, og at GEUS bevarer den koordinerende rolle i dette. Dette sker især ved at sikre, at GEUS indtager en central rolle i ansøgning om CSA-programmet, der indsendes til EU i januar, hvorefter programmet forventes igangsat sidst på sommeren.
  - Ansøgning om etablering af et femårigt CSA-projekt (benævnt GSEU – *Geological Service for Europe*) blev indsendt i januar og bevilget inden sommer. Projektet startede i september, arbejdet er i gang, og det lykkedes at få EGDI placeret som dataformidlingsplatform i projektet med GEUS som koordinator for aktiviteterne relateret til platformen.
- Fortsat arbejde mod øget indflydelse i *The European marine Observation and Data Network – EMODnet* – både som teknisk koordinator for *EMODnet Geology* og som teknologisk ekspertise i EMODnet generelt.
  - GEUS indtager stadig en central rolle i datahåndteringen i EMODnet Geology, og bistår EU-kommissionen i deres bestræbelser på at centralisere dataudstillingen fra de forskellige projekter under EMODnet. Senest har GEUS bidraget til den nye centrale portal for hele EMODnet.

### Øvrige aktiviteter:

GEUS vil i 2022 fortsætte arbejdet med den systematiske geologiske kortlægning (jordartskartering) af Danmark.

- Der blev gennemført to feltsæsoner; en i foråret og en i efteråret, begge i Thy-området. I alt blev 330 km<sup>2</sup> kortlagt.

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 blev beskrevet lidt over 17.000 prøver i boreprøvelaboratoriet i løbet af 2022.

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

- Borearkivet er som planlagt flyttet administrativt og fysisk ind i Geologisk Datacenter. Ved årets afslutning er en effektivisering af arkivets procedurer, særligt for indberetning, igangsat.

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

- Data er klargjort og vil blive genudstillet i forbindelse med et dataspring i foråret 2023.

Optimering af Grønlandsportalen, bl.a. med bedre metadata og forbedrede muligheder for download.

Der er arbejdet med metadata. Et opdateret sæt metadata vil i 2023 blive lanceret sammen med den nye version af Grønlandsportals kortviser.

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

- Der er blevet arbejdet en del med at få ryddet op i datasættet, men det har vist sig at være mere omfattende end forventet. Projektet er stillet i bero indtil videre, da der er fundet flere uoverensstemmelser, hvor lineamenter ikke kan sættes sammen. Der vil i 2023 blive taget beslutning om, hvorvidt en gendigitalisering er nødvendig.

Vi gør dataudveksling med eksterne partnere nemmere og mere sikker med brug af *Nextcloud* (open source-værktøj til fildeling).

- *Nextcloud* er fuldt operationel og benyttes i stigende grad i nye projekter. Den er blandt andet brugt i GSEU til projektsamarbejde. Afklaring af den fremtidige support udestår fortsat, ligesom en række igangværende projekter mangler at blive flyttet over på platformen.

Vi styrker agil udvikling og automatisering ved gradvist at flytte vores applikationer til *Docker*-teknologi.

- Projektet har ikke rigtigt flyttet sig i 2022 grundet den forventede transitionen til Statens IT. Diverse test blev udsat, indtil mere teknisk viden og konkret erfaring med Statens IT's *GovCloud* blev opnået. Denne aktivitet blev dog udsat på grund af forhandlingerne med Statens IT.

## 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 2022:

- Igangsættelse af proces for ny strategi for 2024 – 2027.
  - Bestyrelsen godkendte på sit møde i maj, at der alene skal gennemføres en begrænset revision af den eksisterende strategi. Selve udarbejdelse af ny strategi er derfor udskudt til primo 2023.
- Revision af GEUS' værdibaserede personalepolitik.
  - GEUS' nye værdier er godkendt og implementeret, og arbejdet med revision af personalepolitikken fortsætter ind i 2023 grundet prioritering af andre opgaver.
- Implementering af koncernfælles samt GEUS' eget ledelsesgrundlag.
  - Der blev i efteråret afholdt et ledelsesseminar, hvor GEUS' ledelsesgrundlag blev udarbejdet med udgangspunkt i GEUS' værdier og koncernens fælles ledelsesgrundlag.
- Opfølgning på aktiviteter i regi af *HR in Excellence*.
  - Der blev i foråret gennemført en samlet egen-evaluering af GEUS' arbejde med *HR in Excellence*, herunder konkrete aktiviteter som fx medarbejderudviklingssamtaler – MUS-koncept, modtagelse af nye medarbejdere samt den videnskabelige stillingsstruktur.
- Implementering af koncept for *preboarding*, *onboarding* og *offboarding*.
  - Der er implementeret et succesfuldt program for introduktionsmøder, ligesom nye tjeklister for modtagelse af medarbejdere er udarbejdet og implementeret. HR arbejder videre med implementering af et koncept for *offboarding*.
- Implementering af ny stillingsstruktur.
  - Forhandlingerne med Medarbejderstyrelsen og Akademikernes Centralorganisation blev sat i stå i forbindelse med udskrivningen af Folketingsvalg og ny regering. Det er derfor ikke lykkedes at få stillingsstrukturen endelig godkendt i 2022. Arbejdet genoptages i 2023.



