

# Årsrapport for GeoFysikSamarbejdet 2010

## Indhold

<b>1. Indledning</b> .....	<b>1</b>
<b>1. 2010 i oversigtform</b> .....	<b>2</b>
1.1 GFS og andre forskningsprojekter.....	5
1.2 Ændringer i tidsplanen.....	6
1.3 Medarbejdere.....	6
<b>2. Emneområder i GFS</b> .....	<b>8</b>
2.1 Tabeloversigt over emneområder.....	8
2.2 Gennemgang af aktiviteter.....	8
<b>3. Publicerede rapporter og vejledninger</b> .....	<b>17</b>

**Bilag 1. Notat "Vedr. justering af årsprogram 2010 for GeoFysikSamarbejdet - Tiltag med særligt fokus på anvendelsen af geofysiske data i geologisk modellering"**

## 1. INDLEDNING

Nærværende rapport beskriver aktiviteter inden for GeoFysikSamarbejdet (GFS) i 2010.

GFS er et samarbejde mellem miljøcentrene i Danmark (By og Landskabsstyrelsen) og Geologisk Institut, Aarhus Universitet.

GFS er en vigtig partner i den kortlægning af de danske grundvandsressourcer som i øjeblikket udføres af miljøcentrene. GFS forestår intensiv efteruddannelse af medarbejdere hos rådgivere og miljøcentre, udvikling og forbedring af geofysiske metoder, udvikling af tolkningsalgoritmer, databaser til sikring af data osv. Endelig supporterer GFS de softwarepakker der står for al tolkning og indberetning til GERDA af Sky-TEM-, TEM-, PACES- og MEP-data i Danmark.

Samarbejdet er ligeligt finansieret mellem parterne.

Året har været domineret af en række store og omfattende projekter, hvoraf de væsentligste har været Aarhus Workbench udviklinger, afslutning af den store Himmerlandsundersøgelse og VTEM/SkyTEM-verificeringen på Aarhus teststed. Udover disse projekter blev årsprogrammet ændret væsentligt henover sommeren, da det blev klart, at der var behov for at kortlægningen skulle afvikles hurtigere og mere effektivt for at kunne overholde den overordnede tidsplan. GFS har udført en lang række optimeringer i forbindelse med data tolkning og indberetning af modeller til GERDA databasen.

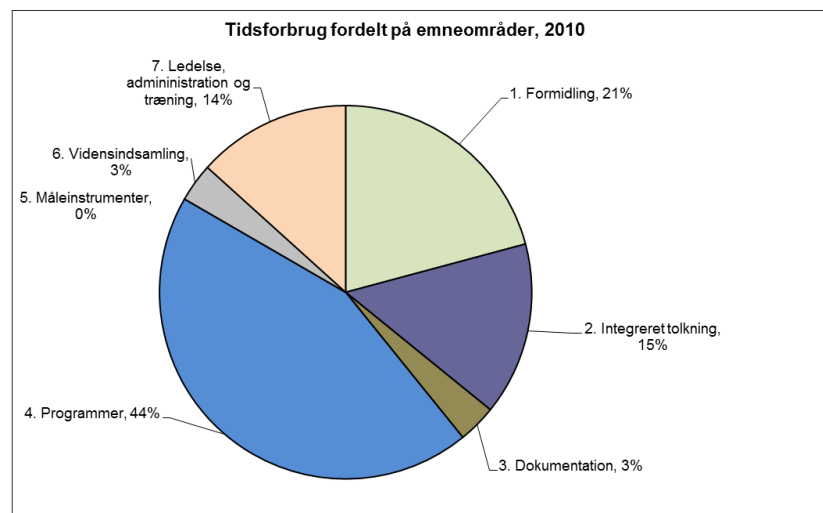
På vegne af GFS takker jeg for et godt og inspirerende samarbejde.

