

ÅRSBERETNING FOR 1999

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Miljø- og Energiministeriet

IN MEMORIAM



Anne Marie Nielsen
20.5.1944 – 9.10.1999

I 1999 mistede GEUS sin bestyrelsesformand igennem næsten 3 år efter kort tids sygdom. Anne Marie Nielsen var cand.polit. og kom fra det private erhvervsliv. Men hendes interesse for GEUS og den forskning, der var knyttet til naturen, havde ikke noget med hendes professionelle karriere at gøre, den kom fra hjertet. Det var ikke specifikt geologien, der havde hendes særlige bevågenhed. Men geologien var for hende den del af naturen, der dannede fundamentet for den levende natur og rammerne for livets udfoldelse.

I den ånd sagde hun også ja til at påtage sig hvervet som bestyrelsesformand, da hun blev opfordret dertil af miljø- og energiminister Svend Auken. Hun ville gerne være med til at sikre ordentlige rammer og arbejdsbetingelser for en af Danmarks store sektorforskningsinstitutioner. En særlig attraktion for hende var det, at Grønland hørte med til institutionens virkefelt. I Grønland har hun vandret i de mest øde områder bl.a. omkring Thule og i Østgrønland. I Vestgrønland har hun i telt og bidende kulde, i varme og storm sammen med sin mand, på naturens præmisser fulgt Moskusokserne i deres daglige færden i perioder året rundt, og dokumenteret det i form af mange timers videooptagelser til en film til Danmarks Radio.

Hun har som bestyrelsesformand bidraget til at sikre rammerne for GEUS' virke i mange år fremover. GEUS fik i hendes formandsperiode det lovmæssige grundlag for institutionens opgaver som sektorforskningsinstitution på plads: Bekendtgørelsen om GEUS af 28. juni 1999. GEUS' opgaver i Grønland og på Færøerne skulle indarbejdes på en ny måde i forhold til de gamle aftaler fra DGU- og GGU-tiden. Det lykkedes i hendes periode at udvikle samarbejdet med Færøerne til en ny samarbejdsaftale, der tilgodeså den større grad af selvstændighed, som færingerne ønskede i forbindelse med de geologiske undersøgelser. I forhold til Grønland blev samarbejdet intensiveret i takt med at Hjemmestyret fik overdraget ansvaret for forvaltningen af råstofområdet.

Hun engagerede sig personligt i sammensætningen af GEUS' nye direktion efter Ole Winther Christensens pludselige død i efteråret 1998. Hun lagde meget vægt på at sikre institutionens faglige integritet og selvstændighed som uafhængig sektorforskningsinstitution. Hvad de økonomiske forhold angår var Anne Marie meget kontant. Hun var hurtigt til at gå bag tallene i regnskaber og budgetter, hvis der var svagheder. Man skulle være velforberedt, når man gik til møde med Anne Marie Nielsen. Hun var konstruktiv til at finde løsninger og nye måder at håndtere tingene på. Som mødeleder var hun åben og lyttende, og i stand til at drage konkrete konklusioner, når tiden var inde.

Anne Marie Nielsen har kun ved enkelte lejligheder mødt GEUS' personale samlet. Den ene gang var ved personalekonferencen i foråret 1999, hvor hun meget spændende og præcist beskrev sit syn på GEUS' rolle som forskningsinstitution og på det ansvar, som institutionen havde for at tilvejebringe viden og faglig rådgivning af international kvalitet. Mange politiske beslutninger på energi-, råstof-, natur- og miljøområdet var afhængige af GEUS' faglige aktiviteter. Medarbejderne fik her et klart budskab fra GEUS' øverste chef om institutionen set i et samfundsmæssigt perspektiv.

Selv om Anne Marie Nielsen kun var bestyrelsesformand i en relativ kort periode, har hun sat adskillige fingeraftryk på institutionens virke. For os, der kom tæt ind på livet af hende, vil hendes personlighed stå klart i vores erindring mange år fremover.

Året være hendes minde.

Martin Ghisler

Udgivet af
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)
Miljø- og Energiministeriet, 2000

ISBN: 87-7871-079-0
ISSN: 1396-3317

Omslag: Peter Warna-Moors
Tegning: Henrik Klinge Pedersen, Stefan Sølberg, m. fl.
Billedtekster: Knud Binzer
Foto: Peter Warna-Moors, Jakob Lautrup, Kristian Kloth,
Agnete Steenfelt, H.K. Schönwandt og Adam A. Garde
Tilrættelæggelse og teknisk redaktion Peter Warna-Moors
Redaktion: Knud Binzer og Arne Dinesen
Tryk: From & Co

Beretningsafsnit, regnskabs- og økonomioversigt samt oversigt over
GEUS' produktion er udarbejdet og redigeret ud fra tekster og
oplysninger i Virksomhedsregnskab for 1999.
De øvrige afsnit bortset fra specialartiklerne er udarbejdet og
redigeret på grundlag af oplysninger fra afdelinger og sekretariat.

Forsidebilledet er fra Strandegård Dyrehave syd for Fakse Ladeplads.

©
Danmarks og Grønlands
Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Thoravej 8
DK 2400 København NV
Danmark
Telefon: 38 14 20 00
Telefax: 38 14 20 50
E-post: geus@geus.dk
Internetsted: www.geus.dk



INDHOLD

7 FORORD

BERETNING:

8 GENERELT OM INSTITUTIONEN OG ARBEJDET

11 ARBEJDET PÅ PROGRAMOMRÅDERNE

11 Databanker, informationsteknologi og generel formidling

15 Vandressourcer

21 Energiråstoffer

27 Mineralske råstoffer og Grønlandskortlægning

33 Natur og miljø

38 ØKONOMI 1999

40 REGNSKAB FOR 1999

41 GEUS' FORMIDLINGSVIRKSOMHED

SPECIALARTIKLER:

43 GEUS' PRØVE- OG BOREKERNEBANK OG UDRUSTNINGSMAGASIN

51 MINERALEFTERFORSKNING I EN DIGITAL VERDEN

67 INDVINDING AF OLIE FRA DE DANSKE KALKFELTER

79 VANDRESSOURCER - ET OMRÅDE AF STOR STRATEGISK BETYDNING

92 GEUS' ORGANISATION

94 GEUS' BESTYRELSE

97 GEUS' LEDELSE

99 GEUS' AFDELINGER





ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

FORORD

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) udsender i år 2000 tre institutionsredegørelser for arbejdet i 1999.

Den foreliggende "Årsberetning 1999" rummer en kortfattet gennemgang af aktiviteter og resultater, regnskabs-, økonomi- og produktionsoversigter samt en oversigt over afdelingernes arbejdsområder.

Hovedvægten er lagt på det faglige arbejde bl.a. med artikler, hvor udvalgte emner inden for programområderne belyser aspekter af GEUS' mangesidige geologiske arbejdsopgaver.

GEUS' tidligere publicerede "Virksomhedsregnskab 1999" indeholder mere detaljerede oplysninger om sammenhængen mellem økonomiforhold og den geologisk faglige indsats. Virksomhedsregnskabet tjener tillige som endelig afslutning af GEUS' resultatkontrakt for perioden 1997-99.

"Publikationskatalog 1999" er en registrering af årets formidlingsaktiviteter på de enkelte program- og delprogramområder og på de strategiske indsatsområder.

Virksomhedsregnskab og Publikationskatalog kan læses på GEUS' internetsted (www.geus.dk). Begge udgivelser kan rekvireres i papirudgave ved henvendelse til GEUS.

Efter Anne Marie Nielsens død i efteråret 1999 fungerede direktør Anders Bækgaard som formand i GEUS' bestyrelse året ud. 1. januar tiltrådte overlæge Per Buch Andreasen som ny bestyrelsesformand.



Området nær Mestersvig ved Kong Oscar Fjord i Østgrønland.

Udsigt mod vest fra flyvepladsen ved Mestersvig til den nordlige del af Stauning Alper med bjergmassivet Akselborg (1760 m.) til venstre og Syltoppene (1860 m.) til højre i billedet. Bjergarterne er kaledonsk foldede (ca. 400 mio. år siden) øvre proterozoiske (700 mio. år gamle) og nedre paleozoiske (500 mio. år gamle) sedimente (kalksten og lerede bjergarter). Bjergene spejler sig i en midlertidig opstået smeltevandssø. Til venstre uden for billedet ligger Store Blydal med den nu nedlagte mine i Blyklippen.

Per Buch Andreasen
Bestyrelsesformand



Martin Ghisler
Administrerende Direktør



BERETNING

GENERELT OM INSTITUTIONEN OG ARBEJDET

1999 var fortsat præget af et højt aktivitetsniveau. Det økonomiske resultat blev tilfredsstillende og gunstigere end forudset ved budgetlægningen.

Året var det sidste i 3-årsperioden for GEUS' første resultatkontrakt. En ny kontrakt, der dækker perioden 2000-2003, er indgået mellem miljø- og energiministeren og GEUS' bestyrelse.

De lovgivningsmæssige rammer for GEUS' virksomhed er blevet opdateret med Bekendtgørelse nr. 570 af 28. juni 1999.

I Bekendtgørelsen, der er udstedt i medfør af lov nr. 1076 af 20. december 1995 om sektorforskningsinstitutioner, anføres, at GEUS' hovedvirkefelt er Danmark og Grønland. GEUS' fremtidige virke på Færøerne vil foregå på baggrund af en bemyndigelse til at indgå aftaler om geovidenskabelige aktiviteter med relevante færøske myndigheder og kollegainstitutioner.

Den faglige indsats er organiseret i 5 programområder, hvor opgaverne løses i større eller mindre projektgrupper, som ofte bemandes på tværs af GEUS'

afdelingsstruktur. Programområderne vedrører:

- Databanker, informationsteknologi og generel formidling
- Vandressourcer
- Energiråstoffer
- Mineralske råstoffer og Grønlandskortlægning
- Natur og miljø

GEUS deltager sammen med en række andre forskningsinstitutioner i centerdannelser, som finansieres af Det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP). Et af centrene (Grundvandsgruppen) arbejder under SMP 96 med "Pesticider og Grundvand". Et andet center (BIO-PRO), som er startet under SMP 98, beskæftiger sig med "Biologiske processer i forurennet jord og sediment". I begge tilfælde varetages centeradministrationen af GEUS.

Såvel GEUS som Geologisk Institut ved Københavns Universitet er værtsinstitution for Dansk Lithosfærecenter (DLC).

DLC, hvis forskningsfelt angår fundamentale forhold og processer i jordskorpen, hører i administrativ henseende ind under GEUS, men er ikke omfattet af GEUS' resultatkontrakt. Den overordnede faglige ledelse varetages af Danmarks Grundforskningsfond, som efter en positiv international evaluering bevilgede yderligere midler (85 mio. kr.), således at en videreførelse af centerets aktiviteter er sikret frem til 31. januar 2004.

Sammen med Geologisk Institut, Geologisk Museum og Geografisk Institut ved Københavns Universitet samt Dansk Lithosfærecenter er GEUS i færd med at realisere et Geocenter på Østervoldgade 10 i København. Indflytning i centerbygningerne påregnes for GEUS' vedkommende at kunne finde sted i begyndelsen af 2002.

GEUS' internationale engagement har i de senere år haft et stigende omfang, ikke mindst med bistand til kompetenceopbygning hos samarbejdspartnere i den 3. verden samt Mellem- og Østeuropa. I 1999 var GEUS beskæftiget med ca. 100 opga-

ver af international karakter. Det er hensigten at søge samarbejdet med lande i Sydøstasien, Afrika og Sydamerika udbygget i de kommende år.

Af "Publikationskatalog 1999" (se www.geus.dk) fremgår, at de samlede aktiviteter på formidlingsområdet har været særdeles omfattende. På 12 ud af de 13 formidlingskategorier, som er opregnet i resultatkontrakten, lever produktmængden i 1999 op til de opstillede måltal, og i flere tilfælde ligger produktionen et godt stykke over måltallene. Det gælder f.eks. for kategorierne "Artikler i internationale videnskabelige tidsskrifter", "Artikler i egne serier (m. referee)", "Konferencebidrag" og "Offentligt tilgængelige rapporter". På side 41 findes en oversigt over nøgletallene for GEUS' formidlingsvirksomhed.

Det økonomiske resultat i 1999 er tilfredsstillende. Det lykkedes at opnå et driftsmæssigt overskud på 1.4 mio. kr. mod et underskud i 1998 på ca. 8 mio. kr. Resultatet skyldes en stram økonomistyring og udskydelse af enkelte instrumentinvesteringer. Personalet har udvist bety-

delig fleksibilitet, således at kompetencer fra de enkelte programområder har kunnet udnyttes i forbindelse med løsning af en række opgaver, som ikke var forudset ved årets start.

Af GEUS' samlede årsværksforbrug i 1999 på 378 blev 89 årsværk anvendt på opgaver med relation til Grønland. Omsætningen i forbindelse med Grønlandsopgaverne var 55,5 mio. kr., hvoraf 33 mio. kr. stammer fra GEUS' Finanslovsbevilling og 12 mio. kr. fra Grønlands Hjemmestyres Råstofdirektorat. De resterende 10,5 mio. kr. består af midler fra forskningsfonde og Miljø- og Energiministeriets Energiforskningsprogram (EFP) samt af indtægter ved løsning af opgaver for internationale olie-selskaber.

I GEUS' "Virksomhedsregnskab 1999" (se www.geus.dk) findes mere detaljerede oplysninger om sammenhængen mellem de økonomiske rammer og den faglige indsats. Der gøres desuden rede for indsatsen set i forhold til målsætningerne i GEUS' første resultatkontrakt. Virksomhedsregnskabet rummer

statusopgørelse for hvert af de 26 udpegede strategiske indsatsområder, og det beskrives i hvilken udstrækning de kvantitative resultatmål er opfyldt ved resultatkontraktens udløb.

I de efterfølgende beretningsafsnit vedrørende GEUS' 5 programområder omtales et udvalg af de faglige aktiviteter og de opnåede resultater i 1999.





ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Kystklint ud mod Lillebælt ved Børupskov.

Mange af kystklinerne langs med Lillebælt består af tydeligt lagdelte sedimenter som på billedet. Lagene er afsat i tertiærtiden og grundige studier har vist, at lagene kan inddeles i flere såkaldte sekvensstratigrafiske enheder. Denne indsigt har bl.a. åbnet mulighed for påvisning af dybtliggende grundvandsreservoirs og udpege områder med sandaflejringer i den midtjyske undergrund med et muligt indhold af tungminerale.

ARBEJDET PÅ PROGRAMOMRÅDERNE

Databanker, informationsteknologi og generel formidling

Ressourceindsats	Realiseret 98	Budget 99	Realiseret 99	Budget 00
Årsværksforbrug	73	74	72	75
Samlet omsætning (mio. kr.)	40,8	43,0	42,0	41,7
Heraf basismidler (mio. kr.)	35,1	37,8	36,4	37,0
Ekstern finansiering (mio. kr.)	5,7	5,2	5,6	4,7
Ekstern finansieringsgrad	14%	12%	13%	11%

Hovedopgaven på programområdet består i håndtering af de enorme datamængder, som især i løbet af de seneste ca. 70 år er bragt til veje i forbindelse med efterforskning, udnyttelse og beskyttelse af et vidt spænd af geologiske naturressourcer. Størsteparten af de pågældende data, der omfatter resultater fra feltundersøgelser, borer, geo-

fysiske registreringer, laboratorieanalyser m.v., er indberettet til GEUS i medfør af lovgivning på vandforsynings-, undergrunds- og råstofområdet. GEUS har som fagdatacenter ansvar for, at den indhøstede erfaringsmasse i videst muligt omfang kan nyttiggøres, når nye aktiviteter og forholdsregler planlægges.

Databankindsatsen vedrører registrering, opbevaring og vedligeholdelse af det omfangsrige materiale. Samtidig arbejdes der løbende på at gøre flest mulig informationer tilgængelige i digital form ved hjælp af elektroniske medier.

Opbevaringen af de ofte dyrt tilvejebragte prøver fra de geologiske formationer har hidtil fundet sted på flere GEUS-adresser. Ombygningen af Øster Voldgade 10 til geocenter-formål har givet anledning til en mere rationel løsning på den ressourcekrævende lagringsopgave. Efter aftale med Hjemmestyrets Råstofdirektorat er et stort materiale af borekerner fra malmgeologiske undersøgelser i Grønland overflyttet til et magasin ved Sønder Strømfjord Lufthavn. Prøvemateriale fra Danmark, herunder et meget stort antal formationsprøver fra dybdeboringer efter olie og naturgas og fra vandboringer, er for fremtiden placeret i en effektiv indrettet magasinbygning på Valhøjs Allé i Rødovre.

Rødovremagasinet rummer desuden alt udrustningsmateriel til feltarbejde i Grønland samt måleudstyr, som anvendes ved geologiske undersøgelser til havs.

Satsningen på at opbygge integrerede informationssystemer på miljø- og undergrundsområderne er videreført i 1999.

I begge tilfælde har det vist sig, at opgaven er vanskeligere og tager længere tid end forudset.

Den tidligere ZEUS database med oplysninger om de geologiske lagserier, der er truffet i vandboringer, blev i 1998 overført til miljøinformationssystemet JUPITER. I 1999 er der arbejdet med forberedelse af Jupitersystemet til inkorporering af de nuværende emneopdelte baser vedr. grundvandskemi, pejlinger af variationer i grundvandsspejlets beliggenhed, drikkevandskemi og størrelsen af grundvandsressourcerne. Det har desuden vist sig nødvendigt at sætte flere kræfter end påregnet ind på at tilrette og kvalitetskontrollere mange af de oplysninger, som indgår i de emneopdelte baser, før overførsel til JUPITER kan gennemføres.

Databasen GERDA, der indgår som element i JUPITERsystemet, er taget i brug via internet. GERDAbasen rummer resultater fra geofysiske under-

søgelser, som amterne lader udføre som led i bestræbelserne på at etablere beskyttelseszoner i vandindvindingsområder.

Informationssystemet på undergrundsområdet rummer data fra efterforskning og produktion af olie og naturgas i Danmark. Det pågældende system, SAMBA, drives i fællesskab af Energistyrelsen og GEUS. Det eksisterende RDBbaserede system, der fungerer som indeks til samtlige data i arkiver og prøvemagasiner, er under omformning til et nyt Oraclebaseret system, som kan anvendes af relevante pcbrugere i de to institutioner. Fremstillingen af programmet til overførsel af data fra den nuværende udgave af SAMBA til det Oraclebaserede system er afsluttet i 1999. I det nye system er desuden fremstillet en prototype for skærm-billede med de generelle funktioner, der skal bruges ved opdatering af basen og ved udtræk.

Fra og med 1992 er SAMBA-systemet udvidet fra alene at omfatte data fra boringer til også at omfatte olie/gasrelaterede seismiske undersøgelser. I løbet

af 1999 er seismikregistreringen i SAMBA ajourført, således at i alt ca. 31.000 seismogrammer (inkl. samtlige processerings-udgaver) nu figurerer i basen.

Opgaverne på formidlingsområdet har bestået i udarbejdelse af institutionsrapporter som Virksomhedsregnskab 1998, Årsberetning 1998, "Review of Greenland Activities 1998", Publikationskatalog 1998 og Arbejdsprogram 1999 samt i opdatering og udbygning af GEUS websted (www.geus.dk). Der blev udgivet 4 numre af det populærvidenskabelige tidsskrift "GEOLOGI - Nyt fra GEUS" med emner, der spænder fra "Landbrugslandskabet gennem 2000 år", "Færøernes kontinentalsokkel – forventninger om oliefund", "Øresund - Den faste forbindelse og kystmiljøet", "Guldfund og pladetektonik - Den ketilidiske bjergkædedannelse i Sydgrønland" til "Mariager Fjord - en fjorddals historie".

Formidlingsaktiviteterne omfatter desuden GEUS' biblioteksvirksomhed samt forskellige former for redaktionelt og grafisk arbejde.

Økonomiresultatet på programområdet blev i 1999 lidt gunstigere end forventet i budgettet. Investeringen i forbedrede magasinforhold betød, at trækket på GEUS' basismidler øgedes i forhold til 1998.





ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Vandressourcer

Ressourceindsats	Realiseret 98	Budget 99	Realiseret 99	Budget 00
Årsværksforbrug	68	64	74	64
Samlet omsætning (mio. kr.)	37,1	46,9	44,7	43,3
Heraf basismidler (mio. kr.)	22,7	34,6	29,0	28,8
Ekstern finansiering (mio. kr.)	14,4	12,3	15,7	14,5
Ekstern finansierungsgrad	39%	26%	35%	33%

Hovedopgaverne på programområdet går ud på at skaffe overblik over størrelsen og fordelingen af de tilgængelige grundvandsressourcer i Danmark og i at klarlægge forhold og processer, som har betydning for grundvandets kvalitet.

Under en projektkontrakt med Miljø- og Energiministeriet er der i de seneste år satset stærkt på opbygningen af en landsdækkende vandressourcemodel, der forsøger at tage højde for samtlige faktorer, som er bestemmende for grundvandsmængderne. Det gælder f.eks. nedbør, fordampning, afstrøm-

ning på jordoverfladen, nedsivning gennem de øverste jordlag samt grundvandsmagasinerne egen-skaber og udstrækning. Modelopbygningen foregår i samarbejde med DMU, der bidrager med data vedr. afstrømning og arealanvendelse, og med DHI, hvis beregningsprogrammel, MIKE SHE, er et væsentligt element i vandressourcemodellen. Supplerende moduler til MIKE SHE fremstilles af DHI og GEUS i fællesskab ved hjælp af en bevilling fra Erhvervsfremmestyrrelsen.

I 1997 og 1998 var arbejdet især koncentreret om at udforme geologiske modeller for Fyn og Sjælland. I 1999 er der fortrinsvis arbejdet med Jylland, hvor de geologiske forhold omkring grundvandsmagasinerne, der er knyttet til både tertiære

(miocæne) og kvartære aflejringer, er særligt komplicerede. Igangværende undersøgelser af lejringsforholdene i det midt- og sønderjyske Miocæn ved hjælp af sekvensstratigrafisk metodik (se også under Programområde 3: Energiråstoffer) tyder på, at udstrækningen af de miocæne, vandførende sandformationer vil kunne kortlægges med langt større præcision end hidtil.

Det jyske modelkoncept, som ved årets slutning var opstillet for Syd- og Vestjylland fra landegrænsen nordpå til Limfjorden, adskiller sig fra konceptet, som blev benyttet ved modelleringsarbejdet på Fyn og Sjælland. I Jyllands modellen er der således introduceret sikrere afstrømningsberegninger, herunder angående vandudvekslingen mellem grundvand og vandløb. End-

videre er den tidligere anvendte geologiske "lagkagemodel" afløst af en model, hvor jordlagene er opdelt i "celler" med en lagtykkelse på 10 m og en vandret udstrækning på 1 km x 1 km. Formålet med den landsdækkende model er bl.a. at fremstille et detaljeret beregningsværktøj, som kan bruges til at belyse variationerne i vandmængderne, som efter at være sivet ned tilføres de enkelte grundvandsmagasiner henad vejen. Ønsket om detaljering må imidlertid afvejes med et modsat rettet ønske om overkommelig computertid. Det er derfor valgt at arbejde med en geologisk model, som omfatter i alt 16 beregningslag (dvs. ned til en dybde af 160 m).

I 1999 er der udviklet 2 supplerende moduler til MIKE SHE. Det ene modul, "GeoEditor", er et GIS-baseret grafisk redskab, der sætter brugeren i stand til at opstille, tolke og afprøve geologiske modeller på grundlag af de foreliggende data fra boringer og geofysiske undersøgelser. Det andet modul, "UZ-editor", der også er GIS-baseret, muliggør indlæsning af data vedrørende lagene nærmest jordoverfladen, bl.a. data fra GEUS' jordartskortlægning.

Arbejdet med opbygning af den landsdækkende vandressource-model blev bedømt i maj 1999 under medvirken af et eksternt panel med brugerrepræsentation. Panelet påpegede, at projektet er ambitiøst, men at målsætningerne synes rimelige og gennemførlige, dog med forsinkelse i forhold til den oprindelige tidsplan. Panelet gjorde opmærksom på et behov for øget forskning i processerne, der er knyttet til dannelsen af nyt grundvand. Det tilstræbes at råde bod på denne mangel, bl.a. er der igangsat et ph.d. projekt, der sigter mod at udvikle forbedrede metoder til kvantificering af den arealmæssige variation i grundvandsdannelsen.

Sideløbende med indsatsen på vandressourcemodellen foregår en renovering af GEUS' net af pejlestationer. Registreringen af svingningerne i grundvandsspejlets beliggenhed er i en længere årække foregået manuelt på ca. 100 stationer fordelt over landet. Ved udgangen af år 2000 påregnes GEUS-nettet at bestå af 10 stationer, der er monteret med nyudviklet udstyr til "on line"-transmission af data, samt ca. 40 stationer med automatisk registrering. I forbindelse med den kommende revision i 2002

af programmet for grundvandsovervågning tilstræbes det at etablere et mere finmasket pejlenet ved koordinering af GEUS' indsats på området med den tilsvarende indsats i amternes og de større vandforsyningsregi.

EU-projektet PALAEAUX fokuserer på mulighederne for indvinding af dybtliggende grundvand i europæiske kystzoner, hvor vandforsyningsproblemerne kan være store, bl.a. på grund af mange turistbesøg. I projektet undersøges mængde og kvalitet såvel af gammelt grundvand, der er dannet under sidste istid, som af ungt grundvand, der er infiltreret inden for de seneste år.

IGEUS rapporten "Grundvandsovervågning 1999" angives, at den vejledende grænseværdi for nitrat på 25 mg/l i 1998 ligesom i året før er overskredet i 25% af vandprøverne fra de filtersatte intervaller i Vandmiljøplanens overvågningsboringer. Organiske mikro-forureninger, d.v.s. klorede kulbrinter, aromatiske kulbrinter og fenoler er i perioden 1989-1998 fundet i henholdsvis 14%, 23% og 11% af overvågningsfiltrerne, altså i samme størrelsesorden som i perioden 1989-1997, hvor de tilsvarende

tal var 13%, 21% og 12%. Proceduren for godkendelse af pesticider er i de senere år skærpet markant, og en del pesticider er blevet forbudt. På trods af disse forholdsregler øges antallet af påviste pesticidtyper (inkl. nedbrydningsprodukter) i grundvandet fortsat. Øgningen må tilskrives en kombination af forsinkelseffekten, der er knyttet til nedsivningen, udvidet analyseprogram og forbedret analyseteknik. Mens antallet til og med 1997 lå på 46, var det ved udgangen af 1998 oppe på mindst 56.

GEUS' forskning på pesticidområdet er især udført som led i det tværinstitutionelle samarbejde i Grundvandsgruppen under Det Strategiske Miljøforskningsprogram. Grundvandsgruppens indsats på delprogrammet "Pesticider og Grundvand" startede i 1996 og skulle efter den oprindelige plan være afsluttet med udgangen af 1999. Nogle af aktiviteterne blev imidlertid forsinket, og SMP-ledelsen har godkendt, at uforbrugte projektmidler kan anvendes i år 2000. Arbejdet er organiseret i 3 projekter, hvoraf to er rettet mod forhold og processer, som har betydning for, om pesticider bindes, nedbrydes eller transporte-

res, dels i jordlagene over grundvandsspejlet, dels i grundvandsmagasinerne. I det tredje projekt søges resultaterne fra de to andre projekter integreret i form af beregningsmodeller, som kan bidrage til at belyse risikoen for spredning af pesticider i lokale og regionale vandindvindingsområder. Det udestående arbejde i 2000 vedrører især beregningsmodellerne samt videreførelsen af nogle sent igangsatte ph.d. projekter.