**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, der generelt blev taget i brug i 2020, 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 2022:**

- Målrettet introduktion til GEUS’ projekthåndbog.
  - Projekthåndbogen er implementeret og anvendes i afdelingerne. Der er afholdt kurser for nye medarbejdere med fokus i GEUS’ projektmodel.
- Opmærksomhed på mødekultur.
  - Grundet stort arbejdspress er denne aktivitet udskudt til 2023.
- Implementering af nyt budgetsystem (Statens Budgetsystem – SBS). Hvis afklaring i fjerde kvartal 2021 viser, at systemet kan anvendes, forventes systemet klar til brug i GEUS til Grundbudget 23.
  - Trods dialog med Økonomistyrelsen, tekniske test mv., må det desværre konstateres, at SBS ikke er egnet til GEUS’ økonomistyring. GEUS er dog forpligtiget til at benytte en minimus-version af SBS til indmelding i forbindelse med Udgiftsopfølgninger og Grundbudget, hvilket allerede er implementeret. GEUS skal derfor identificere og implementere et egnet økonomisystem via udbud. Udbuddet forventes publiceret i februar 2023, og et nyt system forventes implementeret inden udgangen af tredje kvartal 2023.
- Udvikling af dynamisk økonomiinformation til afdelinger via Økonomistyrelsens Lokale DataVarehus. Konceptet forudsætter endelig overgang til Statens IT. Standardrapporter til dynamisk information ventes at kunne udrulles i en v1.0. tre måneder efter overgang til Statens IT.

- Da samarbejdsfladen med Statens IT endnu ikke er afklaret, er denne aktivitet sat på hold. Imens planlægges en designmæssig opdatering af PowerBI-løsningen i GEUS i samarbejde med flere faglige afdelinger til udrulning i første halvår af 2023.
- Implementering af ændringer i GEUS' system-setup og processer for indkøb af varer og tjenesteydelser. Ny opsætning og nye processer svarer til gældende krav fra Finansministeriet og forenkler betalingsprocesser.
  - På baggrund af erfaringer fra andre institutioner er der fundet en model for opsætning af IndFAK (Statens faktureringsystem), så GEUS lever op til gældende krav mv. Implementering sker løbende og tilpasses i øvrigt det varslede nye "IndFak 3", der ifølge Økonomistyrelsen vil blive implementeres i 2023-2024.
- Implementering af nye processer for RejsUd samt App til RejsUd. Ændringer forenkler de samlede processer for rejseafregning og giver brugerne en mulighed for at lægge bilag mv. i afregning allerede under rejsen via appen.
  - Aktiviteten følger udviklingen af IndFAK beskrevet ovenfor og vil ligeledes blive fuldt implementeret i 2023-2024.
- Gennemførelse af og deltagelse i overgang til *Facility Management* i regi af Bygningsstyrelsen.
  - Overgangen er gennemført, men samarbejdet forløber ikke som forventet, og særligt servicesporet 'Intern Service' fungerer utilfredsstillende. Der er dialog med Bygningsstyrelsen herom.
- Fuldendelse af transition til Statens IT som følge af Kgl. Resolution.
  - Statens IT meddelte i august, at de ikke så sig i stand til at løfte opgaven med at drifte GEUS' IT. Derefter har der været løbende dialog om helt eller delvist tilbagerulning til GEUS. Der er stadig udeståender, men det står klart, at GEUS i et eller andet omfang skal drive egne IT-funktioner som f.eks. netværk o.a., hvorfor der ultimo 2022/primo 2023 rekrutteres til både IT-administration, netværk og sikkerhed.

**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 2022:**

- Strategisk kompetenceudvikling skal på dagsordenen i chefkreds og direktion.
  - Denne aktivitet er udskudt til 2023 grundet stort arbejdspress.
- Opfølgning på udpegede områder inden for strategisk kompetenceudvikling i HR.
  - Denne aktivitet er udskudt til 2023 grundet stort arbejdspress.
- Opfølgning på årlige MUS-samtaler i HR.
  - MUS-konceptet er evalueret, og spørgeskema er revideret i forhold til bemærkninger fra evalueringen.
- Fokus på ledelse som selvstændig, faglig disciplin og ressourcestyring.
  - Der blev gennemført et ledelsesseminar i efteråret. Desuden afholdes der månedlige temamøder for chefgruppen med relevante emner, bl.a. vedrørende ledelse.