Århus d. 28.11.2010

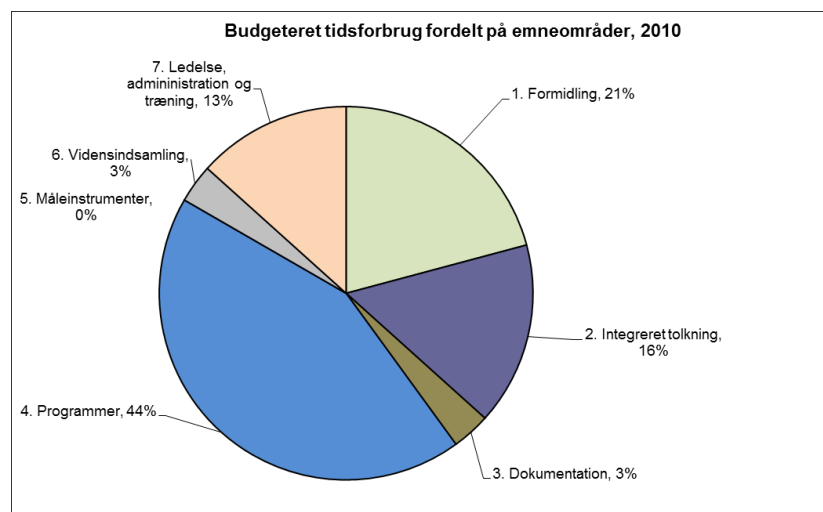
Esben Auken, lektor

## 1. 2010 I OVERSIGTFORM

GFS arbejder overordnet inden for syv emneområder. Af disse områder fylder kurser/formidling (område 1) og softwaredrift/-support og udvikling (område 4) hovedparten. Tidsforbruget i 2010 er opgjort for hvert emneområde og er vist skematisk i Figur 1. Til sammenligning viser Figur 2 det samlede budgetterede tidsforbrug for hele 2010, dog undtaget de ændringer der blev vedtaget på styregruppemødet i juni 2010 (herom mere senere) Det ses at den overordnede tidsplan er holdt, og at GFS, med mindre justeringer, har fulgt årsprogrammet.



Figur 1. Diagrammet viser fordelingen af tidsforbruget i de overordnede emneområder for 2010. Diagrammet er udarbejdet på baggrund af Tabel 1.



Figur 2. Diagrammet viser fordelingen af det budgetterede tidsforbrug i de overordnede emneområder for 2010. Diagrammet er udarbejdet på baggrund af Tabel 1.

### **Ny SkyTEM-vejledning og kravspecifikation**

Der er i vinteren 2010 udarbejdet en komplet revideret SkyTEM-vejledning, som indeholder detaljerede retningslinjer for dataindsamling, dataafrapportering, processering, inversion og afrapportering. Vejledningen indeholder bilag som detaljeret beskriver opsætningsparametre for SkyTEM-systemet og for hele processerings- og inversionsystemet i Aarhus Workbench. Endelig er der i juni måned udsendt et ekstra bilag der beskriver afleveringer af kortmateriale. Endnu en opdatering er udsendt i december med mindre præciseringer af enkelte afsnit.

Den nye vejledning er blevet godt modtaget, og der er udtrykt tilfredshed med at der nu endelig er detaljerede retningslinjer, som er relativt nemme at forholde sig til.

GFS har afholdt et møde i efteråret 2010 hvor GFS, sammen med rådgivere og få miljøcentermedarbejdere, gennemgik det overordnede indhold samt udpegede de vigtigste afsnit i vejledningen.

### **Geofysisk tolkning - SCI**

I foråret 2010 kunne GFS udsende den første egentlige version af Aarhus Workbench modulet til SCI-inversion af primært SkyTEM data. Denne teknik bruger en fuld tredimensional modelbeskrivelse. Det udviklede modul er avanceret og tillader at der kan inddrages information fra borerer direkte i tolkningen overalt i kortlægningsområdet. Startmodeller kan ændres direkte fra GIS-kortet, ligesom der er udviklet et system som gør det let at fremstille tematiske kort over vigtige parametre, så som flyvehøjde, residualer, antal datapunkter osv.

Der er anvendt en del tid på at stabilisere koden og tilpasse den til alle de undtagelser og finesser der er nødvendige for at tolke SkyTEM data med maksimalt udbytte. PACES- og MEP-data kan også inverteres med det nye modul.

### **Indberetning af data og tolkninger til GERDA**

Der er i efteråret 2010 lavet en særlig indsats for at få indberetning af data og modeller til at virke bedre. Dette har været en meget kompliceret sag, der har medført relativt store ændringer i GERDA-databasen såvel som i Workbenchen. Arbejdet er igennem hele forløbet koordineret tæt med GEUS.