Fra GEUS' side er der bl.a. bidraget med detaljerede undersøgelser af de hydrauliske forhold, som er knyttet til opsprækket moræneler og til smeltevandssand, og som har betydning for mulighederne for vandgennemstrømning og dermed for risikoen for transport af pesticider gennem den umættede zone over grundvandsspejlet. GEUS har også været stærkt impliceret i analyser vedrørende binding og bakteriel nedbrydning af pesticider i grundvandsmagasinerne og i undersøgelser af pesticiders opførsel i vådområder. Endelig er GEUS ansvarlig for udviklingen af en beregningsmodel, der dækker et regionalt vandindvindingsområde.

Grundvandsgruppens resultater viser, at pesticider kan transporteres gennem rodhuller og sprækker ned til mindst 5 m dybde. Det er sandsynligt, at sprækker fungerer som aktive strømningsveje ned til mindst 10 m dybde i lerområder. Det er sandsynligvis forklaringen på mange af de senere års pesticidfund i de øverste grundvandsmagasiner, og på at en række pesticider opfører sig anderledes end forventet. Når pesticiderne først er nået ned i grundvandsmagasinerne, foregår nedbrydningen meget langsomt, eller den går helt i stå. Opbygningen af basal viden om pesticider i Grundvandsgruppens regi kan givetvis udnyttes i de kommende års bestræbelser på at beskytte grundvandet mod yderligere forurening.

Pesticidfundene i det senest dannede grundvand har givet anledning til, at GEUS sammen med Danmarks JordbrugsForskning (DJF), DMU og Miljøstyrelsen er i færd med at etablere et varslingsystem, der giver mulighed for at registrere godkendte pesticider, som mod forventning transporteres i lagene over grundvandsspejlet og truer med at forurene grundvand eller overfladevand. Varslingssystemet

består af 6 repræsentative forsøgsmarker fordelt over landet. Markerne, hvoraf 4 ligger på lerjorde og 2 ligger på sandjorde, dyrkes efter fastlagte sædskifteplaner, og regelret pesticidbehandling finder sted. En omfattende dataindsamling foregår bl.a. ved hjælp af pejle- og prøvetagningsboringer, udstyr til måling og udtagning af porevand, hyppige pesticidanalyser og kontinuert måling af nedbøren. På forsøgsmarkerne på lerjord suppleres med indsamling af drænvand, og der anbringes 18 m lange horisontale prøvetagningsfiltre i en dybde af 3,5 m under terræn. I 1999 er drift og prøve-tagning igangsat på forsøgsmarker ved Tylstrup i Vendsyssel, Store Jyndevad i Sønderjylland og Fårdrup i Vestsjælland.

Pesticidforskning finder desuden sted under en projektkontrakt med Miljø- og Energiministeriet samt under Det Tværministerielle Pesticidforskningsprogram. Arbejdet under projektkontrakten er især rettet mod udvikling af immunkemiske analysemetoder. I forbindelse med et ph.d. studium er der i samarbejde med Statens Seruminstitut og Exiqon A/S fundet frem til en immunkemisk analyse for BAM,

der er et hyppigt optrædende nedbrydningsprodukt fra "by-pesticidet" dichlobenil. Metoden, der er godkendt af Miljøstyrelsen, har en detektionsgrænse på 0,02 mikrogram eller mindre, og det nødvendige prøvevolumen er mindre end 1 ml. Samtidig er analysen betydeligt billigere end en konventionel BAM analyse, og resultatet kan leveres senest et døgn efter prøvemodtagelsen. Metoden er derfor egnet til screening af BAM forurenede områder. Ved hjælp af en bevilling fra Forskningsministeriets SUE-program er det sikret, at der kan arbejdes videre med udvikling af immunkemiske analyser for andre pesticidtyper. Udover Seruminstitutet, Exiqon og GEUS deltager Mikroelektronikcentret og Institut for Miljøteknologi ved DTU i SUE projektet. GEUS' arbejde under Det Tværministerielle Pesticidforskningsprogram er nævnt under GEUS' programområde vedr. Natur og miljø".

Projektet "Fracflow", der er EU-finansieret, udføres sammen med det israelske Ben Gurion Universitet, British Geological Survey og Institut für Angewandte Geologie, Karlsruhe. Projektet har til formål at undersøge såvel organiske som

uorganiske forureningselementers opførsel i opsprækkede kalkbjergarter, herunder det danske "skrivekridt", samt at pege på mulige afhjælpningsforanstaltninger. GEUS har i 1999 bidraget ved etablering af feltstudier på lokaliteter ved Sigerslev på Stevn og Drastrup nær Ålborg samt ved mikrobiologiske og hydrogeologiske undersøgelser.

Sammen med ASIAQ i Nuuk arbejder GEUS på at vurdere det grønland-ske potentiale for udnyttelse af vandkraft som energikilde. Potentialet synes ikke mindst knyttet til afstrømningen fra snedækket. I 1999 er der udført sporstofstudier på en række lokaliteter i Tasersuaq bassinet for at forbedre indsigten i strømnings- og magasineringsprocesserne, som foregår i snedækket, og dermed i smeltvandsafstrømningen og dens variation i tid. Inkludering af denne viden i de hydrologiske beregningsmodeller vil øge muligheden for at forudsige kraftige og hurtige afstrømningsforløb, således at grundlaget for dimensionering af vandkraftanlæg bliver sikrere.

GEUS har forestået ledelsen af et større projekt vedr. grundvandsbeskyttelse i det forureningsstruede Noginsk distrikt, øst for Moskva. Projektet, der primært finansieredes under DANCEEordningen, udførtes i et samarbejde mellem det russiske ministerium for naturressourcer, de lokale miljømyndigheder, VSEGINGEO (russisk forskningsinstitut for hydrogeologi og ingeniørgeologi), Environment Modelling Center ved Rigas Tekniske Universitet, Krüger International Consult A/S og GEUS.

De vigtigste resultater af projektet, der løb fra maj 1998 til april 2000, er:

- (a) Udarbejdelse af en 3D geologisk model og en kalibreret 3D strømningsmodel for hele distriktet;
- (b) Fremstilling af kort vedr. udnyttede grundvandsmagasiners sårbarhed med angivelse af områder og lokaliteter, hvor strenge beskyttelsesforanstaltninger og lokal overvågning bør gennemføres;
- (c) Fremstilling af kort over steder med særlig høj forureningsrisiko;
- (d) Konstatning af en udbredt grundvandsforurening med organiske stoffer;

- (e) Udførelse af supplerende undersøgelser på to lokaliteter med særlig stærk forurening: Timokhovo (der formentlig er den største losseplads i Europa) og Akrikhin;
- (f) Udførelse af 17 undersøgel-sesboringer;
- (g) Etablering af en miljødata-base;
- (h) Forbedring af VSEGINGEO's muligheder for at udføre miljøundersøgelser og bearbejde data som følge af tilført know-how og computerudstyr;
- (i) Udarbejdelse af forskrifter for implementering af udbedrende foranstaltninger på Timokhovo lossepladsen.

Som i 1998 er programområdets antal af artikler i internationale tidsskrifter i 1999 på niveau med Resultatkontraktens måltal. Antallet af konferencebidrag, erhversrelaterede artikler samt notater m.v er større end i 1998, formentlig et udtryk for god interesse fra brugernes side. Rapportantallet er faldet i forhold til 1998. 1999-tallet ligger dog fortsat betydeligt højere end Resultatkontraktens måltal.

Programområdets årsværksforbrug og den samlede omsætning er vokset betragteligt i forhold til 1998, mens den eksterne finansierungsgrad er faldet. Merforbruget hænger primært sammen med varslingsystemet, hvis etablering har været vanskelig at planlægge, hvorfor der også ses markante afvigelser i forhold til budgettet for 1999.





ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Energiråstoffer

Ressourceindsats	Realiseret 98	Budget 99	Realiseret 99	Budget 00
Årsværksforbrug	108	95	97	88
Samlet omsætning (mio. kr.)	62,1	55,5	52,1	56,3
Heraf basismidler (mio. kr.)	38,0	31,6	30,2	30,3
Ekstern finansiering (mio. kr.)	24,2	23,9	21,9	26,0
Ekstern finansieringsgrad	39%	43%	42%	46%

På dette programområde består GEUS' hovedopgave i at bidrage til et solidt fagligt grundlag dels for en effektiv efterforskningsproces, dels for at den størst mulige andel af olie- og gasmængderne, som er til stede i de påviste reservoirer, kan indvindes.

På efterforskningsområdet er der i 1999 opnået interessante resultater angående dannelsen af olie i Centralgraven. Det har vist sig, at kullag fra Mellem Jura er kildebjergart for olie, som er akkumuleret i Harald- og Lulita-

felterne, der ligger nordligst i den danske del af Centralgraven. Det er også påvist, at udbredelsen af de oprindelige, kuldannende sumpe og afstanden til de daværende kyster spiller ind på oliens kemiske sammensætning. Konstateringen af, at kul kan give anledning til oliedannelse er vigtig i efterforskningsmæssig sammenhæng. Det betyder, at de geologiske forudsætninger for at gøre oliefund kan være opfyldt flere steder end hidtil antaget.

Nyopstilling af en dinoflagellat-baseret zoneinddeling til støtte for detaljerede sekvensstratigrafiske undersøgelser af den mio-cæne lagserie i Midt- og Sønderjylland igangsættes. Der er ingen forventninger til, at disse lag rummer kulbrinter i kommercielle mængder, men aflejringerne

kan anskues som analoge til olie/gasførende sandreservoirer i Nordsøområdet, og lejringsforholdene kan studeres i østjyske kystkliner. Udover at tjene som model for klastiske olie/gas-reservoirer har de sekvensstratigrafiske undersøgelser betydning i vandforsyningsmæssig sammenhæng. I den miocæne lagserie findes tykke sandformationer, som formentlig kan rumme store udnytbare grundvandsmængder.

Det flerårige samarbejde med Vietnam Petroleum Institute (VPI) er kommet til en foreløbig afslutning i 1999. Samarbejdet, der har været muliggjort ved bevillinger fra Energiforskningsprogrammet (EFP-94 og EFP-97) samt fra DANIDA, har især været koncentreret om at gennemføre integrerede geolo-

En 3D seismisk arbejdsstation på GEUS.

Store datamængder gør det nødvendigt med matematisk databearbejdelse f.eks. ved hjælp af en seismisk arbejdsstation.

På skærmen til venstre ses et omtrent vandret snit igennem en olieproducerende struktur i Nordsøen ("Syd Arne" strukturen); til højre ses et lodret snit igennem strukturen, hvor man kan se, hvordan lagene er blevet bøjet af den opstigende struktur.

GEUS har i en årrække ydet bistand til bl.a. vietnamesiske oliemyndigheder med overførsel af teknologi og knowhow om udstyr som ses på billedet.

giske, geofysiske og geokemiske studier af det tertiære Song Hong Basin, der ligger i Tonkin Bugten og de tilgrænsende dele af Det Sydkinesiske Hav. Vestlige olieselskaber har i første halvdel af 1990'erne udført 17 efterforskningsboringer i et område på ca. 50.000 km², og der er gjort en række subkommercielle fund. Området har hidtil været betragtet som primært en gasprovins, men nytolkningen tyder på, at der også kan være mulighed for olieforekomster. Sideløbende med den konkrete opgaveløsning, der bl.a. er varetaget ved langtids udstationering af 3 GEUS-medarbejdere i Hanoi, er der lagt vægt på kompetenceopbygning i den statslige, vietnamesiske olie/gas-sektor. DANIDA midlerne har således betydet, at to arbejdsstationer med tilhørende programmel til interaktiv geologisk og geofysisk tolkning har kunnet anskaffes og indkøres ved VPI. Endvidere har adskillige VPI-medarbejdere gennemgået jobtræning på GEUS. Der er flere eksempler på, at den overførte teknologi og know-how også nyttiggøres i bredere sammenhæng.

For Grønlands vedkommende har GEUS en vigtig opgave i at bidrage med geologisk og geofysisk dataindsamling og formidling af viden om områdets prospektivitet med henblik på at tiltrække den internationale olieindustri. Rapportering af en række yderligere undersøgelser har fundet sted i 1999. Det drejer sig om resultater fra sedimentologiske, biostratigrafiske og organisk geokemiske undersøgelser af prøver fra boringer og daglokaliteter på Nuussuaq. Endvidere er der gennemført og offentliggjort tolkning af seismiske og andre geofysiske data fra Disko-Nuussuaq-Svarthuk regionen og fra havområdet udfor Sydvestgrønland.

Olieudsivningerne i Vestgrønland har vakt betydelig interesse blandt olieselskaberne, siden de første analyserbare fund blev gjort i 1992. Området med konstaterede udsivninger er udvidet fra nogle få km² til mange tusinde km², idet lokaliseringsarbejdet fra og med 1996 har været finansieret af Grønlands Hjemmestyre. I 1999 blev udsivningernes nordgrænse på Svarthuk fastlagt, og en række resultater fra tidligere analyseprogrammer publiceredes.

Det SNF-støttede TUPOLAR-projekt, der har været koncentreret om geologiske forhold og processer, som kan have ført til olie- og malmforekomster i sedimentbassinerne i Øst- og Nordgrønland, er afsluttet. Resultaterne er opsummeret i GEUS Rapport 1999/54, hvor der findes en oversigt over de 66 artikler 59 foredragsabstracts, som på daværende tidspunkt var udkommet som resultat af projektet.

På Råstofdirektoratets foranledning er der udarbejdet en ny olieefterforskningsstrategi for Grønland. GEUS har medvirket ved udarbejdelsen, der bl.a. er foregået på baggrund af mange års geologiske undersøgelser i Vestgrønland. GEUS bidrager også til, at interesserede olieselskaber får kendskab til strategi og efterforskningspotentialer.

Der blev i 1999 indgået aftale med Storbritannien om sokkelgrænsen inden for 200 sømil fra Færøerne. GEUS' rådgivning i de langvarige forhandlinger har vedrørt dels geologiske forhold af betydning for anvendelsen af artikel 76 i FN's havretskonvention, dels mulighederne for olie/gasfund i omtvistede arealer.

På *indvindingsområdet* er PRIORITY-samarbejdet mellem Mærsk Olie og Gas A/S, DTU/Institut for Kemiteknik, Geoteknisk Institut og GEUS om at øge den basale viden om den danske Nordsøsektors kalkstensreservoirs fra Nedre Kridt videreført. Reservoirtypen, der forekommer på Valdemar- og Addafelterne samt under hovedreservoirerne fra Øvre Kridt og Danien på Tyra-, Roar- og Syd Arne-felterne, rummer anseelige oliemængder, som imidlertid er svære at indvinde. I projektets første fase er der på GEUS især sat ind på Valdemarfeltet, hvorfra der er etableret en database vedr. tolkning af petrofysiske logs og borekerneanalyser. Reservoirlagene er zoneinddelt på baggrund af mikropalæontologiske analyser, og de enkelte zoners reservoiregenskaber er karakteriseret. Desuden er Valdemarfeltets strukturgeologiske udviklingshistorie beskrevet, og der er gennemført en analyse af sprækketyper og sprækkefordeling i reservoiret.

Produktionsmulighederne fra Roarfeltets Øvre Kridt/Danien-reservoir er undersøgt i samarbejde med Ødegaard A/S og

COWI. GEUS' andel i projektet, som var finansieret under EFP-97, har bestået i kortlægning af porositets- og permeabilitets-egenskaberne fordeling samt af variationerne i kulbrintemætning i reservoiret. Kortlægnings- og den efterfølgende beregning af de tilstedeværende kulbrintemængder er foretaget ved hjælp af geostatistiske metoder og med støtte i de seismiske data fra feltet.

I et projekt under EFP-99 undersøges mulighederne for at øge olieindvindingen fra kalkreservoirs ved hjælp af forskellige injektionsteknikker (dels alternerende injektion af vand og gas (WAG), dels samtidig injektion af vand og gas (CGW)). Projektet omfatter tre sammenhængende delaktiviteter:

- (a) eksperimentelle og teoretiske studier af trefasefortrængning ved WAG/CGW-injektion;
- (b) computerstudier af trefasefortrængning ved brug af en matematisk porennetværksmodel;
- (c) transformering af matematiske funktioner for relativ permeabilitet for vand, olie og gas fra porenetværksmodel til reservoirniveau.

I 1999 blev der arbejdet med eksperimentelle studier af sammenhængene mellem de basale transportmekanismer, reservoirvæskernes egenskaber og det porøse netværks struktur. En eksperimentel opstilling til undersøgelse af trefasestrømning ved hjælp af fysiske porennetværksmodeller (mikromodeller) foreligger. Resultaterne fra disse undersøgelser er formuleret som et regelsæt og indbygget i en matematisk porennetværksmodel. I 2000 fortsættes undersøgelserne af WAG/CGW-injektionsprocesser parallelt med computerstudier baseret på matematiske porennetværksmodeller og eksperimentelle studier baseret på mikromodeller.

Siden 1980 har GEUS deltaget i "North Sea Chalk Research Programme", der er et forskningssamarbejde, som er organiseret af det norske Oljedirektorat og Energistyrelsen samt en række olieselskaber, der har interesser i Nordsøens olie- og gasforekomster i kalkreservoirs. GEUS har senest arbejdet med at undersøge forskellige typer af heterogenitet i reservoirbjergarterne og den indflydelse, de pågældende "uregelmæssigheder" har på strøm-

ningsmulighederne under forskellige skalaforhold. Der er opstillet en procedure for modellering og opskalering af heterogeniteternes effekt på retningsbestemte afvigelser i reservoirbjergarternes permeabilitet, og udvalgte metoder er indbygget i et nyudviklet programmel.

I 1999 afsluttedes EU/JOULE-projektet "Equivalent volume modelling of dual porosity/dual permeability hydrocarbon reservoirs", hvor GEUS har samarbejdet med en række udenlandske partnere. Dette projekt har ført til forbedret indsigt i sprækkedannelse, sprækkegeometri og strømningsproces, når det gælder opsprækkede reservoirer. Der er desuden opnået viden om forhold, som skal tages i betragtning ved opskaleringsprocedurer, og om optimal behandling af data i forbindelse med brug af forskellige typer af strømningssimulatorer. Projektet har belyst sprækkernes effekt på den effektive permeabilitet og dermed på strømningsmulighederne i et reservoir. En procedure for karakterisering og modellering af sprækker samt for opskalering af sprækkeeffekten er opstillet.

GEUS' forskningsindsats på olie/gasområdet gennem den seneste 5 års periode blev i efteråret 1999 evalueret af et internationalt panel. Evalueringsresultatet, der generelt var meget positivt, er offentliggjort i GEUS Rapport 1999/69. Panelet pegede dog også på områder, hvor indsatsen kan forbedres. GEUS' direktion arbejder løbende på, at institutionen kan leve op til evalueringsgruppens konstruktive anbefalinger.

I 1998-rapporten fra den af Energistyrelsen nedsatte arbejdsgruppe vedr. mulighederne for i højere grad end nu at udnytte geotermisk energi blev der foretaget en systematisk vurdering af de geotermiske ressourcer, som står til rådighed for en række danske byer med fjernvarmeanlæg. Rapporten førte ikke til aktiviteter i 1999, men på Finanslov 2000 er der afsat 20 mio. kr. til nærmere afklaring af forsyningsmulighederne. Det påregnes derfor, at konkrete efterforskningsaktiviteter kan være gennemført inden udgangen af 2001.

I EU-sammenhæng er der betydelig interesse for deponering af CO₂ i egnede undergrundsformationer. GEUS er involveret i de nødvendige forundersøgelser og har fået overladt ledelsen af et EU finansieret udredningsprojekt.

I 1999 ligger antallet af internationale artikler og især af konferencebidrag som i 1998 markant højere, end resultatkontraktens måltal angiver. Antallet af offentligt tilgængelige rapporter, erhvervsrelaterede artikler og GEUS notater er derimod faldet. Det store antal fortrolige rapporter vedrører dels kommercielle serviceopgaver, dels forskningsprojekter, som bygger på data, der er fortrolige i henhold til undergrundslovgivningen.

Såvel årsværksforbruget som pengeomsætningen var på dette programområde markant mindre end i 1998.



Cass Fjorden i Washington Land i nordvest Grønland. I en af Grønlands mest afsidesliggende og ugæstmilde egne har GEUS' videnskabelige, geologiske kortlægning påvist forekomsten af mineraliseringer, som har tiltrukket den internationale mineindustri. Mineselskabet Platinova har således gennemført prøveboringer efter bly og zink i det nordøstlige Washington Land.



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Mineralske råstoffer og Grønlandskortlægning

Ressourceindsats	Realiseret 98	Budget 99	Realiseret 99	Budget 00
Årsværksforbrug	67	61	71	59
Samlet omsætning (mio. kr.)	52,9	43,5	54,0	39,2
Heraf basismidler (mio. kr.)	29,7	27,5	30,3	25,1
Ekstern finansiering (mio. kr.)	23,2	16,0	23,7	14,1
Ekstern finansieringsgrad	44%	37%	44%	36%

Hovedparten af aktiviteterne på programområdet vedrører basal geologisk kortlægning og mineralefterforskning i Grønland. Andre væsentlige aktiviteter er knyttet til mineralske råstoffer i Danmark med omgivende farvande. Lejlighedsvist udføres geologiske undersøgelser i forbindelse med større danske anlægsarbejder. Endelig er der i de seneste år løst forundersøgelsesopgaver i forbindelse med rådgivning på mineralområdet til lande i den 3. verden.

Sandsuger på togt i Århus Bugt.

Der indvindes store mængder sand og grus fra havbunden i de indre danske farvande. GEUS har deltaget i kortlægningen af forekomsten af de mineralske råstoffer på havbunden i samarbejde med Skov og Naturstyrelsen, der har det administrative ansvar for reguleringen af indvindingen i de danske havområder.

Den regionale oversigtskortlægning af de isfrie områder i Grønland (i alt ca. 410.000 km²) er langt fremme, idet 11 ud af 14 kortblade er udgivet indtil nu. Om fremstillingen af de resterende 3 kortblade i skala 1:500.000 kan følgende oplyses:

Kortblad nr. 9, Lambert Land: Kortbladet dækker området mellem 78 ° og 81° N i den nordligste del af Nordøstgrønland. Feltarbejdet udførtes i somrene 1993-1995. Kortfremstillingen omfatter 4 trin, hvoraf de 3 første er afviklet tidligere, mens trin 4 var nær afslutning ved udgangen af 1999, hvor første prøvetryk forelå. Kortbladet udgives i 2000.

Kortblad nr. 11, Kong Oscar Fjord: Kortbladet dækker området mellem 72° og 75° N i den syd-

ligste del af Nordøstgrønland. Kortlægningen foregår på baggrund af et topografisk arbejds-kort, der er udtegnet ved GEUS i skala 1:100.000. Bearbejdning af observationer og indsamlet bjergartsmateriale fra feltarbejdet, der foregik i somrene 1997 og 1998, er langt fremme. En række foreløbige resultater er publiceret, og en arbejds-konference med deltagelse af projektets mange eksterne samarbejdspartnere fandt sted i foråret 1999. Kompilationen af kortbladet i skala 1:500.000 var halvvejs gennemført i 1999. Kortbladsudgivelsen ventes at kunne ske i 2001.

Kortblad nr. 6, Kane Basin: Det afsluttende feltarbejde gennemførtes i Inglefield Land i Nordvestgrønland (ca. 78° N) og i Washington Land i

Nordgrønland (ca. 81° N) i sommeren 1999. Det omfattende materiale er nu under bearbejdning med sigte på kortbladsudgivelse i 2002.

Der er gennemført pladetektoniske studier og geologisk kortlægning i skala 1:100.000 i den sydligste del af den ca. 1.800 mio. år gamle foldekæde, Ketiliderne, mellem Lindenow Fjord og Kap Farvel i Sydøstgrønland. Det kortlagte område svarer til ca. et halvt kortblad. Medarbejdere fra Kingston University (U.K.), University of Exeter (U.K.) og Geological Survey of Canada deltog i arbejdet, der primært finansieredes af National Environmental Research Council (U.K.) og støttedes af SNF. Det påvises, at regionen strukturelt og aldersmæssigt udgør en direkte fortsættelse af tidligere undersøgte områder længere mod nord. Resultatet er en væsentlig brik i den samlede pladetektoniske tolkning af Ketiliderne. Undersøgelserne bidrager også til at forklare den geologiske baggrund for guldminaliseringerne i Sydgrønland. En let tilgængelig artikel om emnet findes i GEOLOGI - Nyt fra GEUS, 1999 nr. 3.

Med udgangspunkt i tidligere undersøgelser i Dansk Lithosfærecenters regi af de tertiære basalter i Blosserville Kystområdet i Østgrønland og i tilsvarende undersøgelser af de færøske basalter er det lykkedes at korrelere de to lavaserier i detaljer på tværs af Atlanterhavet. Resultatet, der tyder på, at der også kan være ligheder mellem den østgrønlandske og den færøske præ-basaltiske sedimentserie, har vakt interesse blandt olie-selskaber, som påtænker aktiviteter på den færøske sokkel.

Som led i undersøgelser af basalt-dækkerne i Disko Bugt området, hvor feltarbejdet især foregik i perioden 1981-1992, er 2 kortblade i skala 1:100.000 færdigkomprimeret og sat i teknisk produktion. Det drejer sig om kortbladene 69V1S Uiffaq og 69V2N Pingua. Kortene, der kompletterer dækningen af Disko-øen, er af relevans for de aktuelle olie- og malmgeologiske undersøgelser i området. Desuden er 15 artikler vedr. Disko Bugt områdets prækambriske geologi samt et oversigtskort i skala 1:250.000 publiceret i *Geology of Greenland Survey Bulletin* 181.

I 1999 er endvidere 8 tidligere publicerede kortblade i skala 1:100.000 vektoriseret. Kortbladene, som er 60Ø1N Lindenow Fjord; 63V1S Grædefjord; 63V2S Sinarssuk; 63V2N Kangiata nuna; 62V1N Fiskefjord; 64V2N Ivisartog og 65V2N Isukasia, er således klar til GIS-anvendelse i ArcView- eller ArcInfoformat.

GEUS' opgaver i forbindelse med målrettet mineralefterforskning løses i tæt samarbejde med Grønlands Hjemmestyres Råstofdirektorat, som finansierer en række af aktiviteterne. Opgaverne går bl.a. ud på at tilvejebringe og formidle data og undersøgelsesresultater, som har efterforskningsmæssig værdi, og som kan stimulere den internationale mineindustri interesse for det grønlandske mineralpotentiale.

Geofysiske data indeholder information om de geologiske strukturers udbredelse i dybden. Geofysiske undersøgelser er derfor et vigtigt supplement til den geologiske kortlægning, som i Grønland oftest er begrænset til jordoverfladen. I forlængelse af de foregående 5 års intensive, flybårne indhentning af geofysiske data fra andre egne i Grønland er der i projektet

AGS Greenland 1999 gennemført et omfattende måleprogram vedr. magnetfeltet i det sydlige Vestgrønland. Flyopmålingerne omfatter ca. 141.000 liniekilometer og dækker et område på ca. 60.000 km². Kort og data fra AGS Greenland 1998 blev frigivet i marts 1999. Tilsvarende er resultaterne fra AGS Greenland 1999 frigivet i foråret 2000.