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi skal udvikle vores speciallaboratorier med fokus på at understøtte de fremtidige behov.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet skal der gennemføres en proces, der involverer relevante chefer, forskere og laboratorteknikere 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.</p>
<p><b>Aktiviteter i 2022:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der skal udarbejdes et dispositionsforslag, der skal danne udgangspunkt for et byggeprogram, der kan sendes i udbud. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Projekteringsforslag er prismæssigt fastsat, rentegning er gennemført efter brugerbehov med hjælp fra Sweco og Bygningsstyrelsen. Materialet er overdraget til hovedentreprenøren Hoffmann.</li> </ul> </li> <li>• Gennemførelse af udbud. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bygningsstyrelsen har indgået en rammeaftale med Hoffmann, som derfor er hovedentreprenør på opgaven og skal gennemføre udbuddet. I slutningen af år meddelte Bygningsstyrelsen imidlertid, at projektet muligvis må stilles i bero grundet udgiftsloft. Der forventes dialog herom i 2023.</li> </ul> </li> </ul>

*Øvrige aktiviteter:*

Konsolidering af en indkøbsenhed i GEUS, der bidrager til fælles koncernindkøbsenhed.

Det er på det koncernfælles forum for økonomi- og administrationschefer i efteråret 2022 resolveret, at KEFMs institutioner lever op til de indledende krav for "Charter for godt og grønne indkøb", der skal være implementeret primo 2023. GEUS har derfor ikke implementeret yderligere funktioner eller krav vedrørende gode og grønne indkøb, da der også afventes en fælles ministeriel stillingtagen til det videre arbejde med charteret. Der har i 2022 derfor været fokus på gennemførelse af flere store udbud samt på ERFA-møder mht. indkøb i GEUS og på videre uddannelse af indkøbskoordinator. Det er ultimo 2022 besluttet, at der primo 2023 oprettes en enhed på to personer i administrationen, der fremadrettet understøtter udbud- og kontraktjuridisk opgaveløsning, idet enheden dels selv løser sådanne opgaver, dels står for facilitering af brug af den koncernfælles indkøbsenhed og Statens Rådgivningsenhed for indkøb.

## Kampagner i 2022

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 2022 løb følgende to kampagner:

### **Building Paleoclimate Synergies:**

Denne kampagne blev iværksat i 2021, men forlænget ind i 2022, da hjemsendelsesperioden forsinkede arbejdet. Kampagnens sigte var at udbedre kendskabet til forskere i GEUS, der arbejder med forståelsen for de klimaforandringer, vi ser i dag gennem øget viden om klimaændringer tidligere i den geologiske historie. Kampagnen har udbygget samarbejdet i den allerede etablerede Palæoklimagrube på GEUS, så tværfagligt samarbejde indenfor forskellige aspekter af GEUS' palæoklimaforskning i endnu højere grad kan konkretiseres, knyttes sammen og styrkes. Det endelige formål med kampagnen er at sikre det faglige grundlag, så GEUS kan udarbejde og deltage i ansøgninger om eksterne forskningsmidler indenfor emnet. Kampagnen blev afsluttet i sommeren 2022 med aflevering af et fyldestgørende *whitepaper* fra arbejdsgruppen, hvor forskellige ønsker og forslag til fremtidig finansiering og indsatser blev fremlagt. Chefgruppen har besluttet, at de enkelte afdelinger vil stille et antal timer til rådighed for afsøgning af mulige kommende ansøgningsmuligheder.

### **Rent grundvand for fremtiden:**

Der er brug for mere viden om grundvandet, da vi ved overraskende lidt om de biologiske og geokemiske processer i grundvandsmagasinerne, der styrer både overflade- og drikkevandets kvalitet og dermed den tilgængelige ressource. Der er indenfor de sidste år sket en rygende udvikling i teknologier, der gør det muligt at bestemme fx grundvandets alder, de mikrobielle samfund og grundvandets kemiske sammensætning, herunder også udviklingstendenser og tilstedeværelse af miljøfremmede stoffer. Formålet med kampagnen er at 1) identificere vigtige huller i vores viden om processer i grundvandet, og vurdere hvordan ovennævnte teknologier kan bidrage til en større forståelse og 2) undersøge mulighederne for finansiering af et nyt grundvandscenter. Af vigtige processer kan nævnes denitrifikation, der styrer nitratudvaskningen, pesticidnedbrydning og geokemiske processer som jern-, mangan- og pyritoxidation og frigivelse af sporstoffer fx arsen. Klimaændringer har også betydning for grundvandets kvalitet og kvantitet og forskning, der gør det muligt at forudsige effekterne på dette, vil blive identificeret.