"Suprasyd"-projektet, der startede i 1993, består i en systematisk registrering af alle prioriterede og relevante geologiske data, der kan bruges ved evaluering af mineralressourcerne i det Ketilidiske område syd for 62° N i Sydgrønland. To hovedopgaver indgår i projektet. Den første hovedopgave går ud på at overføre data fra arkiver og databaser til et enkelt digitalt medie, således at data kan GISbearbejdes og redigeres. Materialet placeres desuden på en interaktiv cd-rom, som kan udnyttes af mineselskaber og geovidenskab i almindelighed. Den anden hovedopgave består i at gennemføre en selvstændig evaluering af områdets mineralressourcer.

De digitale data inkluderer fortegnelse over indsamlet prøvemateriale, geologiske kort, registrering af arkiveret kortmateriale, oplysninger om mineraliseringer, geofysiske kort og data, geokemiske kort og data, resultater af kemiske analyser af bjergarter, dateringsdata, satellitmosaikker med tilhørende informationer samt fortegnelse over litteratur og rapporter. De nævnte data forelå i digitalt format ved udgangen af 1999, og den tekniske sammenstilling og redigering af materialet til cd-rom var igangsat. Cdromfremstillingen ventes afsluttet i foråret 2000. Gennemgangen af arkiver og overførslen til digitalt medie har været mere tidskrævende end forudset. De indhøstede erfaringer vil blive udnyttet ved løsningen af tilsvarende opgaver andre steder i Grønland.

Som led i ressourceevalueringen er der sammenstillet data for ca. 100 identificerede mineraliseringer og geokemiske regioner. De Ketilidiske formationer synes at rumme betydelige chancer for guldforekomster. Der er tale om to forskellige mineraliseringstyper, dels gulDMINERALISERINGER, der er relateret til hydrotermale omdannel-

ser i sene "calc-alkaline" vulkanitsekvenser, dels en dominerende mineraliseringstype, som er relateret til sen-Ketilidiske strukturelle zoner og højtemperatur kvartsgange. Desuden er der knyttet basemetalmineraliseringer til Ketilidiske mafiske intrusioner, ligesom en række mineraliseringer af specielle metaller som niob og tantal findes i forbindelse med alkaline intrusioner i Gardar provinsen i Narsaq - Narssarssuaq området. Rapport vedr. ressourceevalueringen forelå i udkast sidst i 1999.

Modellering af den østgrønlandske, tertiære Skærgårdsintrusions form og indre struktur kombineret med de tilstedeværende ædelmetal mineraliseringer samt prisudviklingen på ædelmetal området har givet anledning til en markant opvurdering af brydningsværdigheden. Den palladium dominerede del af mineraliseringen har hidtil været udeladt i vurderinger af intrusionens ressourcemæssige potentiale.

Nye undersøgelser har vist, at der i intrusionen stedvis findes palladium koncentrationer på op til 3 g pr. ton bjergart i en brydningseget tykkelse. Dette

har medført, at et nyt efterforskningsselskab har indgivet licensansøgning på området.

I Grønland var der i 1999 40 licenser i kraft på mineralområdet, hvilket er en nedgang på 16 i forhold til 1998. Licenserne er især udstedt i Vestgrønland. Selskabsinteressen er p.t. hovedsagelig rettet mod mulige diamantforekomster, med guld og zink som de næstvigtigste mål for efterforskningen.

Med finansiering fra Rådet for Ulandsforskning og i samarbejde med DMU, University of Dar es Salaam og Tanzanias Geologiske Undersøgelse er der i 1999 gennemført et pilotprojekt i Tanzania. Projektet vedrørte en vurdering af de igangværende efterforskningsaktiviteter samt en undersøgelse af de miljømæssige konsekvenser af tidligere og nuværende mineraludvinding. Der udarbejdedes planer for et længerevarende samarbejde med de tanzanianske institutioner.

I Danmark har det råstofrelaterede arbejde i 1999 mest været koncentreret om teglværksler og titanminerale.

Med hensyn til teglværksler er der i samarbejde med Skov- og Naturstyrelsen iværksat en generel undersøgelse af de danske lerkvaliteter, og der er i denne forbindelse indsamlet en række data. Der er desuden sat ind på at finde frem til geofysiske metoder, som er egnede til råstoflokalisering. Forekomster af såvel teglværksler som bentonit er kortlagt ved hjælp af stang-slingram-metoden, og den efterfølgende boringskontrol har vist, at metoden fungerer effektivt. Endelig er der foretaget konkret lerefterforskning for to teglværker i Ribe Amt. Mere end 600 borer er udført, og en målsætning om at finde ler til mindst 10 års forbrug er foreløbig nået for det ene teglværks vedkommende.

Efterforskningen i Midt- og Vestjylland af tungminerale, som indeholder metallerne titanium og zirkonium, er videreført. Arbejdet udføres for det amerikanske firma DuPont og omfatter en række geofysiske undersøgelser og borer. Analyserne af det optagne prøvemateriale foretages af GEUS. I samarbejde med DuPont er der udviklet en analyseprocedure til karakterisering af indhold, sammensætning og koncentration for ca. 10 forskellige

tungmineralers vedkommende. Denne procedure har også vist sig anvendelig på prøver fra udenlandske forekomster af tungminerale.

Programområdets formidlingsaktiviteter har i 1999 været omfattende, især når det gælder artikler i egne serier, conferencebidrag og offentligt tilgængelige rapporter. Antallet af internationale artikler er lavere end i 1998, dog fortsat større en resultatkontraktens måltal.

Såvel årsværksforbrug som omsætning har ligget på et betydeligt højere niveau end forudsat ved budgetlægningen for 1999. En medvirkende årsag til den større omsætning er, at Hjemmestyrets Råstofdirektorat besluttede at fremskynde de flybårne geofysiske undersøgelser og derfor bevilgede flere midler end forventet til dette formål. Desuden blev indtægterne fra forskningsfonde og lokale myndigheder samt ved kommercielle opgaver større end påregnet ved årets start. Det øgede træk på basismidler hænger sammen med en investering i nyt laboratorieudstyr som led i Geocenter-samarbejdet.



Billedet viser en del af et østgrønlandsk sedimentbasin. Udsigt til Kap Stosch fra Finsch Øer.



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Natur og miljø

Ressourceindsats	Realiseret 98	Budget 99	Realiseret 99	Budget 00
Årsværksforbrug	46	48	42	44
Samlet omsætning (mio. kr.)	25,8	27,4	24,6	24,1
Heraf basismidler (mio. kr.)	13,8	14,7	13,9	12,8
Ekstern finansiering (mio. kr.)	12,0	12,7	10,6	11,3
Ekstern finansierungsgrad	46%	46%	43%	47%

Arbejdet på programområdet har til formål at tilvejebringe viden om naturens tilstand og udvikling gennem de senere årtusinder. Herved tilstræbes at forbedre mulighederne for at kunne skelne mellem naturbetingede miljøændringer og de ændringer, som menneskenes forskelligartede aktiviteter giver anledning til.

Under programområdet udføres således en række projekter, hvis fællestræk er, at de med få undtagelser vedrører geologiske lag, som er afsat

under istiden eller derefter. Ennemæssigt spænder projekterne fra klimaudvikling, landskabsudvikling og kystzoneproblematik til jordartskortlægning og jordforurening. Nogle eksempler er omtalt i det følgende.

Vedr. *klimaudviklingen* er der opnået en række interessante resultater i 1999. Undersøgelser af senglaciale sedimenter i Grønland har givet indblik i det daværende plante- og dyreliv og i de stedfundne ændringer i havniveauets beliggenhed. Studier af diatoméer og chironomider (dansemyg) i vestgrønlandske søsedimenter har ført til rekonstruktion af temperaturforholdene i den tidlige del af Holocæn (perioden efter istiden). De to uafhængigt opstillede temperaturkurver er sammenfaldende, og begge kurver viser

et temperaturminimum for omkring 8.200 år siden.

Ved studier af borekerner fra havbunden mellem Skotland og Island er det påvist, at den første intensivering af den såkaldte "thermohaline cirkulation" i Nordatlanten begyndte umiddelbart efter, at den sidste nedisning havde passeret sit maksimum, d.v.s. for ca. 19.000 år siden og samtidig med en hurtig øgning i solindstrålingen ved 65° N.

Den resulterende varmetransport syd fra har muligvis fremkaldt kraftigere kælvning fra gletscherne og derved udløst en "Heinrich-hændelse", hvor isbjergene smelter, og sedimentmaterialet "droppes" på havbunden. Den "thermohaline cirkulation" var stærkest i perioden

Udsigt mod Prinsesse Caroline Mathildes Land og Hekla Sund fra toppen af Lynn Ø, Nordøstgrønland. På billedet ses Aage Berthelsens Gletsjer og Spærre Gletsjer, der løber ud i Hekla Sund. Resultatet af studier af gletsjere og af den grønlandske indlandsis belyser bl. a. den globale klimaudvikling. Endvidere giver målinger af afsmeltningsforløbet fra udvalgte iskapper og gletsjere mulighed for en bedre planlægning og placering af vandkraftværker i Grønland.

ca. 7.000 - ca. 3.500 år før nu, sammenfaldende med at klimaet i Nordvesteuropa var forholdsvis varmt. For første gang er det også lykkedes at påvise et fald i intensiteten af den "thermohaline cirkulation" i forbindelse med klimaforværringen, der satte ind for ca. 3.500 år siden. Borekernestudierne tyder på, at ændringerne i intensiteten af den "thermohaline cirkulation" er indtruffet med regelmæssige mellemrum, idet de fremherskende periodelængder er ca. 1.400 og ca. 700 år. Dette svarer til de rapporterede periodelængder, når det gælder svingninger i solpletintensiteten.

Flere igangværende projekter omhandler *landskabets udviklingshistorie*. Den fælles baggrund for projekterne er, at der ved studier af søsedimenter, der er afsat inden for de seneste ca. 6.000 år, er påvist en nær sammenhæng mellem vegetation og arealanvendelse i søernes opland (afspejlet i pollendata), jorderosion (afspejlet i sedimentologiske data), søvandets totalfosforkoncentration (afspejlet i diatomédata) og søens vegetation af vandplanter (afspejlet i planterester).

I projektet AGRAR 2000, der med fællesfinansiering fra 4 forskningsråd udføres i samarbejde med Nationalmuseet, DMU, Danmarks Jordbrugs-Forskning samt Københavns Universitet og Aarhus Universitet, er der i første omgang koncentreret på at sikre den faglige interaktion mellem delprojekterne, som er igangsat med mindre tidsmæssige forskydninger. Projektet er indledt med, at der er skaffet overblik over de relevante pollendata. Disse data viser, at de grove træk i kulturlandskabet har rod tilbage til i hvert fald Yngre Bronzealder. Der er desuden fundet indikatorer på, at dyrkning af rug først er indført i hedeområderne og senere på de bedre jorde, og at foldudbyttet ved korndyrkning på Sjælland i 1200-tallet var forholdsvis højt og blev afløst af et udbyttefald. I efteråret 1999 fortsattes med indsamling af data til kalibrering af pollenspektrier i forhold til arealkategorier. En række kriterier blev opstillet med henblik på at finde frem til egnede sølokaliteter, hvorefter ca. 50 søer valgtes til nærmere undersøgelser. I den resterende del af året blev der hentet sedimentkerner op fra 12 søer, og prøver af kernerne er efterfølgende sendt til datering ved

hjælp af bly 210 -teknik i laboratorier i Danmark og England. Sideløbende er arbejdet fortsat med opbygning af en model vedr. forholdet mellem pollen-data og arealkategorier samt med planlægning af GIS-behandling og indhentning af kulturhistoriske data.

I det beslægtede projekt "Foranderlige Landskaber", hvor et omfattende centersamarbejde finansieres af Det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP 97), arbejdes på GEUS bl.a. med udredning af landskabshistorien omkring Dallund Sø på Nordfyn. Ved at kombinere analyser af pollen, planterester og diatoméer med analyser af søsedimenternes fysiske egenskaber har det været muligt at finde frem til hovedtrækkene i den skiftende arealanvendelsesindflydelse på søens vandkvalitet. I den yngste del af Ældre Stenalder har der øjensynlig været tæt skovvækst i søens opland, og søen har været næringsfattig. Skovrydningen begynder i Yngre Stenalder, sammenfaldende med øget jorderosion og en let stigning i søvandets fosforkoncentration. I løbet af Bronzealderen vokser mængden af urtepollen langsomt og jorderosion og fosforkoncentration tiltager.

I ældre jernalder øges andelen af urtepollen meget hurtigt som udslag af en markant udvidelse af det åbne landskab. Uheldigvis er der ikke bevaret diatomé indikatorer fra denne periode, muligvis på grund af kraftig jorderosion og sedimenttilførsel til søen. Diatoméindholdet i lagene, der er afsat senere i Jernalderen, er stærkt ændret og tyder på højere fosforkoncentration. Derefter topper fosforkoncentrationen, før der indtræffer et hurtigt fald hen mod slutningen af Jernalderen. I Vikingetiden begynder mængden af kornpollen at vokse, og jorderosion og fosforkoncentration øges igen. I Middelalderen synes skovrydningen at være gået stærkt og søen at være blevet næringsrig. Efter Middelalderen spores et fald i jorderosion og fosforkoncentration, men bedringen er kun kortvarig. Et maksimum i fosforkoncentrationen i søvandet omkring 1935 falder sammen med et maksimum af bygpollen.

I maj 1999 organiserede GEUS en international workshop med temaet "Longterm dynamics of natural European forest ecosystems". Et udgangspunkt var bl.a. de mangeårige erfaringer om udviklingen i naturskovene

ved Draved i Sønderjylland og Løvenholm på Djursland. En publikation med de mangesidige indlæg om forholdet mellem skov, jordbund, klima og mennesker og om relevant forskningsmetodik er under forberedelse.

Kystzone problematik behandles som led i GEUS' arbejde med at overvåge miljømæssige konsekvenser ved anlægget af den faste forbindelse over Øresund. Gennem nogle år er der foretaget opmålinger og undersøgelser af kystforløb og havbund på begge sider af Sundet og ved Saltholm.

Sammen med Kystinspektoret gennemføres endvidere en grundig undersøgelse af den vestjyske kystzone mellem Lodbjerg og Blåvandshuk. Projektet har til formål at etablere en geologisk model, der kan bruges i vurderingen af forholdet mellem kysterosion og sandtransport på havbunden, og som kan danne grundlag for egnede foranstaltninger til sikring af kyststrækningen. I 1999 er et område fra kysten og ud til en havdybde på 25 m kortlagt ved hjælp af seismik og "side scan sonar", og der er udført 71 borer og med "vibracore"-udstyr. I selve strandzonen er der udført 13

boringer, og fra kysten og ca. 5 km ind i land er der foretaget jordartskortlægning og indsamlet andre data. Ved årets udløb var strækningen mellem Limfjorden og Ringkøbing Fjord dækket med data. Samtidig er grundlaget for en vurdering af den nutidige kystudvikling væsentligt forbedret, i det sediment-sammensætning og -dynamik i det kystnære område er analyseret. Der er desuden skaffet rede på beliggenheden af udnyttelige sandressourcer i området.

Jordartskortlægning er i 1999 fortrinsvis foretaget i tilknytning til det ovennævnte kystzone projekt i Vestjylland. Der er udgivet et digitalt kort over Danmarks jordarter i målestok 1:200.000. GEUS er engageret i flere forskningsaktiviteter med tilknytning til *jordforurening*.

I et projekt, der foregår under Det Tværministerielle Pesticid-forskningsprogram som led i delprogrammet "Eksponering, effekt og skæbne af sulfonylurea herbicider i agro-økosystemer og tilgrænsende miljøer", er GEUS beskæftiget med at undersøge, hvorledes de såkaldte pesticid "minimidler" opfører sig i jord, herunder med risikoen

for udvaskning. Der er bl.a. sat ind på at studere betydningen af jordens pH-værdi og af indholdet af organiske stoffer. Det er påvist, at minimidlerne hurtigt spaltes til to nedbrydningsprodukter ved lave pH-værdier. Jorde kan imidlertid være så sure, at det mikrobiologiske grundlag for den videre nedbrydning ikke er til stede. I sammenligning med en standardjord med pH 6 var nedbrydningen i jorde med pH 8 yderst begrænset på trods af, at det fornødne mikrobiologiske grundlag findes. Det skyldes, at den indledende spaltning af minimidlerne bremses stærkt ved så høje pH-værdier. Hvis minimidlerne spaltes kunstigt ved lav pH-værdi, før de tilsættes til jorde med pH 8, vil omsætningen i disse jorde være på højde med omsætningen i standardjorden med pH 6, mens den videre nedbrydning fortsat udebliver i jorde med pH 3. I projektet arbejdes også med at isolere de bakterier, som nedbryder minimidlerne. Studier med sådanne bakterier vil muligvis kunne bidrage til at øge kendskabet til, hvilke nedbrydningsprodukter der dannes fra minimidlerne. Dette kendskab er på

nuværende tidspunkt særdeles mangelfuldt. På den måde vil nedbrydningsprodukternes mobilitet og udvaskningspotentiale i forhold til minimidlernes formentlig kunne bestemmes.

Andre og meget vidtspændende aktiviteter på jordforureningsområdet foregår i "Center for biologiske processer i forurenede jord og sediment", forkortet BIOPRO. I denne centerdannelse, der finansieres af Det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP 98), og hvis ledelse og administration varetages af GEUS, arbejder 10 forskningsinstitutioner sammen dels om at undersøge effekten af en lang række forureningselementer (eksempelvis aromatiske kulbrinter, tungmetaller, kviksløv) på mangfoldigheden af levende organismer (primært bakterier), som er knyttet til de øverste jordlag, dels om at udvikle kontrollerbare biologiske metoder, hvorved de uønskede stoffer kan bindes i jordlagene eller nedbrydes.

Programområdets formidlingsindsats i 1999 er faldet i forhold til 1998. Det gælder især antallet af internationale artikler og konferencebidrag. Indenfor næsten alle formidlingskategorier er produktionen dog fortsat betydeligt større end forventet i resultatkontrakten.

Årsværksforbrug, pengeomsætning og den eksterne finansieringsgrad var lavere end i 1998 og lavere end de budgetmæssige forventninger. Området har haft god adgang til at opnå forskningsmidler fra eksterne kilder, men midlerne har ikke i alle tilfælde i tilstrækkelig grad været med til at dække de faktiske omkostninger.



Fyrretræsstub fortæller miljøhistorie.

Fyr og birk var de første skovtræer, der indvandrede til Danmark efter den sidste istid; de blev dog ret hurtigt fortrængt af hassel lind og eg. I Elsborg mose på Djursland, hvor stubben på billedet er fundet, holdt fyrreskoven stand indtil for godt 7000 år siden. Så blev klimaet fugtigere og mosen mere vandfyldt og fyrretræerne druknede. De udgåede stammer blev stående, men sattes i brand af lynnedslag. Alt brændte bortset fra den våde stub, som blev bevaret for eftertiden i mosens tørvelag. Den voldsomme skovbrand afsløres af den forkullede top på stubben. Aldersbestemmelse af stubben ved hjælp af kulstof-14 metoden viser at Fyrreskoven brændte for 7200 år siden.

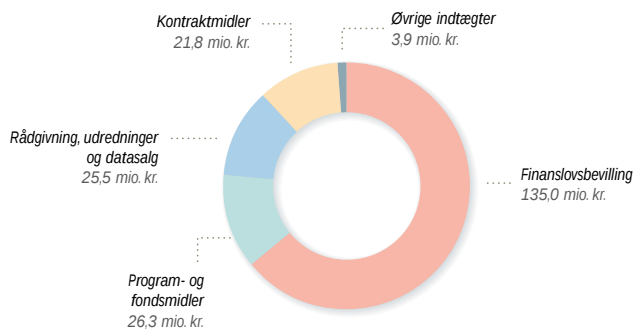


ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

ØKONOMI 1999

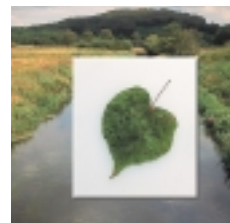
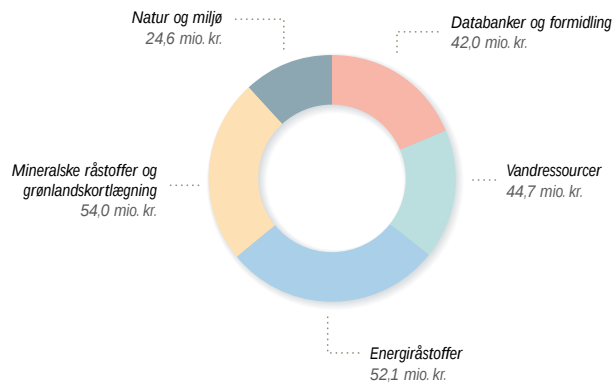
Indtægter fordelt på indtægtskilder (1999)



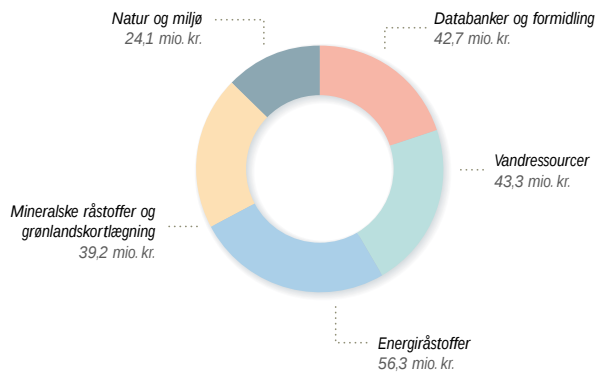
Figurene viser oversigtligt de økonomiske ressourcer som GEUS (eksklusive DLC) havde rådighed over i 1999 (indtægter), og hvorledes disse blev fordelt på programområder (udgifter), samt det budgetterede forbrug i 2000 (udgiftsbudget). Basisoplysninger er taget fra Virksomhedsregnskabet for 1999 og alle tal er afrundede.

I Virksomhedsregnskabet findes en detaljeret resultatanalyse af GEUS' samlede virksomhed og af de enkelte programområder (se www.geus.dk).

Udgifter fordelt på programområder (1999)



Udgiftsbudget fordelt på programområder (2000)



REGNSKAB FOR FINANSÅRET 1999

Regnskab for finansåret 1999

(mio.kr.)	Bevillinger (FL)	Regnskab
<i>Udgifter</i>		
Lønninger	120.9	128.0
Øvrige driftsudgifter	109.7	107.0
I alt udgifter	230.6	235.0
<i>Indtægter</i>		
Nettotal (bevilling)	135.0	135.0
Driftsindtægter	95.6	96.1
I alt indtægter	230.6	231.1
Årets resultat	-	-3.9
Beløb overført fra 1998	-	26.3
Opsparing (beløb at overføre til 2000)		22.4

Regnskabet viser GEUS' (inklusive DLCs) økonomiske dispositioner i 1999. Udgifterne var 235.0 mio. kr. GEUS' drift blev dækket dels af finanslovbevillingen og dels af indtægter ved salg af ydelser og data, forskningsbevillinger m.m. Indtægterne var 231.1 mio. kr. Regnskabsmæssigt var der et underskud på 3,9 mio. kr. Driftmæssigt var der et overskud på 1.4 mio. kr. Omtrent 40% af GEUS' indtægter i 1999 kom fra eksterne kilder. Et mere detaljeret regnskab findes i Virksomhedsregnskabet for 1999 (se www.geus.dk).

GEUS' FORMIDLINGSVIRKSOMHED

Resultatindikatorer

Programområder

	Databanker og formidling	Vand- ressourcer	Energi- råstoffer	Mineralske råstoffer	Natur og miljø	1999
Langsigtet videnopbygning						
Antal artikler i internationale videnskabelige tidsskrifter/publikationer (m. referee)	-	15	31	14	23	83
Antal videnskabelige artikler i egne serier (m. referee)	-	-	3	18	4	25
Antal videnskabelige publikationer i øvrigt (u. referee)	-	3	1	1	4	9
Antal publicerede geologiske kort	-	-	-	-	1	1
Antal tematiske kort	-	1	-	5	4	10
Antal conferencebidrag	3	47	90	61	51	252
Løbende faglig opgaveløsning, rådgivning og formidling						
Antal offentligt tilgængelige rapporter	2	18	9	21	23	73
Antal fortrolige rapporter	-	-	38	2	1	41
Antal erhvervsrelaterede artikler	-	20	7	9	5	41
Antal notater, udtalelser, redegørelser m.v. (GEUS notater)	4	30	17	24	7	82
Generel formidling						
Antal institutionsrapporter (årsberetning, arbejdsprogram, projektkatalog, strategiplan)	8	-	-	-	-	8
Antal populærvidenskabelige artikler	24	-	-	-	-	24
Antal avisartikler, foredrag, udstillinger m.v.	43	-	-	-	-	43
Samlet formidling	84	134	196	155	123	692



Uddrag fra Virksomhedsregnskabs skema med resultatindikatorer. Tallene viser oversigtligt GEUS' produktion udtrykt som antal "formidlingsenheder" inden for de nævnte "resultatindikatorer" fordelt på programområder. Bortset fra GEUS-notater findes en fuldstændig publikationsliste på GEUS' internetsted: www.geus.dk



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

SPECIALARTIKLER



Billede fra den store lagerhal på Valhøjs Allé i Rødovre med tusindvis af kernekasser på paller anbragt i reoler. Lofthøjden er 8 meter og den elektrisk styrede gaffeltruck kan løfte paller med kernekasser op til den øverste hylde i 7 meters højde.

GEUS' PRØVE- OG BOREKERNEBANK OG UDRUSTNINGSMAGASIN

Finn Nyhuus Kristoffersen

GEUS har igennem mange år satset på opbygning og vedligeholdelse af en velfungerende databank-virksomhed. Det derved opbyggede beredskab på dataområdet er en vigtig forudsætning for, at det faglige geologiske arbejde kan gennemføres. De omfattende geologiske prøvesamlinger er en del af beredskabet. Alle opbevarede prøver er omhyggeligt indekseret i GEUS' elektroniske databaser. Dette beredskab danner grundlag for de daglige besøg af geologer fra GEUS, fra olieselskaber og fra universiteter. En hvilken som helst prøve kan i løbet af ganske kort tid fremtages fra lageret til besigtigelse.

Med etableringen af det samlede storlager og den delvise integrering af en række funktioner, er der skabt et fortræffeligt grundlag for en rationel og fleksibel drift til glæde for GEUS' laboratorier, for forskningsprojekter, for arbejdet i felten på Grønland og for indsamling af geologiske data til søs og for vore samarbejdspartnere i ind- og udland.

FORHOLDENE FØR FUSIONEN I 1995

Før fusionen imellem det tidligere DGU og GGU var GEUS' boreprøver, Grønlandsudrustning, og maringeologisk udstyr spredt på forskellige lokaliteter og afdelinger.

1. maj 1995, dvs. umiddelbart forud for fusionen mellem DGU og GGU, havde DGU indrettet et nyt bemandet prøvelager i Titangade og havde samtidig bibeholdt et fjernlager i Hillerød. GGUs prøvesamlinger og Grønlandsudrustningen lå alle på Øster Voldgade 10, men var administrativt placeret i 3 afdelinger. Efter fusionen og beslut-

ningen om etablering af et Geocenter på Øster Voldgade var situationen radikalt ændret, hvad angår lagring og håndtering af prøvemateriale og udrustning.

Den ny institution, med mere end 350 medarbejdere, blev vanskelig at betjene tilfredsstillende, når det skulle foregå fra spredte og overfyldte lagre med besværlige tilkørselsforhold; megen kostbar tid blev tilbragt med transport til og fra de forskellige magasiner.

Hertil kom at prøvemagasinerne og Grønlandsudrustningen på Øster Voldgade under alle omstændigheder skulle rømmes af hensyn til ombygningerne i forbindelse med indretningen af det nye Geocenter.

Det var derfor en nærliggende tanke at samle de funktioner på et sted, der lignede hinanden med hensyn til ekspertise, udstyr til håndtering af store og tunge emner, og som krævede meget store lokaler med gode tilkørselsforhold.

*Fig.1 Indkørslen til GEUS' nye
lagerhaller og udrustningsmagasin.*





Fig. 2 Et kig ind i den mindre lagerhal. En palle med kasser med borekerner er ved at blive gjort klar til at blive kørt ind.

DECENTRAL LØSNING I NYE LOKALER

I begyndelsen af januar 1999 besluttede man at etablere en integreret løsning til opbevaring af boreprøver, af Grønlandsudrustning samt det maringeologisk udstyr i nye fysiske rammer samlet på en adresse.

Da der ikke kunne skaffes plads i det kommende Geocenter i Øster Voldgade komplekset, hvor der kunne indrettes tilfredsstillende rammer for disse meget pladskrævende aktiviteter, var den eneste mulighed at satse på en decentral placering i lejede lokaler.

Tre kriterier skulle som minimum tilgodeses:

- en fornuftig lokalisering i forhold til Øster Voldgade
-
- en lagerkapacitet, der var stor nok til også at kunne rumme de
- nærmeste års tilvækst i geologisk prøvemateriale
-
- og ikke mindst et acceptabelt driftsbudget.

Til indretning af de nye samlede faciliteter blev valgt en ejendom beliggende på Valhøjs Allé 180, 2610 Rødovre, ca. 10 minutters gang fra Brøndby Øster station, dvs. S-tog næsten fra dør til dør imellem det kommende Geocenter og prøvelageret.

Der blev indgået en aftale om leje af ejendommen med virkning fra 1. september 1999. Ejendommen består af 2 lagerhaller på henholdsvis 1520 m² med en loftshøjde på 8 meter og 776 m² med en loftshøjde på 6,5 meter, samt ca. 500 m² diverse mindre lokaler velegnede til kontor- og laboratorieformål.

Af de 500 m² er cirka halvdelen beliggende i en selvstændig vinkebygning. Hertil kommer rigelige udenomsarealer, der er belagt enten med asfalt eller kørefaste sten.

Tilkørselsforholdene er ideelle til begge haller.

Ombygning og indretning

For at leve op til GEUS' behov, blev der udført væsentlige ombygninger og renoveringer i perioden fra 1. juli til 1. september. I den store hal var det nødvendigt, af hensyn til de høje løft (op til 7 meter), at foretage en omfattende opretning af gulvet. Køkken, kantine, bade- og toiletforhold var nyindrettede umiddelbart forinden indgåelsen af lejemålet.

En række oprindelige mindre kontorer og diverse gangarealer blev reduceret til et fælleskontor, to pakke- og monteringslokaler, samt et såkaldt vådrum. De tre sidstnævnte rum fik direkte adgang til den lille hal via ramper og dobbelt døre.

Et tidligere værkførerbur i den lille hal blev indrettet til 'systue', hvor udrustningens mange telte vedligeholdes. Den fritliggende vinkelbygning, der i daglig tale omtales som bondegården, fordi den oprindeligt har været en landbrugsbygning, blev gennemgribende renoveret.

Den ene fløjs 3 lokaler er indrettet til besøgsformål, medens den anden fløjs 4 lokaler er arbejdslokaler for de medarbejdere, der modtager, pakker og registrerer boreprøver.

Udover det allerede omtalte 'vådrum', er der indrettet endnu ét i den fritliggende bygning. Begge rum er indrettet med henblik på aktiviteter, der typisk består i gennemsavning og udboring af 'propper' fra borekerner og derfor er meget støjende og forurener med spåner og stenstøv.

Da det hidtidige samlede lagerareal var større end Valhøjs Allés 2296 m² har det været vigtigt at indrette et kompakt lager. For i videst muligt omfang at skåne medarbejdernes rygge og i øvrigt sikre en rationel drift, blev der valgt en løsning, hvor alle prøvekasser og hovedparten af udrustning og udstyr er placeret på paller med standard grundplan (120 X 80 cm). Begge haller er indrettet som højlager med pallereoler, der betjenes af en såkaldt smalgangs truck, der kan

operere i køregange med en bredde på kun 180 cm.

Den fulde loftshøjde udnyttes i begge haller med lagring i op til 6 lag, hvor de øverste paller anbringes på reolbjælker i 7 meters højde. Hver palle må veje op til 515 kg og der er i alt plads til 3500 paller.

Smalgangs trucken styres af et elektrisk signal, der udsendes fra et kabel der er skåret 1,5 cm ned i midten af alle køregange. Som en påbudt sikkerhedsforanstaltning er der automatisk nedbremsning ved køregangs ender og kryds. Trucken er specielt justeret til gangbredden i lageret, således at paller sættes præcist midt på palle reolen. Løftehøjden til de enkelte lag i pallereolerne er fra starten kodet ind, således at truckens gaffer ikke skydes ind i reolens bærende bjælker. I den lille hal er der opstillet en kompakt reol (grundplan på 280 X 2000 cm) til specielt Grønlandsudrustningens mange mindre effekter.





FACILITER PÅ DE NYE ARBEJDSPLADSER

Da de 6 medarbejdere der har fast arbejdsplads på Valhøjs Allé benytter GEUS' centrale databaser som dagligt arbejdsredskab, er det vigtigt med en sikker og hurtig forbindelse imellem den enkeltes arbejdsplads og databaserne på Thoravej.

Derfor blev der oprettet en fast 2MB forbindelse til Thoravej, udover en moderne fremtidssikret edb- og telefonkabling internt på Valhøjs Allé; dvs. at både telefon og edb fungerer og føles på samme måde som på det øvrige GEUS på Thoravej.

Fig. 3 Den elektrisk styrede "smalgangstruck" i arbejde mellem reolerne med paller.

SAMMENFLYTNINGEN

Sammenflytningen af prøvemateriale, udrustning og udstyr fra de forskellige lagre påbegyndtes medio august 1999 og blev et kapitel for sig. En række forskellige historisk betingede arkiverings-systemer skulle, som en del af flytteprocessen, tilpasses til den fremtidige standard, såvel fysisk som databasemæssigt. Af hensyn til ombygningen af Øster Voldgade komplekset, var der en særlig kort tidsfrist for udflytningen af Grønlandsudrustningen, som derfor blev flyttet først.

I skrivende stund medio maj 2000 er flytningen tæt på at være afsluttet; dvs. at GEUS' tæt ved 70.000 prøvekasser er samlet i det ny moderne lager. Flytningen har været planlagt således, at alle paller ved ankomsten til Valhøjs Allé havde en plads i det ny reol-

system, dvs. at lageret har været operationelt under hele den omfattende flytning. Grønlandsudrustningen er som en del af flytteprocessen blevet registreret i en nyudviklet database, der skal styre udlån, vedligeholdelse, og afskrivning af udstyr.

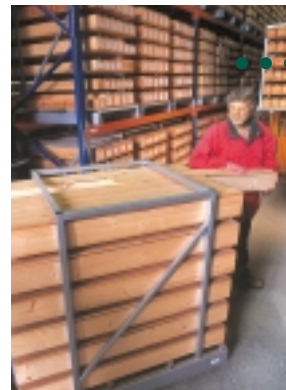
Den altovervejende del af de mange prøvekasser er såkaldte kernekasser, der som standard er 122 cm lange, medens tværsnittet bestemmes af indholdets beskaffenhed og dimensioner. Kernekasser kan således rumme alt lige fra borekerner til flasker med formationsvæsker som f.eks. olie og vand. De mest benyttede prøvetyper og de tunge er anbragt i særlige stål 'pallebure' eller palle units (se fig. 4), som kan flyttes som hele units, men hvorfra også enkeltkasser kan udtages.

PRØVEOPBEVARING OG KASSATION

Indsamling af geologisk prøvemateriale er grundlaget for det meste af den praktiske og videnskabelige geologiske forskning. Trods det, er der blandt geologer et ambivalent forhold til opbevaring af prøvemateriale. På den ene side er geologer sjældent i stand til at træffe beslutning om kassation af prøvemateriale, og på den anden side vil man helst bruge færrest mulige ressourcer på prøvelagring.

Tilvæksten af prøvemateriale har imidlertid tendens til at vokse eksponentielt. I den seneste 5 års periode har der været en årlig tilvækst af størrelsesordenen 2,500 kernekasser, en tilvækstrate, der hurtigt vil sprænge de ny rammer. Derfor indeholder GEUS' resultatkontrakt

Fig. 4 Et særlig kraftigt "pallebur" af stål benyttes til hyppigt benyttede prøvetyper samt til det tunge prøvemateriale. Herfra kan enkeltkasser udtages med prøver til besigtigelse.



for perioden 2000-2003 et strategisk indsatsområde, der har til formål at formulere og implementere en 'kassationsmodel for data og prøver'. Der skal opstilles en række kriterier og procedurer, som er afgørende for opbevaring eller kassation. Genanskaffelsesprisen og benyttelsesgraden skal f.eks. stå i et rimeligt forhold til prisen på opbevaring.

BESØGSFACILITETER

Som allerede nævnt er der indrettet særlige besøgslokaler til besigtigelse af især borekerner (se fig. 5). To lokaler er udstyret med lange borde, hvor borekerner kan lægges frem. UV-lys (ultra violet lys) og mulighed for mørklægning er standard i begge

lokaler. UV belysning vil få evt. kulbrinter i borekerne til at lyse op.

Da der jævnligt er et behov for afholdelse af såkaldte 'kerne workshops' er besøgsafdelingen udstyret med henblik herpå, bl.a. med overhead projektor, whiteboard, skinner til ophængning af plancher etc.

I et tidligere værkførerbur i den store hal er der indrettet et arkiv med rapporter og borehuls målinger såkaldte well logs. Arkivet indeholder fortrinsvis de rapporter, som er relevante i forbindelse med prøvebesigtigelse, men fungerer samtidig som et backup arkiv for GEUS egentlige

rapport- og well log arkiv. Kvalitetsfotos af borekerner er et vigtigt supplement til besigtigelse af selve borekerne. Derfor er der indrettet en stationær fotoopstilling i et hjørne af den lille hal, med henblik på fremstilling af standard oversigtsfotos af borekerner.

Med de nye lokaler er der blevet skabt et godt arbejdsmiljø for de faste medarbejdere på stedet, men også besøgende geologer har, med de nye faciliteter, fået forbedrede arbejdsforhold, når de skal besigtige prøvemateriale og tilbringer én eller flere dage i besøgslokalerne.



Fig. 5 Besøgslokalerne, hvor der er fremlagt borekerner til besigtigelse på lange borde; der ses en opstilling til fotografering af borekerner og et arbejdsbord med mikroskop til nærmere undersøgelse af boreprøver eller cuttings.



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Udsigt til "sporene" på fjeldsiden af den første forsøgsbrydning af guld-malm ved Nalunaq i Kirkespirdalen, Sydgrønland.

Der er anlagt en kørevej på dalsiden op til den kvartsgang, der indeholder guld. Man kan se indgangen til tunnelen, der er sprængt 290 m ind i fjeldet i 400 m højde. I år 2000 vil yderligere forsøgstunneler blive anlagt. Nederst til højre, i dalbunden, ses teltlejren, hvor mineselskabet Nuna Minerals mandskab var indkvarteret.

Arbejdet med placering og bygning af kørevejen, der fører op til tunnelen blev nøje overvåget af de grønlandske miljømyndigheder.



MINERALEFTERFORSKNING I EN DIGITAL VERDEN

Agnete Steenfelt og Leif Thorning

Den moderne udvikling af computere med deraf følgende anvendelse af digitale metoder har haft stor betydning for den geovidenskabelige forskning. Det er derfor blevet en nødvendig og væsentlig opgave for GEUS at bringe oplysninger om geologiske forhold på digital form, for at disse data på en tidssvarende måde kan blive let tilgængelige for interessenter, der dels repræsenterer samfundet generelt, men måske især de mere intensive brugere, der anvender oplysningerne i videnskabelig eller erhvervsmæssig øjemed.

Denne udvikling stiller store krav til kvantificering og systematik af indsamling, opbevaring og brug af data. Udviklingen mod digitale data tog sin begyndelse hovedsageligt i geofysiske discipliner som seismik, flybårne målinger og remote sensing, hvor de store datamængder gjorde det uomgængeligt nødvendigt at bruge computere. Den digitale revolution omfatter nu alle geovidenskabelige discipliner. For anvendelsen af de store datamængder, har ikke mindst Geografiske Informations Systemer (GIS) stor betydning.

DIGITALE DATA I GEOLOGISK KORTLÆGNING OG FORSKNING

Når det gælder mineralske råstoffer i Grønland, er det GEUS' Afdeling for Malmgeologi, der sammen med Afdeling for Geologisk Kortlægning indhenter nye data og sammenstiller eksisterende data for at tilvejebringe samlede, helst homogene, digitale datasæt omfattende alle typer af geodata fra "onshore" Grønland. Nye data produceres i stigende grad i digital form, fordi mange felt- og laboratorieinstrumenter nu indeholder computere og derfor kan levere digitale data til de relevante databaser. Det gælder således f.eks. flybårne geofysiske opmålinger og kemiske analyser af sedimenter eller bjergartsprøver. Derimod volder de store, arkiverede og ofte vigtige datamængder fra tidligere årtiers aktiviteter større vanskeligheder. Det er her nødvendigt at gennemføre en kvalitetssikret digitaliseringsproces, hvis karakter og enkeltheder afhænger af hvilken type af informationer det drejer sig om. Der har måttet bruges betydelige kræfter og ressourcer på dette, men det betaler sig fordi der er tale om informationer af høj kvalitet der på den måde sikres for fremtiden. Allerede nu er det

nemlig ikke usædvanligt, at data som ikke findes i digital form simpelthen ikke indgår i de analyser, som f.eks. efterforsknings-selskaber anvender, når de hurtigt skal danne sig et indtryk af et områdes mineralpotentiale. I forbindelse med den erhvervs-mæssige mineralefterforskning i Grønland er det derfor en myndighedsopgave at stille så mange data som muligt til rådighed i digital form for derved at tiltrække interessen og give mulighed for den bedst mulige indgang til de geologiske problemstillinger. Dette har fået det Grønlandske Hjemmestyre til økonomisk at støtte både indsamlingen af geofysiske/geokemiske data og overgangen til digital databehandling og arkivering.

UDVIKLING AF GIMMEX

For at kunne lagre og håndtere de efterhånden meget store digitale datamængder kræves forskellige avancerede computerprogrammer, ligesom en professionel opbygning af relationsdatabaser er nødvendig. Arbejdsrutiner i felten og under arbejdet med sammenstilling og tolkning af data har måttet indrettes med henblik på den digitale verden. Siden begyndelsen af halvfemserne har Afdeling for malmgeologi været i gang med en sådan proces. For fem – seks år siden formuleredes de grundlæggende principper for udviklingen af de



Fig.1 Cirkulation af varmt vand gennem millioner af år i store forskydningszoner i jordskorpen har ført til dannelse af guldforekomster i Nanortalikdistriktet. Der trænger stadig varmt vand op fra undergrunden ganske få steder, som i denne varme kilde nær Ni-aqornaarsuk halvø, hvor et bad er en større nydelse end i den isfyldte fjord i baggrunden.

nødvendige programmer og arbejdsrutiner; konstruktionen af et system til "Geoscience Information Management for Mineral Exploration in Greenland" (GimmeX) blev formuleret og sat i gang, og er stadig under udvikling. Der er tale om en kombination af relationsdatabaser, kommercielle professionelle programmer til specifikke anvendelser, arbejdsrutiner og metoder, som tilsammen gør det muligt at håndtere og udnytte de digitale geoviden-skabelige data på en effektiv måde.

I løbet af de sidste fem år har Geografiske Informations Systemer (GIS) spillet en mere og mere central rolle og GIS er nu en af de helt centrale indgange til GEUS digitale data på mineralområdet i Grønland.

Sideløbende hermed er der i Afdeling for Geologisk Kortlægning sket en omfattende udvikling med digital udtegnning af topografiske og geologiske kort fra flyfoto og en omlægning af kortproduktion til digital produktion. Udviklingen har medført at både forskere og teknisk personale har måttet tilegne sig nye færdigheder i anvendelsen af computer og programmer.

TEMATISKE KORT OG CD-ROM'ER

Baseret på de digitale data er der i halvfemserne fremkommet et antal produkter, som afspejler den udvikling der er sket.

De Tematiske Kortserier udgivet i 1990, 1994, og 1996 præsenterede store datamængder på papir, men det forudsatte en forudgående digital kompilation af grundlaget for de ca. 50 computerfremstillede plot, som hver af de tematiske kortserier indeholder. I 1998 tog Afdeling for malmgeologi endnu et skridt og

udgav en fornyet udgave af de tematiske kort fra Inglefield Land, men nu som en egentlig digital udgivelse på CD-ROM i ArcView Project File format sammen med en pdf-formateret udgave af den ledsagende tekst og alle kortene.

Det sidste skridt er repræsenteret ved den netop afsluttede kompilering af data fra Sydgrønland, som inddrager endnu flere data og metoder i processen end tidligere, og som giver mulighed for en bedre forståelse af områdets geologi gennem en bredere udnyttelse og integration af forskellige datatyper (Fig. 2).



Fig. 2 Åbningsbilledet på GEUS' udgivne CD-ROM indeholdende en omfattende samling af digitale data fra Sydgrønland.

ET NYT EKSEMPEL FRA SYDGRØNLAND

Arbejdet med sammenstilling af data fra Sydgrønland (her defineret som området syd for 62° nordlig bredde) i GIS format til udgivelse på CD-ROM har været omfattende. Den for tiden højst prioriterede anvendelse af disse data er en vurdering af mineralpotentialet i Sydgrønland, men der er mange andre anvendelsesmuligheder, fordi de store datamængder nu er indgået i GimmeX databaserne. Med en indsats fra store dele af personalet i afdelingerne for malmgeologi og geologisk kortlægning er der nu fremstillet en CD-ROM som i digital form indeholder et nyt geo-

logisk kort i skala 1 : 500 000, geokemiske kort baseret på alle hidtidige undersøgelser, samt geofysiske kort baseret på de nyeste flybårne undersøgelser såvel som tidligere undersøgelser. Mere end 100 mineralforekomster er blevet beskrevet, og et stort antal oplysninger bl.a. om kemiske analyser af bjergartsprøver, litteraturfortegnelser, oversigter over feltkort, etc. er blevet gennemgået og sammenstillet efter stringente kriterier. En kortfattet gennemgang af hovedtrækkene af den geologiske udforskning af Sydgrønland understreger hvor mange forskellige typer af data, der skal overskues, behandles og sammenstilles.

GEOLOGISKE UNDERSØGELSER OG DATAINDSAMLING I SYDGRØNLAND

Det daværende Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU) startede i 1950'erne geologisk kortlægning af Sydgrønland i målestoksforhold 1:100 000, hvor 7 ud af 12 kortblade blev udgivet. Undersøgelserne afsluttedes i 1975 med sammentegning af et geologisk kort i skala 1:500 000. Den geologiske viden om Sydgrønland blev dokumenteret i feltkort, dagbøger, rapporter og videnskabelige publikationer og sammenfattet i forskellige afsnit af bogen "Geology of Greenland" der udkom i 1976. I samme

Fig. 3 Indsamling og analyse af finsand aflejret i bække er GEUS' vigtigste metode til at indkredse områder med guldmineraliseringer. Når de omgivende bjergarter smuldrer som følge af årtusinders vejrpåvirkning vil guldkorn fra eventuelle guldforekomster efterhånden have på bunden af bækkene.



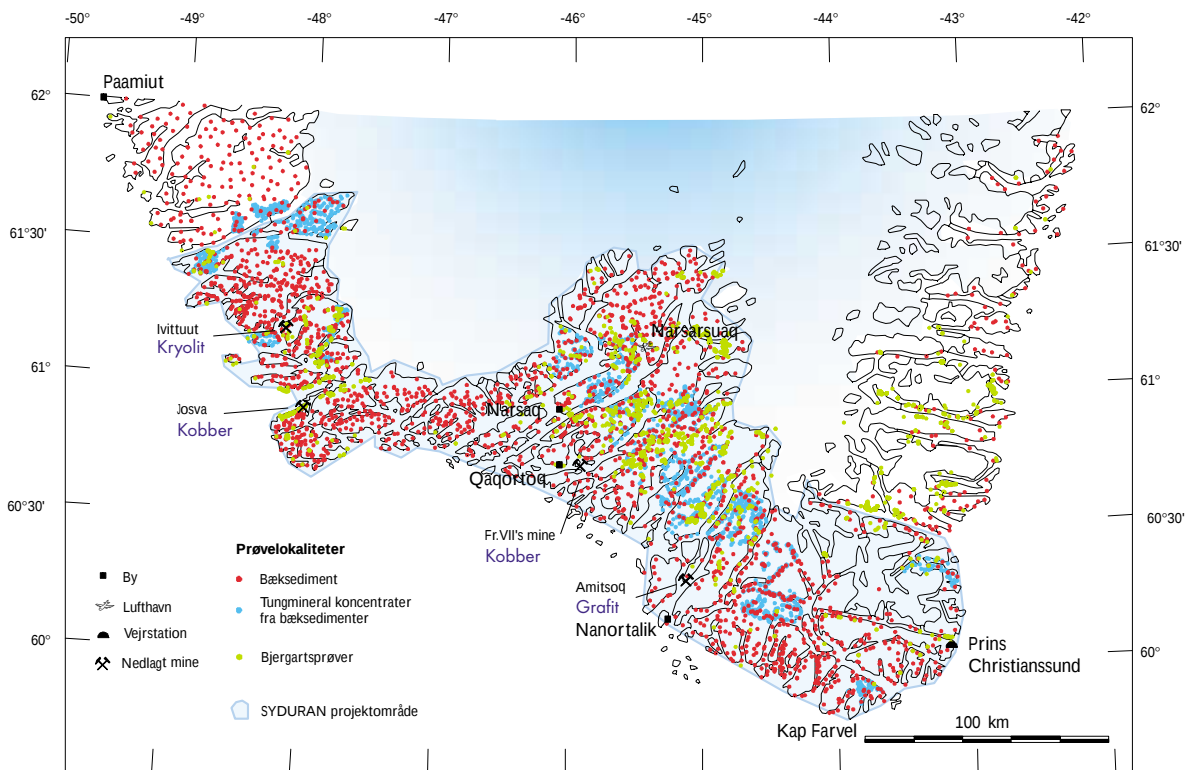


Fig. 4 Kort over Sydgrønland med angivelse af lokaliteter for analyserede prøver af bæksedimenter (2700 prøver), tungmineralkoncentrater (1800 prøver) og bjergarter (3400 prøver). Vigtige stednavne og nedlagte miner er også vist.

periode var flere universiteter meget engagerede i den geologiske udforskning af nogle af de geologiske formationer i Sydgrønland, og den videnskabelige interesse fortsatte efter at GGU flyttede kortlægningsindsatsen til andre områder af Grønland.

En fornyet indsats i regional skala startede med SYDURAN- og SYDEX-projekterne 1979-1986,

som udførtes i et samarbejde mellem GGU og Forsøgsanlæg Risø. Over en stor del af Sydgrønland blev der foretaget systematisk indsamling af bæksedimentprøver (Fig. 3), og gammastrålingsintensiteten blev systematisk målt fra helikopter. SYDURAN projektet var oprindeligt et uranefter søgningsprogram sat i gang for at få kortlagt de europæiske fællesskabers

uranressourcer, men udviklede sig til et mere generelt mineralefterforskningsprojekt (SYDEX). Fra det tidspunkt blev alle prøve-lokaliteters koordinater og analysedata lagret i databaser. Systematisk indsamling og analyse af bæksedimenter blev videreført i den øvrige del af Grønland og de resterende dele af Sydgrønland blev dækket i henholdsvis 1992 (øst) og 1993 (nordvest), se fig. 4.

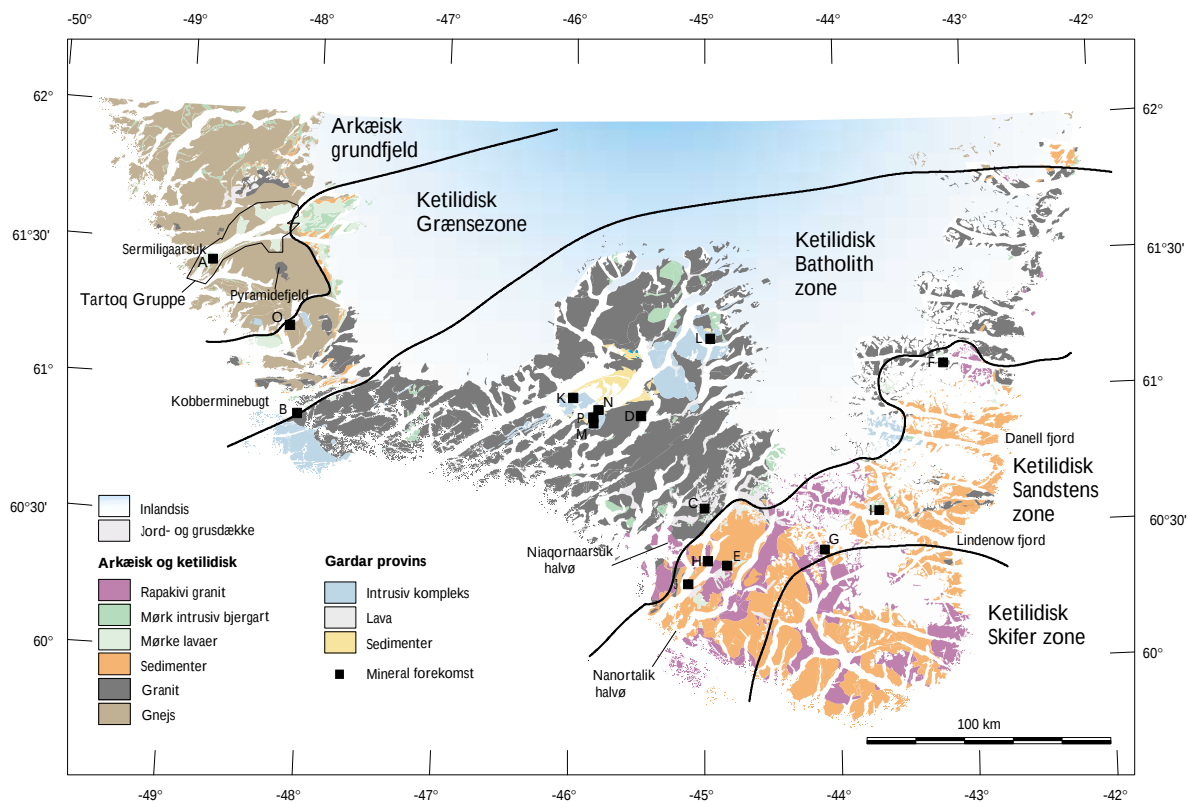


Fig. 5 Forenklet geologisk kort over Sydgrønland med beliggenhed af vigtige mineralforekomster. Store dele af Sydgrønland blev dannet gennem bjergkædefoldninger, aflejring af sedimenter og indtrængen af magmaer under den ketilidiske periode. Forskellige typer af bjergarter dominerer i de viste zoner. De viste steder med mineralforekomster er:

A: Nuuluk (guld); **B:** Josva mine (kobber); **C:** Niaqornaarsuk (guld); **D:** Puissattaq (uran); **E:** Nalunaq (guld); **F:** Kangerluluk (guld); **G:** Illorsuit (uran); **H:** Amitsoq (platin); **I:** Stendalen (titan); **J:** Amitsoq (grafit); **K:** Kvanefjeld (uran); **L:** Motzfeldt Sø (niob, tantal); **M:** Kringlerne (zirkonium); **N:** Appat (zirkonium, niobium, yttrium); **O:** Ivittut (kryolit); **P:** Tupersuatsiaat (sodalit).