Der er i 2022 afholdt en række interne workshops, hvor væsentlige områder blev identificeret, hvor der i dag er manglende faglig viden om processer i grundvandsmagasinerne, herunder i forhold til en række af de tiltag, der gøres for bl.a. at beskytte grundvandsressourcerne, imødegå klimaforandringer og reducere udledningen af klimagasser. Der er også identificeret flere muligheder for at søge finansiering af et større grundvandsinitiativ samt mulige samarbejdspartnere.

## 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
Langsigtet videnopbygning	Videnskabelige artikler i internationale tidsskrifter med <i>peer-review</i> - førsteforfatterskaber	80	80	<b>85</b>	85	68	67	<b>91</b>
	Videnskabelige artikler i internationale tidsskrifter med <i>peer-review</i> - medforfatterskaber	90	90	<b>95</b>	95	133	124	<b>129</b>
	Videnskabelige artikler i egne serier	25	30	<b>35</b>	40	8	12	<b>9</b>
Forskeruddannelse	Forsknings- og samarbejdsprofessorer	8	10	<b>12</b>	14	8	8	<b>7</b>
	Ph.d.-grader med GEUS-vejleder	10	10	<b>8</b>	8	10	10	<b>18</b>
	Igangværende ph.d.-studerende med GEUS vejleder pr. 1. november	50	50	<b>45</b>	45	45	43	<b>29</b>
	Vejledning af masterstuderende	45	40	<b>35</b>	30	70	62	<b>53</b>

Måltallet for videnskabelige artikler med *peer-review*, hvor GEUS-medarbejdere er førsteforfattere, var 85 og blev nået med 91 artikler i 2022. Derudover var GEUS-medarbejder medforfattere på 129 artikler mod måltallet på 95. Målet om 35 artikler i egne serier blev ikke nået, idet der blev udgivet ni i 2022, heraf en større monografi samt en kortbladsbeskrivelse.

Måltallet på tolv professorer blev ikke nået, da der i 2022 var syv professorer på GEUS, hvilket primært skyldes at intern udnævnelse af nye professorer afventer implementering af ny stillingsstruktur.

Medarbejdere i GEUS bidrog i 2022 til vejledning af 18 ph.d.-studerende, der opnåede grad, hvilket er over måltallet på otte. To ph.d.-studerende med GEUS medvejledere frafaldt deres studie uden grad. GEUS-medarbejdere medvejledte 29 ph.d.-studerende ved udgangen af oktober 2022, 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 53 master-studerende (heraf opnåede 28 grad) i løbet af året, hvilket er over måltallet på 35.

## Forkortelser

AMAP	Arctic Monitoring and Assessment Programme
CLiC	Scientific Steering Group for Climate and Cryosphere
CSA	Coordination and Support Action
CV	Curriculum Vitae
DataVerse	Dataportal
DFF	Det Frie Forskningsråd
DK-model	Nationale Vandressource Model
DMI	Danmarks Meteorologiske Institut
DOI	Digital Object Identifier)
EGDI	European Geological Data Infrastructure
EGS	EuroGeoSurveys, The Geological Surveys of Europe
EMODnet	The European Marine Observation and Data Network
EIT	European Institute of Innovation & Technology
ESA	European Space Agency
EU	Den europæiske union
EUDP	Energistyrelsens udviklings- og demonstrationsprojekter
FOHM	Miljøstyrelsens fælles offentlige hydrostratigrafiske modeller
GC-net	Greenland Climate Network
GEM	Greenland Ecosystem Monitoring
GEUS	De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
GIOS	Greenland Integrated Observing System
GNNS	Global Navigation Satellite System
GRUMO	Den landsdækkende grundvandsovervågning (i NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen)
HRMS	High Resolution Mass Spectrometry
Horizon Europe	EU's forsknings- og innovationsprogram 2021-2027
Horizon 2020	EU's forsknings- og innovationsprogram 2014-2020
IASC NAG	International Arctic Science Committee Network of Arctic Glaciology
IODP	International Ocean Discovery Program
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KEFM	Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet
MAR	Managed aquifer recharge
MRS	Multiscale remote sensing
MUDP	Miljøstyrelsens udviklings- og demonstrationsprojekter
NFI	Nitratfølsomme indvindingsområder
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PAGES ACME	Working Group on Arctic cryosphere changes and coastal marine ecosystems under Past Global Changes (et globalt forskningsnetværk under Future Earth)
PFAS	Per- og polyflourerede alkylstoffer
PROMICE	Program for Overvågning af Grønlands Indlandsis

PURE	Publikationsdatabase
UNFC	United Nations Framework Classification System
VAP	Varslingsystemet for Udvaskning af Pesticider
WCRP	World Climate Research Programme
WMO	World Meteorological Organization