I 1990'erne havde GGU, (fra 1995 GEUS) feltaktiviteter i det såkaldte SUPRASYP projekt. Det resulterede i færdiggørelse af 2 af de 5 resterende geologiske kortblade i 1:100 000, og i fund af mange nye mineraliseringer. Indsamlingslokaliteter og analyseresultaterne for de indsamlede bjergartsprøver blev indført i database. Igen var interessen stor fra danske og udenlandske universiteter, og en gruppe universitetsforskere fortsatte med videnskabelige undersøgelser i Sydgrønland i samarbejde med GEUS.

I samme periode blev en omfattende indsamling af tungmineraler fra bæksedimenter gennemført af Nunaoil A/S. Analyserne af tungmineralprøverne blev sidenhen overdraget til GEUS, hvor de indgår i databaserne vedrørende Grønland.

Som et led i den aeromagnetiske kortlægning af Grønland blev der foretaget målinger af magnetfeltet fra fly over Sydgrønland i 1995 og 1996. Endvidere blev i 1996 det elektromagnetiske felt opmålt fra helikopter over udvalgte områder i den nordlige del af Sydgrønland. Kort og matri-

kelstyrelsen (KMS) formidlede tyngdefeltsdata stammende dels fra amerikanske flybårne målinger dels fra målinger på jordoverfladen gennemført af KMS og GEUS.

Foranlediget blandt andet af et ønske fra Grønlands Hjemmestyre, gik KMS og GEUS igang med at fremstille en digital udgave af KMS' kortserie i målestok 1:250 000. Kortet blev revideret i 1995 og yderligere forbedret i 1998. Visse steder i Sydøstgrønland betød det forandringer i km skala. Det medførte at alle lokalitetsdata, der var aflæste eller digitaliserede fra de ældre kort, skulle tilpasses det nye kortgrundlag i en meget tidkrævende proces.

De første kemiske analyser af bæksedimenter er fra 1979. I løbet af 80'erne skete der store fremskridt på det analysetekniske område og senere indsamlede prøver er blevet analyseret med nye metoder. Tidligere indsamlede prøver blev analyserede på ny, for at bestemme indhold af flere grundstoffer. Det har dog vist sig, at kemiske analyser foretaget med forskellige metoder eller med samme metode på forskellige tidspunkter ikke altid er

direkte sammenlignelige, så det har krævet genanalyser af gamle prøver med nye metoder og efterfølgende korrektioner af gamle værdier for at gøre alle datasæt sammenlignelige.

SYDGRØNLAND – EN MINERALPROVINS

Siden begyndelsen af det 19. århundrede har interessen for mineralrigdommene i Sydgrønland været stor og har resulteret i minedrift flere steder. Fig. 4 viser tidligere miner og Fig. 5 viser lovende muligheder (prospekter). Udover den meget givende kryolitmine i Ivittuut har der været brudt grafit samt kobber to steder. Flere mineralforekomster har været grundigt undersøgt med brydning for øje. Det gælder uran i Kvanefjeld, zirkonium i Kangerluarsuk (Kringlerne), niob og tantal ved Motzfeldt Sø, og guld mineraliseringer har været undersøgt flere steder, se Fig. 5. Det hidtil mest lovende guldfund ved Nalunaq (Kirkespirdalen) er i øjeblikket i en prøvebrydningsfase med henblik på iværksættelse af kommerciel minedrift.

Mange af forekomsterne (kobber, grafit, jern) er blevet fundet fordi de er synlige. Kobberholdige mineraler giver irgrønne forvitningsfarver, mens grafit og jernforekomster afsløres af rustzoner (Fig. 6). Uran og thorium mineraler er svære at kende, men udsender gamma stråling og kan findes ved hjælp af specielle måleinstrumenter (Fig. 7), mens ædelmetaller (guld, sølv, platin) og mange sjældne metaller, der normalt ikke er synlige, kun kan findes ved analyse af indsamlede prøver. Den kommercielle prospektering (mineralefterforskning) er afhængig af den øjeblikkelige markedssituation og er derfor rettet mod bestemte mineraler eller metaller på givne tidspunkter. Den er i sagens natur usystematisk og mange områder i Sydgrønland har da også kun været genstand for sporadisk prospektering. Det bedste

grundlag at vurdere det samlede mineralpotentiale på er derfor de data der stammer fra målinger og kemiske analyser for så stort et antal grundstoffer som muligt i systematisk indsamlede prøver fra hele områder.

To angrebsvinkler tages ofte i brug ved vurderingen af mineralpotentialet. Den ene er en opsummering af data, der tyder på at malmdannelse (mineralisering), har fundet sted. Det vil sige en kortlægning af kendte forekomster og lokaliteter, hvor prøver af bæksedimenter eller bjergarter udviser høje indhold af de mineraler og grundstoffer, der er interesse for at udvinde. Den anden baserer sig på ideer om at bestemte typer af mineralforekomster forekommer i bestemte geologiske miljøer. Det gælder derfor om at finde ud af hvilke geologiske miljøer, der har

eksisteret i Sydgrønland i løbet af den periode i jordens historie, hvori de geologiske formationer er dannet.

Det er ikke en enkelt opgave, da store dele af Sydgrønland har været igennem bjergkædefoldninger, hvor mange af spor efter de oprindelige dannelsesmiljøer er blevet ødelagt. Erkendelsen af disse kommer således til at afhænge af tolkninger (geologisk modeller) af de geologiske observationer, man kan gøre på de stærkt forstyrrede og omdannede bjergarter, som fjeldene består af i dag.

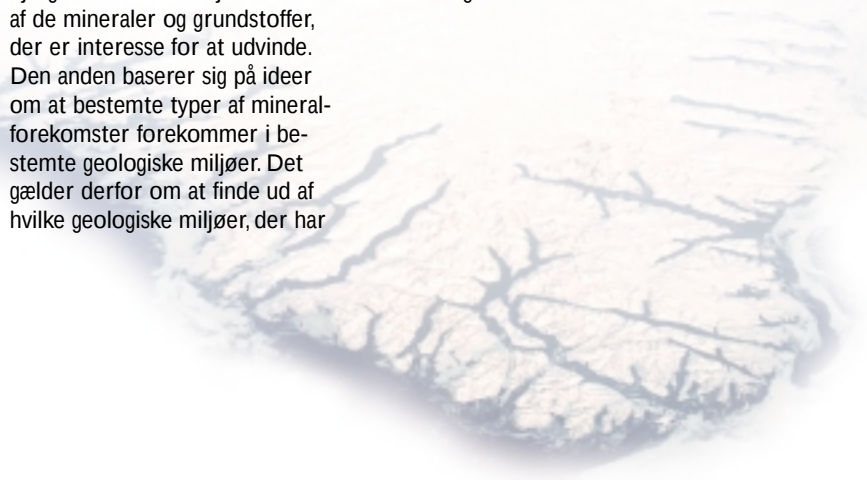


Fig. 7 Undersøgelse af radioaktive mineraler med lup. Apparatet til venstre for geologen måler gammastråling udsendt af mineraler der er rige på uran, thorium eller kalium.



Fig. 6 Sammenpressede tidligere havaflejringer i den ketilidiske grænsezone. Rustfarvede striber afslører indhold af jernsulfider.



Tidsepoke	Arkæisk	Proterozoisk		Palæozoisk	Mesozoisk
<i>Hændelse</i>	Unavngivne orogener	Ketilidiske orogen	Gardar vulkanisme		Gangsværm
<i>Alder</i>	ældre end 2.5 mia.	ca. 2 → 1.7 mia. år	ca. 1.3 → 1.1 mia. år		ca. 0.2 → 0.17 mia.år
<i>Forklaring</i>	Dannelse af et arkæisk kontinent ved gentagne bjergkædefoldninger og efterfølgende nedslidning af bjergkæderne	Dannelse af bassiner med sedimenter og lavaer syd for det arkæiske kontinent. Dannelse af vulkansk øbue som senere nedslides og skubbes ind mod det arkæiske grundfjeld	Dannelse af gravsænkninger, aflejringer af lavaer og sedimenter på overfladen. Intrusioner af gangsværme og større magma-komplekser på dybet	Ingen kendte aflejringer	Intrusion af gange. Et sprækkesystem blev dannet da Grønland begyndte at drive væk fra Canada
<i>Mineral forekomster</i>	guld	kobber, guld, uran, grafit og titan	Kryolit, uran, niob, tantal, zirkonium og sodalit		kimberlit (diamant potentiale)

Fig. 8 Skematisk oversigt over Sydgrønlands geologiske dannelser med tilhørende vigtigste mineralforekomster.



GEOLOGISKE MODELLER OG DANNELSE AF MINERALFOREKOMSTER

Sydgrønlands geologiske historie strækker sig tilbage til Arkæisk tid, og de ældste blandt de aldersbestemte bjergarter er ca. 3 milliarder år gamle. Det arkæiske grundfjeld udgør Sydvestgrønland fra Sisimiut og sydover og har sin sydgrænse ved Kobberminebugt. Syd herfor findes den ketilidiske provins hvis geologiske formationer blev dannet i løbet af den første del af proterozoisk tid, samt Gardar provinsen dannet i forbindelse med en senere, langvarig, vulkansk aktiv periode (fig. 8).

I det arkæiske grundfjeld er der formationer af grønlig skifte ved navn Tartoq gruppen, der er af størst interesse fra et økonomisk geologisk synspunkt, idet den indeholder bandede jernmalme og guldførende kvartsårer. Skiftene er omdannede basaltiske lavaer og den geologiske model for Tartoq gruppens aflejringsmiljø er et hav med stærk vulkansk aktivitet. På havbunden dannedes udbredte jernformationer som også indeholder lidt guld. En højere koncentration af

guld findes i kvartsårer, der tænkes dannet i forbindelse med senere jordskorpebevægelser ved at hedt vand har afsat guld og kvarts i sprækker.

Den ketilidiske provins inddeles i de zoner der vises på fig. 5. I grænsezonen er det arkæiske grundfjeld stærkt påvirket af de jordskorpebevægelser, der fandt sted i den ketilidiske periode. Batholith zonen består næsten udelukkende af store granitiske bjergartskomplekser, og mod sydøst er der to zoner med stærkt foldede sedimentære bjergarter, der er mere eller mindre omdannede på grund af deformationer og store varmepåvirkninger.

Der er ældre geologiske modeller for dannelsen af Sydgrønland, men den seneste og mest velfunderede model for den ketilidiske provins bygger på observationer og aldersbestemmelser foretaget i løbet af SUPRASYD projektet. Den udsiger, at bjergarterne er dannet som følge af at en oceanisk plade stødte ind mod og skubbede sig derefter ned under det arkæiske kontinent.

I en sådan situation skabes der en række af vulkaner, en vulkansk øbue, hvis vulkaner fodres fra dybereliggende magmakamre. Det var sådanne magmaer der ved størkning blev til de store granitlegemer i Batholith zonen. Vulkanerne blev efterhånden nedbrudt ved erosion og nedbrydningsmaterialet aflejredes i havet sydøst for øbuen. På nordvestsiden af øbuen, dvs. mellem øbuen og kontinentet var der et mindre hav (ikke ulig farvandet mellem Japan og Kina), hvori der blev aflejret nedbrydningsmateriale både fra kontinentet og øbuen, men også store mængder lavaer fra undersøiske vulkaner. På grund af den oceaniske plades fortsatte bevægelse ind mod kontinentet blev øbuen og havaflejringerne på begge sider presset op i en bjergkæde. Som et sidste trin i den ketilidiske periode trængte granitiske magmaer ind i bjergkæden og størknede under dannelsen af såkaldte rapakivi granitter. Bjergkæden blev nedbrudt og granitkomplekserne hævedes op til overfladen i løbet af de 400 millioner år der gik inden de næste jordskorpebegivenheder fandt sted.

I den ketilidiske periode dannedes kobbermalmen i Kobberminebugten og guldforekomsterne i den sydøstlige del af Sydgrønland. I begge tilfælde er der tale om malmførende årer, dannet ved afsætning af metaller i sprækkezoner på omtrent samme måde som guldårerne i Tartoq bjergarterne. Ved Illorsuit er der en mindre forekomst af det uranrige mineral uraninit, som formentlig er dannet allerede under aflejringen af sedimenterne.

Formationerne i Gardar provinsen har ikke været udsat for bjergkædefoldninger og det er forholdsvis let at se at det geologiske miljø, der herskede i Gardar perioden bestod i opsprækninger af jordskorpen med tilhørende vulkansk aktivitet. På overfladen dannedes store gravsænkninger hvori aflejredes sedimenter og vulkansk materiale, og fra stor dybde under jordskorpen banede magmaer sig vej, indtil de fandt plads i store kamre nogle få kilometer under den daværende overflade, hvor de størknede. Dele af magmaet trængte op i sprækker og dannede store gangsystemer.

Mineralogisk og kemisk er Gardar provinsens magmabjergarter meget forskellige fra dem der dannedes under den ketilidiske periode. Gardar bjergarterne er meget rige på alkalimetaller (natrium og kalium) og fluorholdige mineraler. Visse bjergarter er desuden særlig rige på uran, thorium og metaller som zirkonium, niob, tantal og yttrium. De har derfor tiltrukket sig stor interesse fra et økonomisk synspunkt og flere forekomster er grundigt undersøgt med brydning for øje (fig. 9). I Ivittuut fandtes det fluorrige mineral kryolit i så stor koncentration at det kunne bære minedrift fra 1856 til 1987, mens de øvrige forekomster vist på fig. 5 (L, M, N, P) endnu afventer at ændringer i markedssituationen skal gøre minedrift økonomisk rentabel. Den største uranforekomst ligger i Kvanefjeld (K), men lødigheden er lav og uranen er svær at udvinde. I Gardar provinsens system af sprækker afsattes under Gardar perioden tynde årer af højlydig uranmalm. Hidtil er der ikke fundet store malm-mængder, selv ikke i den rigeste forekomst, der ligger øst for Kringlerne (D).

Langt senere, i Mesozoisk tid, for omtent 200 millioner år siden, fandt fornyede, men meget begænsede jordskorpeprocesser sted i Sydgrønland i forbindelse med, at Grønland begyndte at løsrive sig fra Canada. I det arkæiske grundfjeld dannedes tynde sprækker som fyldtes med magma. Disse vulkanske gange er for små til at blive vist på det geologiske kort i Fig. 5, men nogle af dem er vigtige fra et økonomisk synspunkt idet de indeholder bjergarten kimberlit, der kan være diamantførende. De fleste kimberlitgange forekommer ved Pyramidefjeld.



*Fig. 9 Boring i zirkonium (-niob-yttrium) malm ved Appat, forekomst "N" på kortet fig. 5.
I baggrunden den nordlige del af Ilmaussaq intrusionen, en af Gardar periodens store magmakomplekser.*

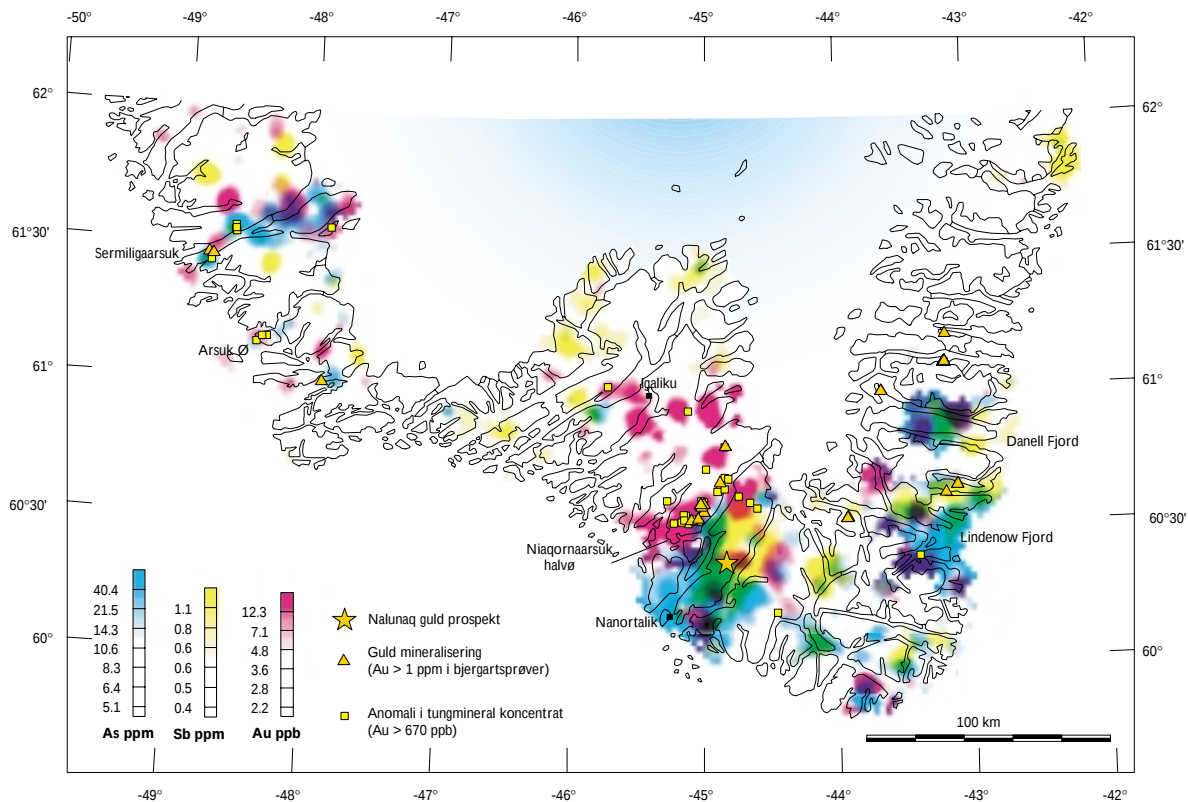


Fig. 10 Guldpotentialet i Sydgrønland. Kortet indeholder alle informationer, der tyder på guldforekomster. Områder hvor høje indhold af arsen (As), antimon (Sb) og guld (Au) i bæksedimenter optræder samtidigt opfattes som særligt gunstige for dannelse af guldmineraliseringer. De er sorte på kortet og findes øst for Nanortalik, ved Lindenow Fjord og ved Danell Fjord. Desuden vises hvor der er fundet guld i tungmineralkoncentrater og i bjergartsprøver. Koncentrationer angives som ppm = parts per million (svare til gram per ton) eller ppb = parts per billion (svare til milligram per ton).

GULDPOTENTIALET

Fig. 10 viser et eksempel på et kort over et malmpotentiale, hvor alle informationer, der tyder på eksistensen af guldmineraliseringer er samlet. Mange af de kendte guldforekomster rundt omkring i verden findes i bjergarter, der er karakteriseret ved at have høje indhold af grundstofferne arsen (As) og antimon (Sb). Derfor anses områder med høje koncentrationer af disse to grundstoffer i bæksedimenter for at være gunstige for gulmineraliseringer.

De indsamlede data og observationer viser at guldmineraliseringer findes inden for geologiske enheder, der udviser høje koncentrationer af arsen. De geologiske modeller sammenholdt med de fundne guldmineraliseringer sandsynliggør at guldet er blevet udløst fra sedimenterne og afsat i sprækker i bevægelseszoner. Sådanne processer finder sted omkring opstigende granitmagmaer. Det viser, at der er et potentiale for guldforekomster i arsenprovinserne, hvor disse intruderes af granitmagmaer i nærheden af bevægelseszoner. Forhøjede indhold af guld og antimon i bæksedimenter eller tungmineralfraktionen af bæksedimenter er tegn på at den proces,

der kunne danne guldmineraliseringer, rent faktisk har fundet sted. Områder der er helt sorte på kortet figur 10 betyder, at der er sammenfald af høje værdier for guld, arsen og antimon, og dette anses for at være særligt gunstigt. De sammenstillede data tyder på at der er mulighed for at finde flere forekomster end de allerede kendte omkring Sermi-ligaarsuk Fjord i nord, omkring Nanortalik, omkring mundingen af Lindenow Fjord og ved Danell Fjord. Der skal nærmere undersøgelser til for at se om mængden af afsat guld er økonomisk interessant.

SYDGRØNLANDS

SAMLEDE

MINERALPOTENTIALE

Ved anvendelse af viden om de geologiske miljøer og processer sammen med de digitale data vi har til rådighed, på samme måde som i eksemplet ovenfor, kan det udledes, at der i Sydgrønland udover guld er muligheder for at finde forekomster indeholdende, uran, thorium, tantal, zirkonium, hafnium, niob, yttrium, sjældne jordarters metaller, lithium, beryllium, fluor, titan, nikkel, zink, platin, palladium, fosfor og diamanter. Hvis der i fremtiden skulle blive et marked for de ovennævnte eller andre grundstoffer

som bæksedimenterne eller bjergartsprøverne er analyserede for, vil CD-ROM'ens datasæt kunne bruges til at sige noget om muligheden for forekomster af det pågældende stof i Sydgrønland.

FREMTIDIGE CD-ROM UDGIVELSER

Erfaring fra Sydgrønland indgår allerede i udformningen af nye indsatsområder i Vestgrønland fra 66° til 70°15' nordlig bredde. Opbygningen og kvalitetskontrollen er påbegyndt og vil formodentlig i det store og hele være afsluttet i løbet af den første halvdel af 2001, altså før felt-sæsonen i 2001; især fordi de seneste års aktiviteter i dele af dette område allerede er på digital form, i modsætning til Sydgrønland, som på mange måder har været et af de 'vanskeligste' områder i Grønland som følge af de omfattende aktiviteter før "digitalalderen".

Denne udvikling gør det muligt i fremtiden at bringe de digitale data med i felten og supplere med nye digitale data efterhånden som de indsamles i felten.





ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Stevns Klint. Øverst ses bryozokalk, hvor undersiden bølgler svagt; i lavningerne mellem bølgetoppene findes visse steder et tyndt lag ler, "fiskeleret". Fiskeleret vidner om betydeligt ændrede geologiske forhold på pladsen, da leret blev afsat. Under bryozokalken følger "Gråkridtet" fra den øverste, yngste del af kridttiden. Den grålige farve skyldes et svagt, fint fordelt indhold af sodpartikler i kridtet. Det er bl.a. den type bjergarter, der er genstand for petrofysiske undersøgelser i laboratoriet; resultaterne giver mulighed for at karakterisere reservoiregenskaberne hos kalk og kridt. Kemiske analyser af sodpartiklerne fra Gråkridtet tyder på, at partiklerne kommer fra vulkanudbrud på overgangen fra Kridt tid til Tertiær tid for omkring 65 millioner år siden. Den vulkanske aktivitet var omtrent samtidig med den bjergkædedannelse, der bl.a. foldede Alperne op (den alpine foldefase), og med havbundspredningen, der f.eks. førte til åbningen af Nordatlanten som følge af pladetektonik; lava fra vulkanismen i spredningszonen skabte Færøerne, de østgrønlandske plateaubasalter og Island. Der er stadig levende vulkanisme på Island, der ligger på den fortsat aktive spredningszone midt ned gennem øen og Atlanterhavet; det medfører bl.a. at den østlige og vestlige del af Island bevæger sig væk fra hinanden med en hastighed på 1 til 2 cm om året.

INDVINDING AF OLIE FRA DE DANSKE KALKFELTER

Peter Frykman

"Oliedråbens skæbne"

Det var en mørk og stormfuld nat. Den lille oliedråbe følte sig under pres. Den var strandet ved en indsnævring, hvor tre coccolitter sad og spærrede, så der kun var en lille, snæver kanal at se. På grund af overfladespændingen kunne den ikke klemme sig igennem – endnu. Hvis trykket blev højere end det der allerede klemte den ind imod det lille hul, kunne den måske blive mast igennem. Oliedråben svedte ved tanken. Den havde godt hørt om de store forandringer, der var på vej nede i kalkreservoiret på grund af den øgede indpumpning af vand i visse dele af lagene; men at det skulle komme så pludseligt, havde den ikke ventet. Mange af dens familie og venner, der havde siddet i nærheden var allerede skyllet væk. De fleste havde været heldige og kunne holde sammen i lange kæder og var løbet afsted gennem de lidt større porer i kalken. Når porerne var mere end ca. en tusindedel millimeter var det jo ikke noget problem at løbe igennem.

Oliedråben havde egentlig altid syntes at den sad godt i sit lille hjørne mellem coccolitterne; men nu ville skæbnen og de petrofysiske forhold, at den var efterladt på dette øde sted midt i kalken fra Sen Maastrichtien. Nu mærkede den også at den frøs, for det kolde havvand, der blev pumpet ind, var nået frem til den, hvor den ellers før havde siddet i det dejlige varme og salte porevand. "Det er jo vanrøgt" tænkte den – "hvorfor får vi ikke alle mulighed for at komme ud"

Denne lille fabel antyder, hvor vanskeligt det kan være at få olien ud af de danske kalk reservoirer i Nordsøen. En række betingelser skal være opfyldt, for at en kæde af begivenheder kan finde sted, der fører til en effektiv indvinding. Disse vanskelige forhold gælder ikke kun for olie-dråberne, men eksisterer på forskellige størrelsesskalaer - lige fra den molekylære skala og op til hele Nordsøens udstrækning - og spænder derved i længdemål over mere end 15 størrelses-ordner.

På GEUS foregår der forskningsaktiviteter, der dækker et bredt udvalg af de emner og skala trin som er relevante for en øget indvinding fra kalken. Selvom de enkelte emner har overlap med skalaen under og over, og indgår i et samspil med andre effekter, vil vi alligevel gennemgå udvalgte dele af dette skalaspænd. Der er udført mange undersøgelser i relation til de danske kalkreservoir-er med spændende og nyttige resultater tilfølg.

Det vil dog alligevel fremgå undervejs i gennemgangen, at der stadig mangler væsentlige forklaringer, og at der stadig kan rejses nye spørgsmål, hvor besvarelsen eller løsningen på problemet kan have stor betydning for indvindingen af den meget værdifulde ressource som olie og gas udgør for vores samfund.



Fig. 1 Billedet er fra Sigerslev kridtbrud på Stevns. Ved hjælp af en boremaskine udbores der borekerner af kridt til senere studier i laboratoriet. Ved hjælp af avanceret udstyr bliver variationen af kridtprøvernes fysiske egenskaber bestemt. Resultaterne gør det muligt at beskrive kridtets regionale petrofysiske egenskaber; dermed kan der siges noget om kridtets reservoir egenskaber for olie og gas.

A large quarry face of white chalk, showing horizontal layers. Several workers in blue overalls and orange helmets are visible at the base of the cliff. A yellow crane with a long boom is positioned on the left, with one worker standing on its platform. The top of the quarry is covered with sparse vegetation. A decorative orange dotted line is visible in the upper right corner of the image.

KRIDT OG KALK

Kridt – Kridttiden

geologisk periode for 142-65 millioner år siden.

Kridt

af latin creta "kalk". Hvid finkornet kalksten bestående af mere end 90% calcit (CaCO_3).

Kalksten

Limsten. En bjergart der består af mere end 75% carbonatminerale. Kalk - bruges ofte som synonym for de almindelige danske kalkbjergarter – herunder altså også de forskellige typer af kridt og kalksten på Stevns.

Det hvide kridt vi ser nederst i Stevns Klint er "Skrivekridt". Ordet Skrivekridt bruges både som en stratigrafisk betegnelse og en bjergartsbetegnelse for kalksten fra tidsperioden Maastrichtien, som er den yngste del af Kridttiden. I den allerøverste del af kridtet ved Stevns, lige under Kridt-Palæogen (nedre Tertiær) grænsen, findes et 3-4 m tykt lag som kaldes "Gråkridtet" på grund af en svag grålig farvenuance. Over Kridt-Palæogen grænsen findes aflejringerne fra Danien; først det tynde lag af Fiskeler, hernæst et andet tyndt lag - kaldet "Cerithium kalken", og derover en tyk serie af "bryozokalk". I Øresundsområdet er de tykke lag af "København kalk" fra Palæogen tid fundament for Øresundsbron.

Under Nordsøen finder man forskellige typer af kalk og kridt fra Kridt tiden og Palæogen tid, hvoraf den mest finkornede type fra perioden gennem det øverste Kridt og nederste Palæogen på engelsk betegnes "Chalk".

I den følgende behandling bruges kridt og kalk som skiftende betegnelser for den bjergart de fleste danske olie og gas reservoirer er udviklet i.

VANDFILM

I de danske kalkreservoirer, der ligger i dybder fra 1400-2800 m under havniveau, findes olien fint fordelt i den meget porøse kalksten, som kaffe i en sukkerkald. Porøsiteten i de bedste lag kan være op til 40-45%, men porerne vil ikke altid være fyldt udelukkende med olie. Det meste kalk i reservoirerne holder af vand – det kaldes, at den er "vandvåd". Selv i de mest oliemættede lag findes der ca. 5% vand, som er fordelt, oftest som en tynd vandfilm, hen over kornoverfladerne.

På grund af den meget lille kornstørrelse, længde ca. 1-2 mikrometer (1mikrometer = 1/1000 millimeter = $1\mu\text{m}$) for de enkelte krystaller, der indgår i coccolitterne, er den samlede kornoverflade enorm, og kan være op til 1-2 m^2 pr. gram kalk.

Hvis en oliemættet kalk bliver tilført vand vil den suge vandet ind. Vandet vil fortrinsvis krybe af sted på kornoverfladerne, og vil sidde som en tynd film der dækker hele kornoverfladen i bjergarten, samt fylde de meget små

revner og sprækker. Den vandfilm, der sidder på de enkelte korn, kan have meget forskellig tykkelse alt efter kornoverfladens ruhed og trykforholdene imellem olie og vand.

Den mindste vand filmtykkelse, der kan sidde på overfladen af et calcit korn, er et enkelt lag af vandmolekyler, som vil have en tykkelse på omkring 3 Ångstrøm = 0,3 milliontedel mm. Imidlertid findes der forskellige typer af kræfter mellem væsker og korn (van der Waal kræfter, elektro-

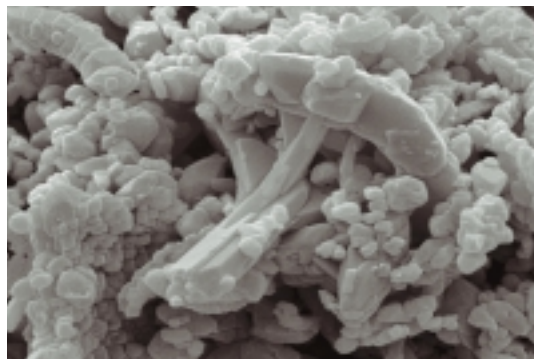


Fig. 2 Billede optaget med (SEM) scanning-elektronmikroskop af et stykke kridt fra Stevns. I midten ses en enkelt coccolit, som sammen med flere andre har siddet som skjolde på overfladen af en omtrent kugleformet havalge, der har levet i Kridtidts havet. Langt de fleste coccolitter er nedbrudt til enkeltkrystaller med en størrelse på 1-2 μm og ses liggende i den omgivende kridtmasse. Det fremgår også tydeligt, hvor små de enkelte porer er, og hvor snørklet det porøse netværk er i kridt af denne type.



Fig. 3 Et stykke kridt fra Stevns Klint med coccolitter, der ofte har lighed med små knapper.

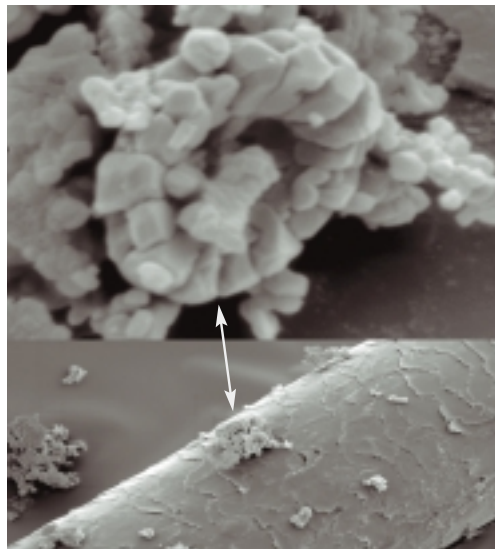


Fig. 4 Elektronmikroskop billede af et af forfatterens få tilbageværende hår med kridtstøv på. Hår fra mennesker er normalt omkring 0.1 mm tykke. I det ene støvkorn ses en velbevaret coccolit (øverst).

statiske kræfter og strukturelle kræfter). Samspillet mellem disse kræfter er kompliceret og afhænger af olie typen, vandets saltholdighed og flere andre forhold; der er derfor stadig en stor usikkerhed omkring vandfilmens opførsel nede i reservoiret.

Vandfilmen omkring kornene kan i visse tilfælde gennembrydes og erstattes af olie som vil klæbe til kornoverfladen. Dette sker of-

test hvor olien har været i kontakt med kalken i længst tid og hvor olien næsten fylder hele porerummet ud. Når kornoverfladerne på denne måde bliver glade for olie, kaldes bjergarten "olievåd". Om kornoverfladen foretrækker olie eller vand kaldes dens vædningspreferance. Hvis en bjergart er delvis olie-våd, dvs. at typen af film (olie/vand) kan variere pletvist eller er ujævnt fordelt, ved man

teoretisk og fra eksperimenter, at det giver en forskellig effektivitet i uddrivning af olien, når man bruger vandinjektion til indvindingsforbedring.

Strømningen af olie og vand i kalkreservoirerne er således afhængige af væskernes rumlige fordeling i porerne. De præcise forhold er endnu kun dårligt undersøgt for kalkreservoirers vedkommende.

NANO-SILICA

I kalken er de fleste korn af calcit, og stammer fra de mikroskopiske alger der oprindeligt har opbygget skeletmateriale af calcitten i form af de små coccolitter.

I det rene kridt er kun 2-5 % af bjergarten ler eller anden uopløselig rest.

Nye undersøgelser har imidlertid vist at der i visse lag i kalken er et stort indhold af silica (SiO_2). Dette materiale har en meget lille kornstørrelse, ca. 100 nanometer (1 nanometer = 1 milliontedel millimeter), heraf navnet nano-silica (Fig. 5). Dannelsen af dette materiale tolkes som en udfældning fra havvandet ved sammenklumpning (flokkulering) af små silica-partikler til kugleformede partikler som sedimenteres på havbunden (Fig. 6).

Det vides udfra styrketekniske undersøgelser at en stor andel af nano-silica i kalken giver afvigende mekaniske egenskaber sammenlignet med almindelig kalk. Indvindingsegenskaberne bliver formodentlig også påvirket af tilstedeværelsen af nano-silica. Men

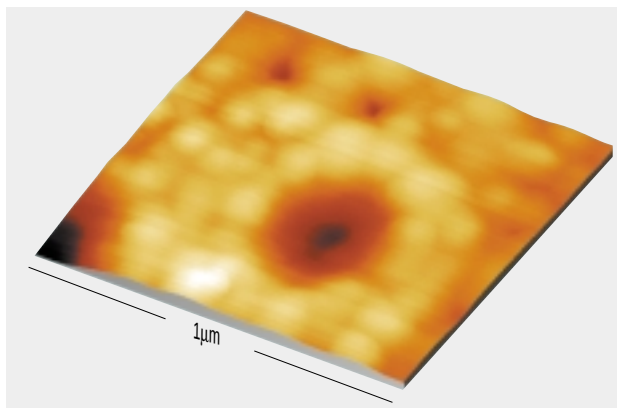


Fig. 5 Billede optaget med et AFM (Atomic Force Microscope), som viser ansamlinger af nano-silica, der ses som en perlekrans.

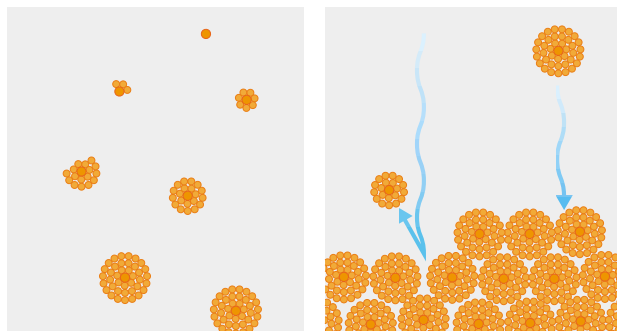


Fig. 6 Tegning: Under udfældningen i havvandet samles de enkelte korn som kugleformede flokkulater der synker tilbunds og indgår i det ellers calcit-dominerede sediment.

Fig. 7 Billede optaget med skanning elektron mikroskop (SEM), som viser de ætsede kanaler og hulrum på oversiden af en plade. De mindste kanaler er ca. 8 μm brede, og porekamrene er ca. 40 μm . Ætsedybden er 15 μm .

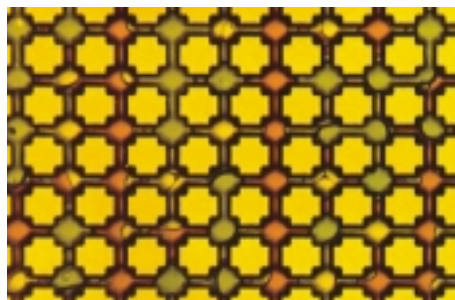
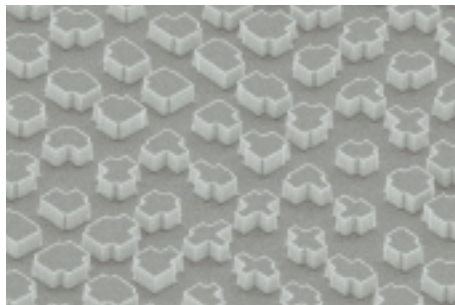


Fig. 8 I netværket af kanaler og porer er indpumpet olie (grønt) og vand (rødt), og gas (gult). Den komplicerede fordeling af de to væsker og gassen, samt bevægelserne kan direkte iagttages under et lysmikroskop.

det er endnu uafklaret, hvorvidt egenskaber såsom vædningspreferencer overfor vand eller olie, eller elektrisk respons også påvirkes, og dermed kræver særskilt behandling i analysen af data fra de olieførende lag i et reservoir.

MIKROMODELLER

Når olie og vand strømmer samtidig igennem porennetværket, foregår transporten af olien enten som en sammenhængende fase, eller som isolerede olie tråde og dråber. Transportprocessen kan eftergøres og studeres i kunstige porennetværksmodeller. Disse fremstilles ved at ætse et netværk af kanaler og hulrum ned i en tynd plade, akkurat som det bruges i halvlederindustrien ved fremstilling af computerchips.

Det ætsede netværk dækkes af en glasplade, og man kan nu pumpe olie og vand ind i det, mens man iagttager, hvordan de to væsker fordeles sig i porerne. Denne proces er meget kompleks, og især, hvis der forekommer både gas, olie og vand samtidig i netværket, er det meget

komliceret at forudsige fordeling og strømningsforhold for de enkelte faser. Under forsøgene kan det ses, hvorledes de små oliedråber eller olietråde løber afsted, forgrener sig eller smelter sammen, alt efter hvordan porennetværket varierer. For strømmingen af olie er det meget vigtigt om der er kontinuitet – d.v.s. at olien udgør en sammenhængende fase, eller om olien er opdelt. Hvis olien opdeles i tråde eller dråber, vil der nemmere kunne dannes residual olie, d.v.s. olie der ikke kan bevæges og som dermed sænker indvindings-effektiviteten.

Man kan endnu ikke fremstille netværk med porer, der er nede i de meget små størrelser, som findes i kalk. Undersøgelserne kan imidlertid bruges til at fastlægge nogle af de helt basale processer, og dermed bidrage til at efterprøve de beregningsmodeller, man anvender til at simulere strømning på reservoirskala.



GEOMETRI AF PORENETVÆRKET I KALK

Opbygningen af porenetværket har stor betydning for forløbet af indvindingsprocessen i kalk, og varierer alt efter hvilken type af kalk vi ser på, og hvilken porøsitet bjergarten har. Denne sammenhæng undersøges normalt med laboratorieforsøg og analyser af de forskellige kalk typer fra reservoiret.

Som følge af de meget små porer i kalken er det vanskeligt og tidskrævende at udføre visse strømningforsøg på store kalkprøver på grund af den meget lave strømningshastighed i kalken. Nogle af forsøgene, f.eks. undersøgelse af kapillartryksforhold

mellem olie og vand med bestemte metoder kræver flere år at gennemføre. Det er derfor attraktivt at kunne erstatte laboratorieforsøgene med beregningsmodeller, som kan analysere forskellige typer af kalk og strømningforhold på meget kortere tid end de fysiske forsøg vil kunne udføres i. Til dette skal man dels bruge en numerisk udgave af det porøse netværk, dvs. en gengivelse af den rumlige struktur på talform, og dertil en matematisk beregningsmetode, der kan afspejle strømningprocesserne i denne numeriske model.

Teksturen og geometrien af netværket af porer i kalk kan kvantificeres ved analyse af snit i en

kalkprøve. En poleret overflade kan betragtes i elektronmikroskop (fig. 9) og porerummet kan adskilles fra det faste materiale ved billedanalyse. En analyse af geometrien af porerne i snittet kan bruges til en rekonstruktion af den rumlige struktur af det porøse netværk, hvorefter strømning kan simuleres med computerberegninger i dette numeriske medium.

CYKLICITET

Det er blevet alment accepteret, at de geologiske lag rummer vidnesbyrd om de klimatiske variationer, der er sket på Jorden gennem tiden. Nogle af de klimatiske ændringer kan føres tilbage til astronomiske begivenheder, f.eks.



Fig. 9 Billede af en poleret overflade af et stykke kridt optaget med SEM (ca. 40x40 μm) som viser porerum (hvid) og matrix (sort). Til venstre i billedet ses en ringformet struktur som er et snit i en coccolit.

jordbanens variation gennem tid. Jordens rotationsakse udviser ganske små ændringer i hældningen over tusinder af år. Jordbanens ellipseform omkring solen ændrer sig ligeledes lidt over perioder af 100,000 år. Dette influerer på energistrømmen, der modtages på jorden og dens fordeling, og kan i sidste ende føre til, at der sker ændringer i de aflejningsmønstre, der skabes i have, floder og søer.

Kombinationen af de forskellige astronomiske effekter resulterer i et cyklisk forløb af de klimatiske ændringer, og benævnes Milankovitch cyklicitet, opkaldt efter en af pionererne indenfor dette felt.

Også i kalken er der dokumenteret cyklicitet i aflejringerne. Tydeligst ses det, hvor der er en regelmæssig vekslen mellem lerholdige og mere rene lag af kalk. Men også i lag, hvor et ringe lerindhold ikke hjælper til at fremhæve cykliciteten, kan den spores ved analyse af f.eks. porøsitet, magnetisk susceptibilitet eller andre bjergartsegenskaber.

I flere borer i Nordsøen udviser kalken svingninger i porøsitet, der tolkes som koblet med klimatiske faktorer i Kridt-

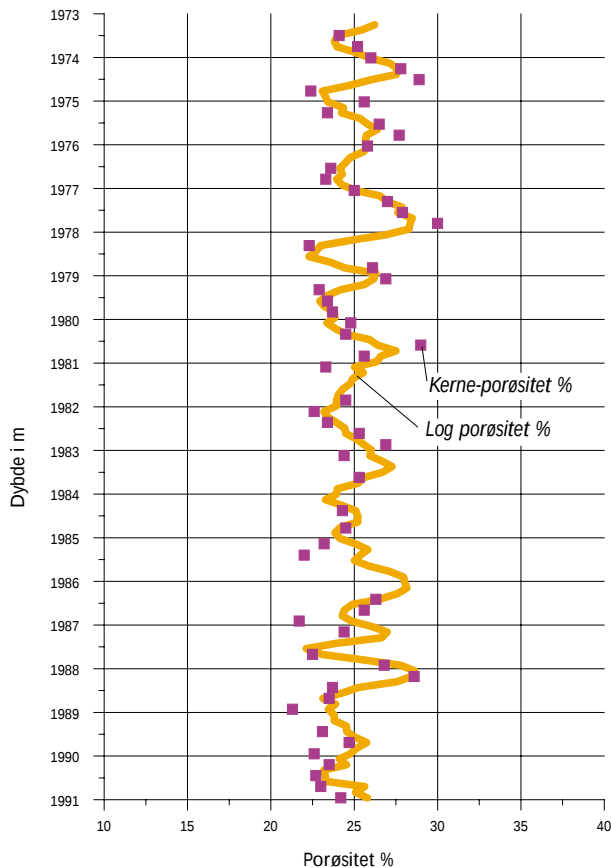


Fig. 10 Porositetsmålinger fra en brønd i Nordsøen, som viser regelmæssige variationer, der måske kan tolkes som cykliske. De lilla punkter er målinger på kerneprøver fra brønden, den orange kurve er data fra målinger udført direkte i borehullet med en sonde.

tiden, men den præcise sammenhæng er endnu ikke fastlagt. Variationerne af egenskaberne, som kan måles enten i kerneprøver eller fås fra målinger i borehullet, kan analyseres med signalanalytiske værktøjer eller med geostatistiske metoder, der begge er velegnede til at afkode forskellige typer af periodicitet i et givet signal. Hvis der kan skabes yderligere sikkerhed for koblingen mellem de astronomiske signaler og variationerne i bjergarten, er der god mulighed for at kunne anvende disse variationer som et supplerende korrelationsværktøj til at genfinde bestemte lag i forskellige borer.

Den cykliske lagdeling af kalken og variationen i dens egenskaber har en betydning for hvordan olien og vandet strømmer i reservoiret. Om olien skal løbe på langs af lagene, eller om den tvinges til at strømme opad på tværs af lagene, har stor betydning for effektiviteten af indvindingen. Det kan derfor være væsentligt at undersøge disse variationer og deres effekt i forskellige dele af reservoiret.

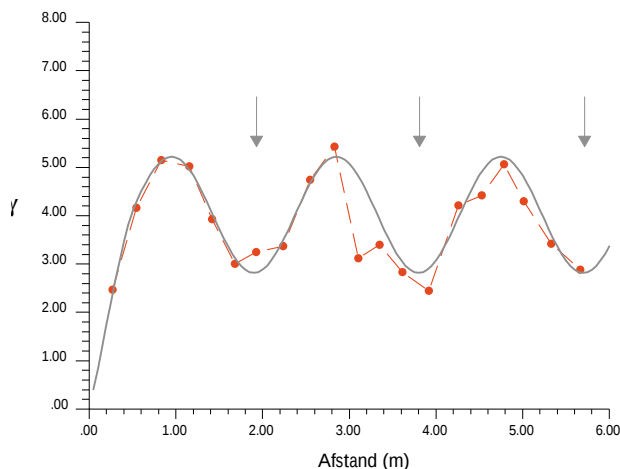


Fig. 11 Analyse af porositetsmålingerne fra kerneprøver udført med variogram beregning, som viser at der i data er en korrelationsstruktur som indeholder en periodisk (cyklisk) komponent med en bølgelængde på ca. 2 m. Pilene angiver hvor denne struktur bliver udtrykt på variogrammet som en hul-effekt.

TIL EFTERTANKE

De danske kridtaflejringer under Nordsøen vil de næste 5 år være ophav til produceret olie og gas til en samlet samfundsøkonomisk værdi af ca. 12-15 milliarder kroner pr. år.

Denne post mærkes direkte på betalingsbalancen bl.a. i form af eksportindtægt og sparet energi import og bidrager i 1999 med en andel på 8,9 mia kr ud af det samlede betalingsbalanceoverskud på 13,9 mia kr. Dette bety-

delige bidrag kan opretholdes eller endog forøges de næste 4-5 år forudsat at olieprisen holder sig stabil.

Næste gang De står ved Stevns Klint og ser det hvide skrivekridt, så tænk på at hver kubikmeter kridt i et godt kalkreservoir i Nordsøen indeholder 300 l råolie – ca. 1/4 standard villa olietank. Den umiddelbare glæde forudsætter dog at vi kan vride det hele ud – hvilket langt fra er tilfældet. Ser vi på et helt kalkre-

servoir i km størrelse – som for eksempel Dan feltet – der har meget varierende indhold af olie og gas, anses 30% indvinding for fremragende. Men slutresultatet er dog at 70% olie stadig sidder tilbage hvis vi anlægger førnævnte ideal betragtning.

Der gøres derfor store anstrengelser for at indvinde yderligere mængder olie, for det er unægtelig store mængder energiråstof vi indtil videre går glip af.



Billedet er fra Stevns Klint på Sjælland. Øverst i klinten ses bryozokalk med en lys brunlig farve; derunder skrivekridt med en lys grålig farve, "Gråkridtet". Den grålige farve skyldes et svagt indhold af fint fordelt sod, som måske kommer fra gigantiske vulkanudbrud, der fandt sted på overgangen fra Kridt tid til Tertiær tid for omtrent 65 millioner år siden. Under gråkridtet ligger det hvide skrivekridt. Bånd med flintknolde viser bl.a., at kridtet her er aflejret omtrent vandret.



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

Slotsøen ved Frederiksborg Slot i Hillerød.

Der hvor grundvandet kommer naturligt frem til jordens overflade kan der dannes kilder, vådområder, vandløb og søer. Grundvandets kvalitet (kemiske sammensætning) er derfor i første omgang bestemmende for vandkvaliteten i områder med åbent vand og i vådområder. Men vandkvaliteten eller forureningsgraden er i højere grad påvirket af tilførsel af overfladevand med opløste miljøfremmede stoffer eller næringsalte fra de omliggende landområder. Vandet i Hillerød Slotsø er farvet af grøn-alger som er kraftigt opformeret som følge af tilførsel af næringsstoffer.



VANDRESSOURCER - ET OMRÅDE AF STOR STRATEGISK BETYDNING

Bjarne Madsen

Grundvand og drikkevand har altid spillet en central rolle i GEUS' arbejde. Allerede i 1926, med vedtagelsen af verdens første vandforsyningslov, fik det daværende DGU rollen som fagdatacenter på grundvand. En status der bl.a. har medført, at GEUS i dag råder over geologiske og hydrogeologiske oplysninger fra over 250.000 borerne fordelt over hele landet.

Disse oplysninger danner en væsentlig del af rygraden i GEUS' ekspertise og videnopbygning på vandområdet og er forudsætningen for forståelsen af det geologiske miljø; det vil bl.a. sige jordlagernes opbygning og betydningen heraf for grundvandets strømningsforhold.



Mange års kortlægning og dataindsamling har ført til en informationstæthed og en detaljeringsgrad, der i international sammenhæng er enestående og som er fundamentet for den forskning og rådgivning institutionen vil kunne yde.

Hertil kommer mere end 10 års intensiv dataindsamling i vandmiljøplanens overvågningsprogram, som er en af forudsætningerne for at kunne vurdere grundvandets kvalitetsforhold, både med hensyn til traditionelle makroioner og med hensyn til organiske og andre forureningskomponenter.

Denne store informations-tæthed, der også gælder for en række andre jordfysiske data, kan nyttiggøres væsentligt bedre end tilfældet hidtil har været. Det er ikke længere nok blot at kortlægge, undersøge og beskrive.

For at kunne bidrage til løsning af de problemstillinger på vandområdet, som samfundet står over for, er det nødvendigt, at indsatsen på vandområdet målrettes mod at muliggøre analyser og beregninger af konsekvenser, der er en følge af forskellige tiltag og udviklingstendenser på området.

Kernen i dette vil være tilvejebringelse af en grundlæggende viden om vandets strømningsforhold, mængde, hastighed, retning og opholdstid som funktion af det geologiske miljø; uden denne indsigt vil f.eks. nytteværdien af viden om de kemiske og mikrobiologiske processer i vandet være mindre.

Geologiske observationer, som ikke bringes i en strømningsmæssig forståelsesramme, vil i denne sammenhæng desuden kun være et mål i sig selv. Omvendt vil viden om stoffernes transport kunne anvendes til at fastlægge strømningsveje og -hastigheder med større sikkerhed.

Udfordringen i arbejdet vil være at tilstræbe en stadig stigende integration af datagrundlag og modellering og derigennem optimere værdien af dataindsamlingen samt at kunne bestemme usikkerheden af beregningerne på forskellige skalatrin.

Som kilde for Danmarks vandforsyning vil grundvandet være det centrale element i indsatsen. Men for at kunne vurdere omgivelsernes påvirkning og indflydelse på det omgivende vandmiljø er det nødvendigt at se grundvandet i et større perspektiv og i

sammenhæng med de øvrige elementer af det hydrologiske kredsløb (nedbør, snesmeltning, fordampning, nedsvining, drænfstrømning og vandløbsafstrømning) for derigennem at kunne vurdere vandressourcens samlede størrelse, fordeling og tilgængelighed.

Det er vigtigt ikke kun at se vandressourcen ud fra en teknisk synsvinkel. Det er lige så vigtigt få de samfundsrelevante konsekvenser belyst, så det bliver muligt at sikre en koordineret udvikling ved håndteringen af vand, land og tilknyttede ressourcer gennem optimering af den økonomiske og sociale velfærd, men uden at undergrave bæredygtigheden af vandmiljøet. Det er det der i international sammenhæng hedder "Integrated Water Resources Management".

Det er denne tværfaglige udfordring, der ligger for; arbejdet hermed vil ikke blot vil være et vigtigt element ved betjening af det danske samfund, men også på væsentlige områder bidrage konstruktivt til løsning af internationale bistandsopgaver, hvor Danmark traditionelt spiller en markant rolle.



Fig. 1 Regnvåd landevej et sted på Fyn.

Den eneste kilde til grundvand er nedbør (regn og sne). Grundvandsdannelsen finder sted i perioder, hvor nedsivningen gennem jordlagene er større end fordampningen fra jordoverfladen og den overfladiske afstrømning til vandløb og søer eller til havet. Grundvandsdannelse finder derfor mest sted i vinterhalvåret i det åbne land. Men i større bebyggede arealer finder ingen grundvandsdannelse sted. Det lille billede er fra Vesterbro i København.



Fig. 2 Vanddråber på planter i en kornmark nær Borsholm. En betragtelig del af fordamningen af nedbøren foregår fra planternes overflade i vækstsæsonen. En del af det vand, som ikke fordampes, siver ned i jorden og kan blive afledt gennem drænrør til drængrøfter, som på billedet.



GRUNDLÆGGENDE FORSKNING OG METODEUDVIKLING

For at kunne løse de skitserede problemstillinger er der et åbenlyst behov for en særlig videnopbygning om de forhold, der styrer vandtransporten og de processer, der finder sted i overgangszonerne mellem grundvandet og de tilgrænsende elementer af vandmiljøet:

1. der hvor vandet strømmer ind og grundvandet dannes; og
2. der hvor grundvandet strømmer ud og bliver til overfladevand

I disse zoner sker en væsentlig del af stofomsætningen (redoxzoner, organisk indhold etc.) og fordelingen af vand (store kontraster i hastighed og strømningsveje). Modelanalyser, der støtter sig til sammenhænge belyst gennem feltstudier, vil være et nødvendigt og væsentligt element for at kunne kvantificere processerne.

GRUNDVANDSDANNELSE

De grundvandsdannende processer bestemmer mængden og kvaliteten af nyt grundvand og kendskabet til processerne er også af betydning for en hensigtsmæssig beskyttelse af både grundvands-

ressourcen og overfladevandet. Kendskabet til de grundvandsdannende processer er relativt mangelfuldt i forhold til den viden, der findes om den egentlige grundvandszone, fordi vi har at gøre med komplicerede strømningsforhold med varierende umættede/mættede forhold, påvirket af kulturtekniske indgreb og med store variationer i vand og stof belastning.

Udfordringen vil være at bestemme nedsivningsmængderne og vandets kvalitet som funktion af nedbør, snesmeltning, arealanvendelse (fordampning, forureningsbelastning, dræning), jordbundsforhold og geologi (omsætning, sorption, heterogenitet og præferentiel strømning).

Det er derfor nødvendigt at fokusere på den umættede zone og den øverste grundvandszone. I grundvandszonen forstås strømningsmekanismen nemlig relativt godt og udfordringen ligger her mere i at opnå en forståelse af omsætningen af naturlige og miljøfremmede stoffer.

AFSTRØMNING

Lige så vigtigt som det er at kunne analysere påvirkningen af grundvandsressourcen via infiltrationsprocesserne, lige så afgørende er det at kunne vurdere grundvandets påvirkning af det omgivende vandmiljø (vandløb, søer, vådområder og hav) på grundlag af afstrømningsprocesserne.

Dette gælder både mængden og fordelingen af udstrømmende vand samt påvirkningen med forurenende stoffer (pesticider, nitrat etc.) og deres mulige omdannelse i overgangszonen. Der er et yderst mangelfuldt kendskab til specielt opbygningen af de ofte komplekst opbyggede dæklag mellem grundvandsregimet og overfladevandssystemerne og deres hydrauliske funktion og evne til at omdanne forurenende stoffer. Det gælder i en vis udstrækning også sammenhængen mellem forskellige oplandstyper (geologisk, nedbørs- og arealanvendelsesmæssigt) og afstrømningsforholdene i vandløbene (baseflow). Vandløbene rummer oplysninger om grundvandsforholdene, både med hensyn til mængde og kvalitet og er derfor en meget væsentlig faktor som informationskilde om grundvandsressourcen.

PESTICIDER

GEUS har de seneste år prioriteret arbejdet med pesticidforurening særlig højt. Der er heller ingen tvivl om, at pesticiderne i de kommende år fortsat vil indtage en central plads inden for videnopbygningen.

Der er imidlertid også behov for at fokusere på andre potentielle forureningskomponenter bl.a. fenoler, klorerede opløsningsmidler, ætere, lægemidler, blødgørere og detergenter og udnytte den viden, der opbygges om pesticiders transport og nedbrydning på disse stofgrupper.

Hovedtemaet for studierne vil derfor være transport og omdannelse af forurenende stoffer og deres omdannelsesprodukter centreret omkring opskalering fra laboratorium og poreskala til feltskala og regional skala.

Det er her særlig vigtigt at forstå de miljømæssige faktorer, der styrer stoffernes omsætning. Det er især miljøets redoxforhold, der er af betydning, da nogle miljøfremmede stoffer kun ned-

brydes i iltede (aerobe) miljøer, mens andre nedbrydes hurtigst ved fravær af ilt. Ofte sker nedbrydningen kun delvist, hvorved der dannes nedbrydningsprodukter (metabolitter), der i nogle tilfælde har vist sig at være mere skadelige end udgangsmaterialet.

PARAMETERBESTEMMELSE OG SKALAFORHOLD

Bestemmelse af parametre og processer (geologiske, hydrologiske, geokemiske og mikrobiologiske), der kan benyttes i beregninger, er en naturlig og nødvendig del af arbejdet på vandressourceområdet.

Især de numeriske modellers store udbredelse har gjort parameterbestemmelse i forskellig skala til et meget centralt emne, og dermed givet mulighed for at kunne op- og nedskalere.

Et af de store problemer er, at parameterværdierne er afhængige af den aktuelle, fysiske lokalitet og af den valgte skala; de kan således ikke uden videre benyttes på forskellige lokaliteter og i forskellig skala (laboratorium,

feltlokalitet, opland, regional). Kernen i parameterbestemmelsen er opstillingen af geologiske modeller og omsætningen (oversættelse) af geologiske beskrivelser til hydrauliske parametre, herunder især de strukturbetinglyede forhold f.eks. sprækker i jordlagene.

Konkret løsning af de aktuelle samfundsmæssige problemstillinger, der kan danne grundlag for politiske beslutninger, nødvendigvis udvikling af systemer og værktøjer, med hvilke der med baggrund i viden om parametre og processer kan foretages analyser og prognoser. I den forbindelse er der behov for at sætte særlig fokus på analyser af situationer med ekstremværdier, hvad enten det drejer sig om det geologiske miljø, klimavariationer eller forureningsbelastning.



Fig. 3 Kornmark nær Furesøen. Landbrugets brug af gødning og pesticider har længe bekymret forskere, der beskæftiger sig med grundvandsindvinding og drikkevandskvalitet. Også de ansvarlige myndigheder og den brede offentlighed er blevet opmærksom på problemerne. I stigende omfang er der gennemført dyrkningsregulering f.eks. ved anvendelse af gødning og flere pesticider er blevet forbudt, ligesom der er indført skærpede godkendelsesprocedurer for tilladte bekæmpelsesmidler. Det lille billede viser Vejle Å, der er recipient for afstrømning fra de omliggende landbrugsarealer.

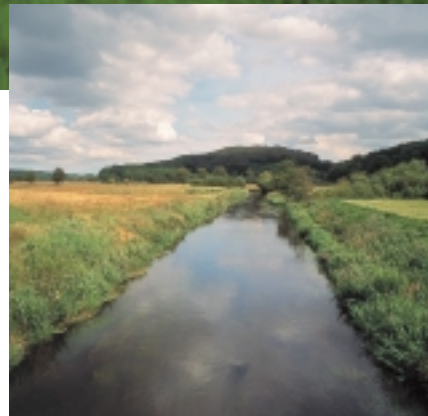




Fig. 4 Kornmark og vandtårn nær Herlev ved København. Vandtårnet placeres så højt som muligt, for at sikre et tilstrækkeligt stort vandtryk i ledningsnettet, så vandet kan nå ud til den fjerneste forbruger. Der bliver jævnligt udtaget prøver til analyse af råvand før vandet når frem til vandværket og ligeledes før det forlader vandværket og pumpes op i vandtårnet og videre til forbrugerne. Det lille billede viser et af GEUS' laboratorier, hvor der bl.a. udføres analyser for indhold af pesticider.

OVERVÅGNING OG VARSLING

Vandressourcens tilstand og udvikling følges nøje gennem det nationale overvågningsprogram. Det efterhånden omfattende datamateriale, der er tilvejebragt, bør indgå som grundlag for en øget videnopbygning om grundvandets kemiske sammensætning i forhold til variationer i det geologiske materiale.

Der er således behov for at justere de faglige angrebsvinkler i overvågningsprogrammet bl.a. i forhold til problemstillingerne ved udnyttelse og beskyttelse af grundvandet.

Varslingssystemet for pesticider er et eksempel på et specialdesignet overvågningsystem, der skal tjene et specifikt formål vedrørende kontrol med nedsivende pesticider. Tilsvarende systemer kunne tænkes i forbindelse med zoner og kontrol af de dybe grundvandsreserver.

Det er ved udformningen af systemerne vigtigt, at der foruden de traditionelle fagdiscipliner inddrages statistiske analyser vedr. repræsentativitet, prøveantal og prøveindsamlings hyppighed.

VÆRKTØJER

For at kunne gennemføre de opgaver, der karakteriserer vandressourceområdet, er det nødvendigt at anvende og videreudvikle en række basisværktøjer, hvoraf nogle af de væsentlige omtales i det følgende.

Den grundlæggende udvikling af værktøjerne vil typisk foregå indenfor de enkelte afdelingers egne faglige miljøer, men kan også ske i samarbejde med andre afdelinger og andre institutioner i ind- og udland.

I geokemisk afdeling er der gennem de seneste år opbygget laboratorier for miljøkemi, grundvandsdatering, mikrobiologi og molekylær biologi. Det miljøkemiske laboratorium muliggør analyse for en række pesticider og omdannelsesprodukter og kan, om nødvendigt også rettes mod andre miljøfremmede stoffer sammen med afdelingens laboratorium for organisk geokemi.

Laboratoriet for grundvandsdatering (CFC-laboratoriet) er med udgangspunkt i erfaringer fra USGS opbygget med henblik på måling af koncentrationen af CFC-gasser i grundvand, hvilket i gunstige tilfælde muliggør

datering af vandets alder med en præcision på ± 2 år. Metoden er imidlertid ikke uden problemer, idet visse af CFC-forbindelserne nedbrydes under anaerobe (iltfrie) forhold og der arbejdes fortsat med afgrænsning af metodens bæredygtighed.

Instrumenteringen i det mikrobiologiske og molekylær biologiske laboratorium muliggør studier af de mikrobiologiske processer, der er af betydning for nedbrydning af miljøfremmede stoffer. Det er således muligt at studere nedbrydning under aerobe og anaerobe forhold og dyrke og isolere betydende bakterier.

Institutionens laboratorium for organisk geokemi har mangeårig erfaring i karakterisering af olie/gas, stenkul og biobrændsler. Ekspertisen vil kunne udnyttes såfremt fokus øges på forurening f.eks. med kulbrinte produkter.

GEUS er således vel rustet til studier af kemiske og mikrobiologiske processers betydning for nedbrydning af miljøfremmede stoffer i bred forstand.

Anvendelse af geofysik begrænser sig til brugen af borehulslogging som led i undersøgelser af vandværkernes kildepladser og

forureningsudbredelse i grundvandet. Udstyret er tidssvarende og fuldt udbygget og anvendes i samarbejde med universiteter, højere læreanstalter og private ingeniørfirmaer.

Med hensyn til udvikling af geofysiske kortlægningsmetoder har arbejdet primært foregået ved Århus Universitet og ved DTU. De seneste års aktivitet inden for dette område, især med arbejdet omkring grundvandsbeskyttelse og zoneringsarbejde, må forventes at blive øget.

Der er derfor et behov for en udvidet og mere systematisk bedømmelse af målemetoder og fortolkningsværktøjer, hvor der lægges vægt på et nuanceret udvalg af geologiske problemstillinger og på en videnskabelig dokumentation af metoderne og værktøjerne.

Udviklingen af GIS, databaser og databaseværktøjer er fundamental vigtig for fremtidige opgaver på vandressourceområdet. Det er væsentligt at data indhentet fra traditionelle kilder kan lagres og bruges sammen med data indhentet i forbindelse med f.eks. de kommende års zoneringsarbejde. Data behandles ved hjælp af databaseværktøjerne og med GIS i

forbindelse med egentlig kortlægning og som input til modellering.

Vedligeholdelse af databasen og GIS er derfor centrale for vandressourceområdet, ligesom den basale kvalitetssikring af data er nødvendig for at kortlægning og modeller kan opfattes som pålidelige.

VIDENOPBYGNING

Som del af videnopbygningen om vandressourcens kvalitet, de vandkemiske forhold, indgår undersøgelser af vekselvirkningen mellem forskellige jordarter og grundvand.

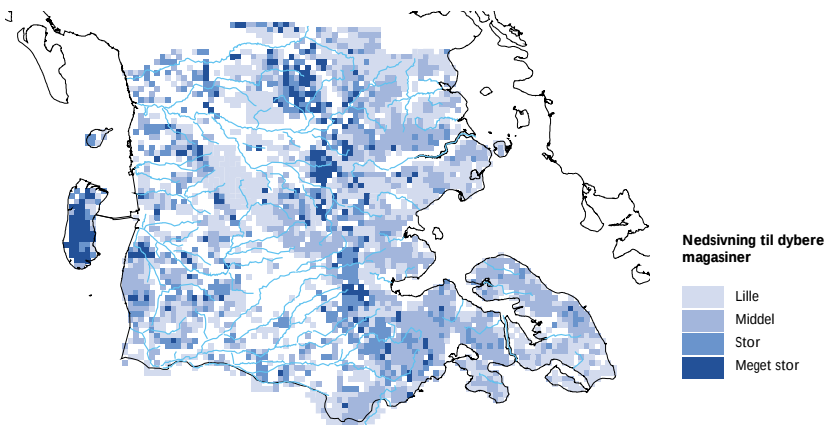
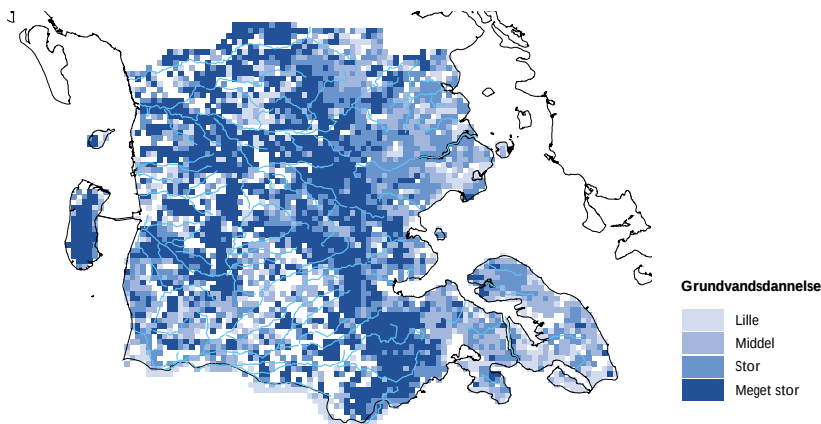
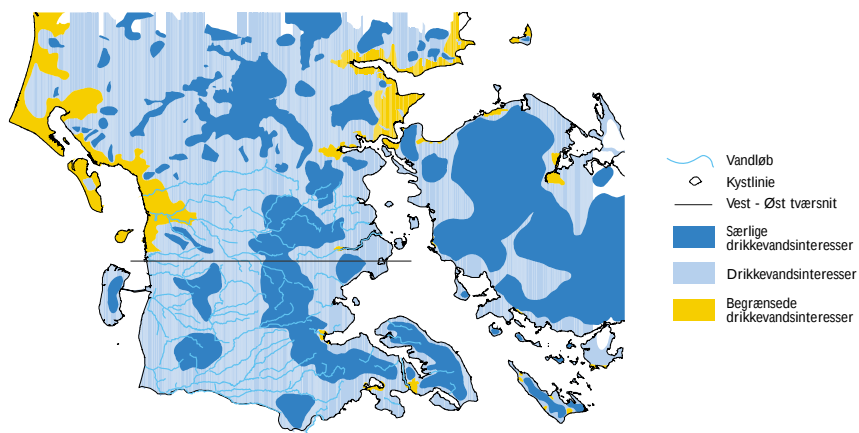
Ved laboratorieundersøgelser bør jordlagenes mineralogiske og geokemiske egenskaber bestemmes. Ligeledes skal undersøgelser i laboratoriet indgå i en vurdering af den naturlige udbredelse af forskellige forureningskomponenter (f.eks. nitrat) samt ved en beskrivelse af procesforløbet mellem den faste (mineralske) og den vandige fase under kontrollerede forhold (bl.a. pH og redox).

Den fremtidige anvendelse af laboratorieundersøgelser skal sikre et meget betydningsfuldt input til forståelsen af vandets kemiske sammensætning, bl.a. indholdet af uorganiske makroioner under forskellige geologiske forhold.

Aldersbestemmelse af grundvand er af stor betydning og er bl.a. med til muliggøre fastlæggelse af strømningsforholdene i undergrunden. Aldersbestemmelse, hovedsagelig ved hjælp af CFC-metoden, vil f.eks. indgå i forskellige overvågningsopgaver ved undersøgelser af pesticiders udbredelse i grundvandszonen og være et væsentligt element i arbejdet med den fremtidige forvaltning af de danske vandressourcer, herunder opstilling og kalibrering af grundvandsmodeller.

Der er fortsat behov for at udvikle og optimere forskellige dateringsmetoder samt afprøve disse over for hinanden, herunder især undersøgelse af redoxforholdenes betydning for CFC-metodens nøjagtighed. Nye dateringsmetoder vil også blive afprøvet under danske forhold. Det drejer sig om tritium med lav detektionsgrænse, helium-3, helium-4, krypton-85, C-14 m.fl..

Fig. 5 Numeriske grundvandsmodeller bruges i et stigende omfang af amterne i forbindelse med detailkortlægning og zonerings. Den Nationale Vandressource Model (DK-modellen) beskriver de hydrologiske processer på stor skala og har til hovedformål at beskrive grundvandsdannelsen og dermed ressourcens størrelse og tidlige og regionale fordeling på landsplan. Modellen kan tilmed bestemme størrelsen af nedsivningen til grundvandsmagasiner i forskellig dybde. DK-modellen udgør derved en vigtig referenceramme for opstilling af mere detaljerede grundvandsmodeller bl.a. i forbindelse med zonerings. På figuren er øverst vist udpegede drikkevandsområder i Sønderjylland, i midten simuleret grundvandsdannelse til det øvre grundvand og nederst simuleret nedsivning til dybe magasiner (kote -10). Se vest-øst tværprofil gennem modelområdet på næste figur.



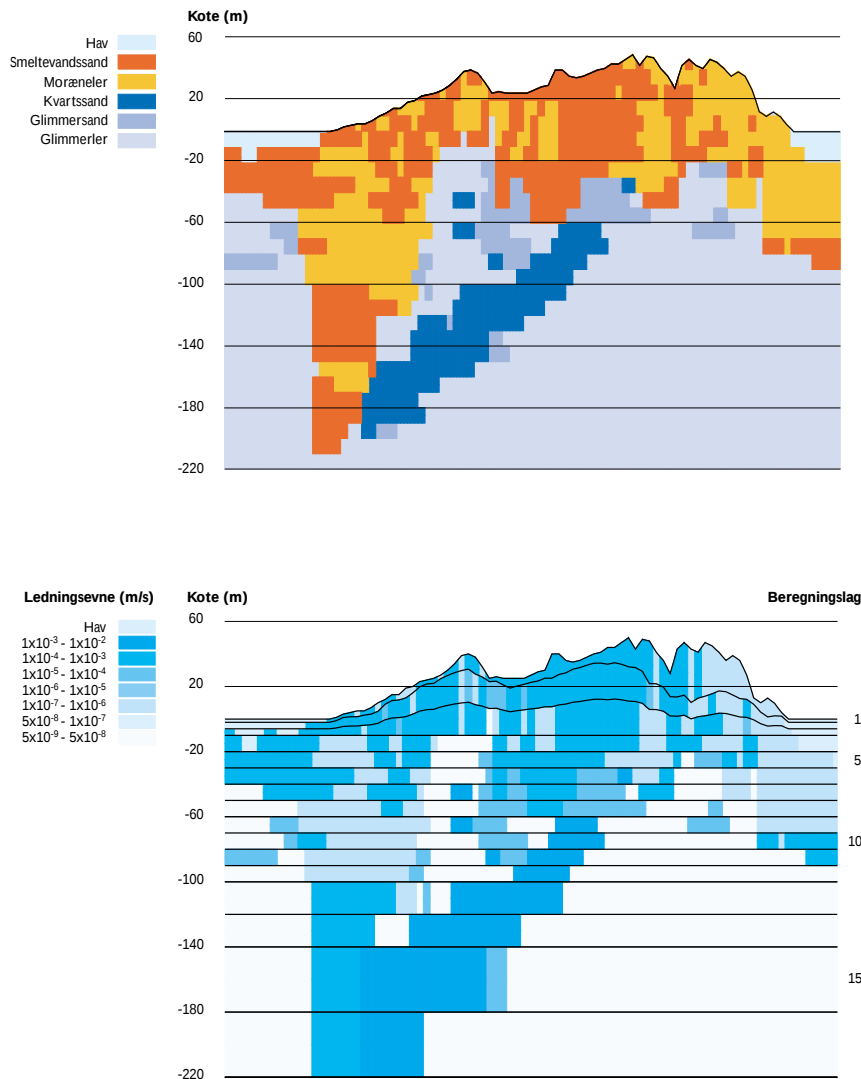


Fig. 6 Numeriske grundvandsmodeller har begrænsninger i deres anvendelse som følge af at de repræsenterer en forenkling af det virkelige fysiske system. DK-modellen for Sønderjylland er opbygget som en 3D grundvandsmodel i MIKE SHE med i alt 16 beregningslag koblet til en MIKE 11-vandløbsmodel. Den hydrogeologiske model er tolket i 10 m dybdeintervaller i et 1 x 1 km netværk i ArcView ud fra boreringsoplysninger i Jupiter. For at sikre en metodemæssig stringens og gennemskuelighed i DK-modellen (omkring grundlaget for modelverifikation, -kalibrering, -validering og -anvendelser, herunder ikke mindst om usikkerheder og begrænsninger i modelgyldighed), anvender GEUS invers modellering (U-code) til finkalibrering af de enkelte delområder og til vurdering af usikkerheder på de estimerede hydrauliske parametre. Øverst er vist et tværprofil gennem modelområdet (placering se figur 5 øverst) med drikkevandsområder med resultatet af tolkningen af den hydrogeologiske model i 5 hovedtyper.

Nederst er vist opdelingen af DK-modellen i 16 beregningslag og beregnet horisontal hydrauliske ledningsevne (vandføringsevne) bestemt ud fra geometri og parametre.

Ved den inverse modellering bedømmes hvilke kombinationer af parametre, der giver den bedste overensstemmelse mellem simuleret og observeret trykniveau og flow i grundvandsmodellen, samtidig med at størrelsen af usikkerheder på de udvalgte parametre kan bestemmes.

Anvendelsen af disse metoder har til formål dels at give større sikkerhed med aldersbestemmelse af ungt grundvand (< 50 år), dels at kunne aldersbestemme det noget ældre vand (50 – 35.000 år) og det helt gamle vand (>35.000 år).

En kombineret anvendelse af flere metoder giver i mange situationer mulighed for at påvise blanding af vandtyper og bestemmelse af præferentiel strømning i f.eks. sprækket kalk og moræner og kan desuden bruges ved kontrol af pålideligheden af aldersbestemmelserne.

Anvendelse af modelleringsteknikker er helt central for at kunne sætte tal på (kvantificere) vandtransporten i jord, hvilket muliggør en mere kvalificeret rådgivning af vor omverden (offentlige og private instanser).

I forlængelse heraf har miljøministeriet udtrykt forventning om, at GEUS påtager sig rollen som ministeriets videntcenter mht. grundvandsmodellering. Målet er derfor at opbygge og vedligeholde en tilstrækkelig indsigt i de forskellige modeltypers funktion og anvendelsesområde, hvor fokus er på analyse af eksisterende modellers funktionsdygtighed,

parametergrundlag og kalibrering. Denne del skal ske i samarbejde med eksterne partnere.

GEUS benytter primært modeller som fortolkningsværktøjer for at opnå bedre indsigt om sammenhænge og transport i de geologiske systemer. Desuden anvender GEUS modeller i et vist omfang til fremskrivninger af mulige udviklinger.

Generelt har GEUS inden for strømningsmodellering under såvel mættede som umættede forhold den fornødne ekspertise. For at forbedre parameterestimering, herunder mulighederne for at identificere og klassificere hydrauliske enheder, er der en indsats i gang med anvendelse af inners modellering.

Det tilstræbes også at opnå tilstrækkelig indsigt om grænsefladen mellem umættet og mættet zone; mellem mættet zone og vandløb og om grænsefladen mellem jordoverfladen og atmosfæren (klimamodeller).

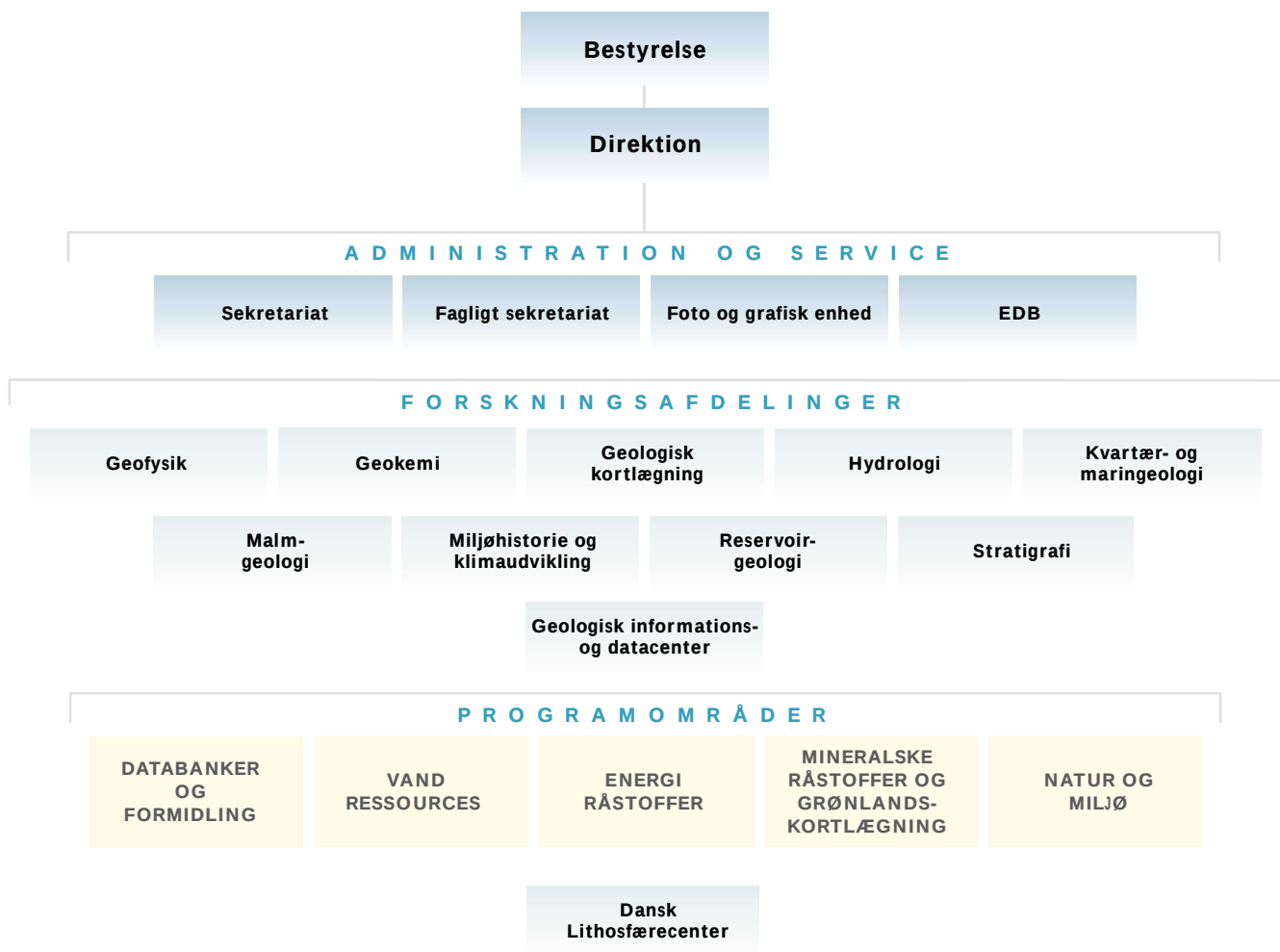
Desuden arbejdes der på at få mere viden om 3D strømning i umættet zone og sprækketransport i mættet zone, herunder specielt i kalkbjergarter. For at

kunne foretage mere kvalificerede analyser af transport og spredning af stoffer, herunder brug af partikelbane modeller, arbejdes der på at forbedre den kvantitative beskrivelse af strømningsfeltet som funktion af skalaforholdene.

Med hensyn til de stofspecifikke forhold arbejdes der med en forståelse og beskrivelse af processerne (specielt pesticider), og det tilstræbes at kvantificere og omsætte dette i en modelmæssig sammenhæng. I første omgang vil målet være at kunne foretage en forenklet beskrivelse af det naturlige geokemiske miljø og dets dynamiske udvikling.

Det uorganiske geokemiske miljø, specielt redoxzonerne, er af afgørende betydning for transport og nedbrydning af forurenende stoffer samt for korrektion af dateringsresultater. Anvendelsen af geokemiske modeller bør derfor inddrages som et væsentligt redskab ved bedømmelsen af det uorganiske grundvandsmiljø.





GEUS' ORGANISATION



GEUS var i 1999 organiseret med ti forskningsafdelinger og fire administrative/serviceafdelinger. Derudover er Dansk Lithosfærecenter(DLC) administrativt tilknyttet GEUS.

Det faglige arbejde foregår på 5 programområder, hvor opgaverne løses i større eller mindre projektgrupper, som ofte bemandes på tværs af GEUS' afdelingsstruktur.

Projektstrukturen betyder at medarbejdere fra flere forskningsafdelinger normalt deltager i samme projekter og er således medvirkende til at udvikle såvel det faglige som det sociale miljø.

Ved årsskiftet 1999-2000 blev det faglige direktionssekretariat nedlagt og midlertidigt lagt under det administrative sekretariat, indtil der i det nye år oprettes en ny Informationsenhed, hvor også "Foto og grafisk enhed" vil blive placeret.

Der kan læses mere om organisationen på GEUS' internet-sted (www.geus.dk) og i beskrivelsen af afdelingernes arbejdsopgaver på side 99 i nærværende årsberetning.



GEUS' BESTYRELSE

Anne Marie Nielsen, bestyrelsesformand (til 9/10-99),
adm. direktør, cand.polit.

Per Buch Andreassen, bestyrelsesformand (fra 1/1-2000),
adm. overlæge, dr.med., Københavns Amts Sygehus i Gentofte,

Anders Bækgård, konstitueret bestyrelsesformand
(fra 9/10 til 31/12-1999),
direktør, civilingeniør, Danske Vandværkers Forening.

Ole Christiansen, vicedirektør, cand.jur.,
Skov- og Naturstyrelsen

Else Marie Friis, professor, lic.scient.,
Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm

Kirsten Friis, laboratoriefuldmægtig,
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Martin Heinesen, afdelingsleder, cand.scient.,
Naturhistorisk Museum, Tórshavn

Jesper Hermansen, underdirektør, cand.jur.,
Miljøstyrelsen

Jørgen Høy, direktør,
Dansk Olie og Naturgas A/S

Hans Kristian Schönwandt, direktør, mag.scient.,
Råstofdirektoratet, Nuuk, Grønland

Peter Helmer Steen, vicedirektør, akademiingeniør,
Energistyrelsen

Lars Stemmerik, seniorforsker, ph.d.,
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

Finn Surlyk, professor, dr.scient.,
Københavns Universitet

Suppleanter:

Arni Olafson, konsulent, cand.polit.,
(suppleant for Martin Heinesen)

Hans Kristian Olsen, chefgeolog, cand.scient.,
(suppleant for Hans Kr. Schönwandt)

På billedet ses forskellige former for energi. Rapsplanterne opbygger biobrændsel ved hjælp af solenergi og vindmøllerne producerer elektrisk energi med vinden.

GEUS har været involveret i spørgsmål vedrørende tilvejebringelse af energiråstoffer især fra den danske undergrund (olie og gas i Nordsøen). Men også forbrændingsteknologiske studier af f.eks. kul og biobrændsler samt bedømmelse af muligheden for udnyttelse af geotermisk energi i undergrunden har været væsentlige opgaver.



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt



ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

GEUS' LEDELSE

DIREKTION:

Martin Ghisler, administrerende direktør

Johnny Fredericia, vicedirektør

Kai Sørensen, vicedirektør

ADMINISTRATION OG SERVICE:

Erik Stenestad, chefgeolog, direktionskonsulent

John Tychsen, systemeksportkonsulent til 15/11-99

Niels Peter Christensen, chefkonsulent fra 1/11-99

Ole Bjørn Hansen, kontorchef, Sekretariatet

Arne Dinesen, chefgeolog, Fagligt direktionssekretariat

Henrik Klinge Pedersen, Foto og grafisk enhed

Sten Troelstrup, EDB-chef

FORSKNINGSAFDELINGER:

Richard Bradshaw, statsgeolog,

Miljøhistorie og Klimaudvikling

Niels Peter Christensen, statsgeolog,

Reservoirgeologi til 31/10-99

Flemming Getreuer Christiansen, statsgeolog,
Stratigrafi

Peter Gravesen, statsgeolog,

Kvartær- og Maringeologi

Niels Henriksen, statsgeolog,

Geologisk Kortlægning

Finn Nyhuus Kristoffersen, databankchef,

Geologisk Information og Datacenter

Bo Lindhardt, statsgeolog,

Geokemi fra 1/3-00

Bjarne Madsen, statsgeolog,

Hydrologi

Jens Jørgen Møller, statsgeolog,

Geofysik

Per Rosenberg, konstitueret statsgeolog,

Geokemi fra 1/11-99 til 29/2-00

Erik Thomsen, statsgeolog,

Geokemi til 31/10-99; Reservoirgeologi fra 1/11-99

Leif Thorning, statsgeolog,

Malmgeologi

Kæmpehøj nær Tørring i det Midtjyske Søhøjland.
Disse imponerende fortidsminder fortæller om menneskelig foretagsomhed for tusinder af år siden. Foruden arkæologiske vidnesbyrd rummer kæmpehøjen oplysninger om tidligere tiders miljøhistorie; især omkring det tidspunkt, hvor højen blev rejst. Ved hjælp af geologiske metoder kan bl. a. omegnens klimaudvikling og vegetationehistorie udredes.





ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt

GEUS' AFDELINGER

I dette afsnit bringes en kort karakteristik af GEUS' organisatoriske enheder og arbejdsopgaverne i de enkelte enheder. Beskrivelsen er opdelt i to dele; først omtales ADMINISTRATION OG SERVICEENHEDERNE, og derefter FORSKNINGSAFDELINGERNE. Bortset fra Direktionen der nævnes først, er enhederne omtalt i alfabetisk rækkefølge. Organisationsdiagrammet findes på side 92.

ADMINISTRATION OG SERVICE:

DIREKTION

Martin Ghisler,
Administrerende Direktør
Kai Sørensen,
Vicedirektør
Johnny Fredericia,
Vicedirektør
Maj-Britt Liljensøe,
Kontorfuldmægtig
Helle Dybdal Pedersen,
Kontorfuldmægtig
Gitte Linder Rasmussen
Kontorfuldmægtig

ADMINISTRATIVT SEKRETARIAT

Økonomi- og personalechef Ole Bjørn Hansen
Arbejdsområder:

Sekretariatet varetager fælles administrative opgaver for institutionen, herunder sekretariat for bestyrelsen og direktionen, udarbejdelse af finanslovsbidrag og virksomhedsregnskab, styring af interne budgetter, personaleadministration og -udvikling, regnskabs- og kassetjeneste og juridisk rådgivning mv. Under sekretariatet sorterer sikkerhedsorganisationen, betjent- og receptionsfunktion, journal og kantine, samt administration i forbindelse med elever og jobtilbudsordninger, kurser m.m.

EDB

IT-chef Sten Troelstrup

Arbejdsområder:

Afdelingen har ansvaret for opbygning, drift og videreudvikling af de centrale servere, netværket og udbuddet af fælles services og faciliteter som printere og plottere, for DBA-funkere og for anskaffelse og opsætning af pc'er, i nettet og som hjemmearbejdspladser. Afdelingen yder brugerstøtte og afholder interne brugerkurser indenfor dette område. Det overordnede formål er at sikre en sammenhængende, tidssvarende og brugervenlig IT-installation der er så robust som muligt både i drift og i relation til kapacitetudvidelser og muligheden for at tilføje nye systemer og anvendelser, hvad enten det drejer sig om geologiske databaser, GIS-værktøjer, analyse- og tolkningsprogrammer, administrative løsninger og andet.

Afdelingen varetager GEUS' interesser i udformningen og realiseringen af Miljø- og Energiministeriets fælles IT-strategi, herunder PEA-projektet.

FAGLIGT DIREKTIONSSEKRETARIAT

Chefgeolog Arne Dinesen

Arbejdsområder:

Sekretariat for institutionens direktion i faglige anliggender, herunder bistand og redaktionelt arbejde ved udarbejdelse af arbejdsprogram, årsberetning, publikationskatalog, projektkatalog og informationsblad. Koordinering af kvalitetsstyring af GEUS' produkter, samt varetagelse af udvalgte internationale aktiviteter. Sekretariatet blev nedlagt pr. 1. januar 2000 og blev midlertidigt lagt ind under det administrative sekretariat. I løbet af 2000 bliver der oprettet en informationsenhed, som foruden det tidligere faglige direktionssekretariat skal rumme Foto og grafisk enhed.

Parti fra Grejsdalen i Østgrønland. På billedet ses nederst kaledonisk granit (ca. 425 mio. år gammel) intrudere "Eleonoran Bay Supergroup" sediment (600-700 mio. år gamle).

FOTO OG GRAFISK ENHED

Tegnestueleder Henrik Klinge Pedersen

Arbejdsområder:

Grafisk tjeneste, herunder tegnestuefunktioner med DTP, video, multimedia og fotolaboratorium.

I løbet af 2000 bliver denne enhed lagt ind under en planlagt, ny informationsenhed, sammen med det tidligere Faglige direktionssekretariat.

FORSKNINGSAFDELINGER

GEOFYSIK

Statsgeolog Jens Jørgen Møller

Arbejdsområder:

Afdelingen er primært engageret i løsning af geologiske opgaver inden for programområdet energiråstoffer. Arbejdet omfatter deltagelse i forskningsprojekter (nationale såvel som internationale), kortlægning og udredning til brug for statslige styrelser samt kontraktopgaver især for olieselskaber. De fleste projekter, hvor afdelingens professionelle stab indgår, er multidisciplinære i angrebsvinkel. Til brug for tolkning af 2D & 3D refleksionsseismik råder afdelingen over otte Landmark arbejdsstationer. En række avancerede modellerings- og kortlægningsprogrammeller anvendes i forbindelse med efterforskningsopgaver og kortlægning af olie/gasfelter m.v., herunder software til basinmodellering, seismisk modellering og processing.

GEOKEMI

Statsgeolog Erik Thomsen (til 31/10-99)

Konstitueret statsgeolog Per Rosenberg (til 29/2-00)

Statsgeolog Bo Lindhardt (fra 1/3-00)

Arbejdsområder:

Afdelingens arbejdet omfatter undersøgelse af materialer og kemiske processer mellem jord- og vandfase i den umættede zone og i grundvandszonen, såvel naturlige processer som processer forårsaget af menneskelig aktivitet (forurening m.v.). Endvidere organokemiske undersøgelser af kulbrinter

og kildebjergarter for olie og gas samt forbrændingsteknologiske undersøgelser.

Undersøgelserne udføres dels med forskningsformål dels som anvendte undersøgelser af miljø-, energi- og råstofferhold for offentlige myndigheder og private. Afdelingen forestår driften af avancerede laboratorier indenfor vandressourceområdet (grundvandsdatering, mikrobiologi, molekylær biologi og miljøkemi) og oli/gas området (organisk geokemi, petrologi og SEM-EDX).

Afdelingen administrerer hydrokemiske og geokemiske databaser, og der rådgives om geokemiske forhold.

GEOLOGISK INFORMATION OG DATACENTER

Databankchef Finn Nyhuus Kristoffersen

Arbejdsområder:

Afdelingen er ansvarlig for institutionens databankvirksomhed vedrørende geologiske basisdata og har derigennem et tæt samarbejde med institutionens øvrige videnskabelige afdelinger som datamodtager, dataorganisator og dataleverandør. De centrale arkiver og prøvemagasiner rummer alle gængse datatyper fra olie/gas aktiviteter inden for rigsfællesskabet mellem Danmark, Grønland og Færøerne, maringeologiske data, samt oplysninger indsendt i henhold til råstof- og vandforsyningsloven. Endvidere varetages udstillingsvirksomhed og bibliotekstjeneste (søgning, udlån, udsendelse). Afdelingen formidler information og data til såvel interne brugere som olieselskaber, universiteter, amter m.v. Afdelingen har i den sammenhæng specialiseret sig i reproduktion af data, senest i effektiv overførsel af digitale data imellem forskellige medier.

GEOLOGISK KORTLÆGNING

Statsgeolog Niels Henriksen

Arbejdsområder:

Afdelingen udfører geologisk kortlægning med tilhørende geovidenskabelige undersøgelser i Grønland.

Der arbejdes med:

1) regionalgeologisk kortlægning i 1:500.000 til oversigtsformål,

2) basal kortlægning i 1:100.000 over områder, der har særlig interesse for råstofeftersøgning eller har specifik forskningsmæssig relevans, og

3) geologiske specialundersøgelser med bl.a. kort i varierende skala fra 1:250.000 til 1:20.000.

Ennemæssigt spænder afdelingens arbejde vidt, idet der foretages undersøgelser i prækambriske grundfjeldsområder, i proterozoiske til palæozoiske bassinområder, i palæozoiske foldebælter og i mesozoiske til tertiære sediment- og basaltområder. En væsentlig del af arbejdet er baseret på et videnskabeligt samarbejde med en række danske og udenlandske geologiske institutioner, hvis medarbejdere deltager i feltarbejdet og oparbejder materiale indsamlet i forbindelse hermed.

GEUS' tyndslibslaboratorium samt laboratoriet for bjergarts-kemiske analyser er placeret i afdelingen. Afdelingens flyfotolaboratorium foretager udtegnings af geologiske og topografiske kort efter flyfotos på fotogrammetrisk grundlag. Afdelingen varetager den overordnede administrative koordinering af feltarbejdet på Grønland og forsyner ekspeditionerne til Grønland med feltudrustning.

HYDROLOGI

Statsgeolog Bjarne Madsen

Arbejdsområder:

Afdelingen arbejder med vidensopbygning og rådgivning indenfor de dele af det hydrologiske kredsløb, der vedrører forvaltning af vandressourcerne. Hovedvægten er lagt på grundvandet og dets samspil med overfladevandssystemerne, men også isdækkede områder og deres betydning for smel-

tevandsafstrømningen og klimaets udvikling indgår i afdelingens arbejde.

En væsentlig del af arbejdet vedrører beskyttelse og udnyttelse af ferskvandsressourcerne, herunder undersøgelse og beskrivelse af de mekanismer og processer, der er af betydning for grundvandets strømningsforhold. Det gælder forekomst og mængde samt transport og spredning af opløste stoffer. Mere specifikt arbejder afdelingen med opgaver inden for områderne grundvandsindvinding og ressourcevurdering, grundvandsbeskyttelse og grundvandsrestaurering samt overvågning. Dette omfatter bl.a. analyser af grundvandsressourcens størrelse og kvalitet på regionalt niveau gennem systematiske målinger og modellering. I forbindelse hermed varetager afdelingen GEUS' fagdatacenter funktion vedrørende det nationale overvågningsprogram på grundvand. Desuden udvikles og opstilles der i øjeblikket en vandressourcemodel for hele landet, hvis formål primært er at beregne variation og udvikling i vandressourcens fordeling på regionalt og nationalt niveau som følge af ændringer i arealanvendelse, nedbør og vandindvinding.

På det glaciologiske område udfører afdelingen forskning inden for masse- og energibalancer for gletschere samt gletscherdynamik og hydrologi. Arbejdet omfatter tillige palæoklimatiske undersøgelser og kortlægning af gletscherændringer med henblik på en bedømmelse af havspejlet under ændrede klimatiske forhold. Afdelingen driver og udvikler en national database for indlandsisen i Grønland. Database anvendes til udvikling af regionale modelberegninger, bl.a. til brug i globale atmosfæremodeller. En væsentlig side af de glaciologiske aktiviteter er knyttet til vandkraftplanlægning og -udnyttelse.

På grundlag af den opbyggede viden yder afdelingen rådgivning til offentlige og private rekvirenter i både ind- og udland. Det gælder bl.a. danske og internationale bistandsopgaver i Østeuropa og Den Tredje Verden samt Grønlands Hjemmestyre i vandkraftspørgsmål.

Opgaverne løses med anvendelse af en række værktøjer, der til stadighed vedligeholdes og udvikles og omfatter følgende:

Modelleringsteknikker, aldersbestemmelse og sporstofmålinger, geofysiske målemetoder (boreholslogs), hydrauliske testmetoder, samt remote sensing teknikker.

En væsentlig del af afdelingens aktiviteter er knyttet til forsknings- og udviklingsprojekter inden for de nævnte områder i tæt samarbejde med danske og udenlandske forskningsinstitutioner og ved deltagelse i nationale og internationale forskningsprogrammer inden for klima og miljø. Fra 2000 er glaciologien og klimaforskning overført til afdelingen for Miljøhistorie og klimaudvikling.

KVARTÆR- OG MARINGEOLOGI

Statsgeolog Peter Gravesen

Arbejdsområder:

Afdelingen arbejder med videnskabelige undersøgelser inden for kvartærgeologi, herunder kvartær stratigrafi og jordbundsforhold. Afdelingen udfører geologisk, hydrogeologisk og råstofgeologisk kortlægning, herunder undersøgelse af specielle råstoffer f.eks. moler, tungsand og ler, samt praktisk geologiske undersøgelser bl.a. for private. Arbejdet omfatter desuden ingeniørgeologiske undersøgelser i forbindelse med større anlægsarbejder, og geologisk rådgivning over for råstof-erhvervet og offentlige myndigheder i råstof- og frednings-spørgsmål. Afdelingen driver Vandressourcearkivet og Drikkevandsregisteret med bl.a. drikkevandsanalyser.

Oplysningerne i afdelingens arkiver og registre indgår i Fagdatacenteret for Boring- og Grundvandsdata – et af de fagdatacentre, som bl.a. står til rådighed for Miljøstyrelsens overordnede administration af vandhusholdningen. Arkiver og registre udgør samtidig det Nationale Referencecenter for Grundvand, der er en del af det danske netværk under Det Europæiske Miljøagentur. Konsulenttjenesten, som er offentlighedens indgang til geologisk rådgivning på GEUS, sorterer også under afdelingen. Afdelingen varetager den overordnede koordinering af institutionens anvendelse af Geografiske Informations Systemer (GIS) og rummer et "GIS laboratorium", der virker i samarbejde med ministeriets øvrige styrelser.

Afdelingen varetager det Nationale Referencecenter for Jord og deltager i det Europæiske Temacentrum for Jord under Det Europæiske Miljøagentur samt i Dansk F&U Center for Jordrensning, der er et samarbejde mellem 5 forskningsinstitutioner og 4 industrielle partnere.

Inden for maringeologi udføres, bl.a. som støtte for Skov- og Naturstyrelsen, kortlægningsopgaver med henblik på lokalisering af sømaterialer til byggeindustrien og afdelingen deltager i videnskabelige maringeologiske projekter i danske farvande og i farvandene omkring Færøerne og Grønland. Endvidere varetager afdelingen arbejdet med overvågning af sedimentforholdene i Øresundsområdet i forbindelse med bygningen af den faste forbindelse over Øresund.

MALMGEOLOGI

Statsgeolog Leif Thorning

Arbejdsområder:

Afdelingens hovedopgave er at varetage institutionens indsats vedrørende mineralske råstoffer i Grønland. Denne indsats har de senere år været præget af et klart politisk ønske om igen at gøre minedrift til et væsentligt fundament for samfundsøkonomien og velfærdsudviklingen i Grønland. Strategien for forskning og udvikling inden for mineralområdet i Grønland er tostrengt, idet den dels skal fremme indsamling og bearbejdning af geodata med henblik på at opbygge viden af væsentlig betydning for vurderingen af et områdes mineralpotentiale, og dels skal muliggøre anvendelse af denne viden til at afgrænse og karakterisere Grønlands mineralprovinser. Det er målet at indsamle og sammenstille tidssvarende geologiske, geofysiske, geokemiske data samt flere andre typer observationer over udvalgte områder med henblik på samtidig at forbedre grundlaget for mineindustriens efterforskning i disse områder.

Sideløbende hermed gennemføres en målrettet udvikling af relevante metoder vedrørende bearbejdning, forståelse og udnyttelse af de forskellige typer data. Tidens generelle udviklingstendens mod stadig mere IT-baserede metoder til sammenstilling, analyse og præsentation af store komplicerede

de datamængder har stor indflydelse på de ovennævnte aktiviteter.

Afdelingen yder bistand til Råstofdirektoratet i Nuuk i forbindelse med efterforskning og udnyttelse af mineralforekomster, herunder bl.a. behandling af ansøgninger samt myndighedsbehandling af selskabernes aktiviteter, og er involveret i forskellige informationsaktiviteter rettet mod den internationale mineindustri. Afdelingen driver en række databaser og arkiver af interesse for mineindustrien, herunder et borekernearkiv, malmdatabase samt en database for LANDSAT billeder.

MILJØHISTORIE OG KLIMAUDVIKLING

Statsgeolog Richard Bradshaw

Arbejdsområder:

Afdelingen arbejder med naturlige og menneskeskabte miljøændringer i kvartærtiden særlig med hensyn til udviklingen i de sidste 15.000 år. Klimaændrings baggrund og effekt på miljøet undersøges ved analyse af bløde sedimenter fra havbund, søer og moser i hele det nordatlantiske område. Arbejdet omfatter tillige undersøgelse af udvikling af natur- og kulturlandskaber, arealanvendelse, ændringer i vandmiljøet, naturskovens langtidsdynamik og forureningspåvirkning i søer. Derudover ydes rådgivning vedrørende naturovervågning, klima, kulturmiljø, skovdrift, anlægsarbejder og kriminaltekniske undersøgelser. Fra 2000 er glaciologien og klimaforskning overført til afdelingen.

RESERVOIRGEOLOGI

Statsgeolog Niels Peter Christensen (til 31/10-99)

Statsgeolog Erik Thomsen (fra 1/11-99)

Arbejdsområder:

Afdelingen varetager udredningsarbejde for det danske tilsyn med olie- og naturgasbevillinger. I den forbindelse udføres rådgivning vedrørende reservoirstørrelse, reservoirregenskaber og indvindelige olie/gas mængder. Desuden deltager afdelingen i vurderingen af dybtliggende energilag i salthorste og sandlag, samt af mulighederne for underjordisk af-

faldsdeponering. I afdelingen gennemføres en række forskningsprojekter inden for kalkbjergarternes geologi og reservoirsimuleringsteknik sat i relation til struktur og sprækkeudvikling. Desuden forskes der i mulighederne for, at lagre store mængder CO₂ fra naturgasproduktion og kraftværker i porøse dybtliggende sandlag. Under afdelingen sorterer et Kerneanalyaselaboratorium, som udfører konventionelle og specielle analyser for såvel institutionen som eksterne kunder.

STRATIGRAFI

Statsgeolog Flemming Getreuer Christiansen

Arbejdsområder:

Afdelingens hovedopgave er at analysere og beskrive den geologiske udvikling af sedimentbassiner i og omkring Danmark, Grønland og Færøerne. Dette udføres ved hjælp af sedimentologiske, biostratigrafiske og strukturelle analyser af sedimenter, med det sigte at beskrive deres fordeling i rum og tid, samt deres aflejringssmiljø. Frem for alt udføres arbejdet for at klarlægge de geologiske forudsætninger for olie- og gasforekomster i Danmark, Grønland og på Færøerne, men afdelingen udfører også projekter i udlandet. I praksis udføres dette arbejde tværfagligt i samarbejde med andre afdelinger dækkende en bred vifte af metoder, især sedimentologi, mikropalæontologi, palynologi, geokemi, seismik og anden geofysik, som kombineres i udarbejdelse af større bassinsynteser.

Afdelingen deltager i stort omfang i primær dataindsamling i Grønland i forbindelse med feltarbejde og borer med henblik på at vurdere efterforskningsmulighederne for olie og gas.

Rådgivning til Råstofdirektoratet i Nuuk vedrører især strategiovervejelser, tilladelsesvilkår, behandling af ansøgninger og myndighedsbehandling af selskabsaktiviteter. Endvidere deltager afdelingen i markedsføringen af olieefterforskningsmulighederne i Grønland, f.eks. ved udstillingsarrangementer i forbindelse med internationale møder, udsendelse af nyhedsbreve samt besøg hos olieselskaber.

GEUS, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, er en forsknings- og rådgivningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet.

Institutionen har som hovedopgave at varetage kortlægning og dataindsamling samt forskning, rådgivning og formidling med det sigte at forbedre kendskabet til materialer, processer og sammenhænge, der har betydning for nyttiggørelse og beskyttelse af geologiske naturværdier.

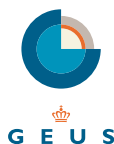
Blandt institutionens opgaver på miljøområdet kan nævnes forskning og rådgivning vedrørende miljøbeskyttelse, vandforsyning, råstofindvinding, naturbeskyttelse og klimaudvikling.

Tilsvarende bistår institutionen myndighederne i administrationen af lovgivningen om udnyttelse af forekomster i Danmarks og Grønlands undergrund, herunder i varetagelsen af statens tilsyn med efterforskning og indvinding af olie og naturgas m.m.

Desuden udfører institutionen i vidt omfang opgaver på kontraktvilkår.

I de forløbne år har institutionen publiceret en lang række kort og afhandlinger med resultaterne fra institutionens videnskabelige og praktiske virksomhed.

GEUS blev oprettet i 1995 ved fusion mellem Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU, oprettet 1888) og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU, oprettet 1946).





ÅRSBERETNING FOR 1999

Billede udeladt