I GERDA-databasen er der indføjet en række nye tabeller, der er lavet et meget stort oprydningsarbejde da en del data ikke var indberettet korrekt, og en ny stor GIS-baseret udsøgningsbrugerflade er under opbygning.

I Aarhus Workbench har det været nødvendigt at implementere den nye GERDA-standard og lave store ændringer i den måde hvorpå modeller indberettes, ligesom der er implementeret en helt ny forespørgsels- og tematiseringsfunktion.

Når de nye systemer tages i brug i december 2010, er det muligt at indberette alternative modeller for det samme datasæt, SCI-tolkninger kan indberettes, og GERDA databasen er blevet mere konsistent.

### **Kortlægningsdybde**

Beregning af kortlægningsdybde (DOI) er sat i produktion for både SCI- og LCI-tolkning. Dette indebærer ændringer rigtigt mange steder, og en del kode måtte omskrives helt.

DOI beregnes nu automatisk efter inversion af data og gemmes i GERDA. DOI kan vises på de nye profiler og er også ført videre til de dele af koden hvor der fremstilles tematiske kort.

Teknisk set har GFS udviklet en algoritme der beregner den såkaldte følsomhedskerne. Følsomhedskernen udtrykker hvor meget en lille ændring i den elektriske modstand i et tyndt lag har indflydelse på hvor meget der vil blive målt med den pågældende geofysiske metode. Ved at dele modellen op i mange tynde lag, ændre modstanden i lagene én efter én og plotte ændringen i det målte respons, fås en graf - følsomhedskernen - der viser hvilke dele af modellen der har stor og hvilke der har lille indflydelse på det målte respons. Undersøger man grafen fra overfladen og nedefter, kan der defineres et tal for hvornår ændringer i modstanden ikke længere har signifikant indflydelse på målingen - dette er kortlægningsdybden.

DOI-konceptet virker nu og bidrager med væsentlig information når de geofysiske modeller føres over i de geologiske modeller. Uden DOI-beregningen kan man godt få et indtryk af kortlægningsdybden, hvis man er ekspert, men med DOI er der et håndfast tal der viser hvor dybt der som minimum kortlægges.

### **VTEM/SkyTEM verificering på Aarhus teststed**

Miljøcentrene nedsatte i 2009 en arbejdsgruppe der skulle vurdere om VTEM-systemet kan levere data af tilstrækkelig god kvalitet i grundvandskortlægningen til at det kan anvendes i Danmark. Systemet var foreslået af COWI som et prisbilligt alternativ til SkyTEM.

Da VTEM-systemet ikke kan måle mens det hænger stille over et enkelt punkt, var det nødvendigt at måle jordbaserede TEM-sonderinger på to linjer der krydser det oprindelige teststed. SkyTEM- og VTEM-systemerne blev efterfølgende fløjet gentagne gange i fuld funktion i forskellige flyverhøjder over disse linjer.

GFS har udført sammenligningen af SkyTEM- data og jordbaserede data. Data sammenligner overordentlig godt. Endvidere repeterer SkyTEM data godt for de gentagne flyvninger.

Der er foretaget afrapportering af de jordbaserede TEM-målinger på Aarhus teststed og lavet sammenligning mellem de jordbaserede målinger og SkyTEM-målinger samt en testkortlægning ved Struer.

## **SkyTEM og sårbarhedskortlægning**

Med de mange nyudviklinger af SkyTEM-metoden og den tilhørende tolkningssoftware har der været en del diskussioner om hvor god metoden er til opløsning af overfladenære lerlag. Denne diskussion er vigtig da disse lerlag yder beskyttelse mod nedsivning fra overfladen til underliggende grundvandsmagasiner. Kan kortlægningen foretages fra luften, er der i mange kortlægningsområder et mindre behov for at bruge de mere tidskrævende PACES- og MEP-metoder.

Aarhus Universitet og Miljøcenter Aalborg har gennemført et større samarbejdsprojekt med henblik på at undersøge netop denne problemstilling. GFS har bidraget med ressourcer til at udvikle nogle af de mere grundlæggende teknikker.

Resultaterne er meget overbevisende og viser generelt en god overensstemmelse mellem el-logs, lagfølgeboringer, PACES og SkyTEM, når man tager metodernes forskellige kortlægningsvoluminer og -parametre i betragtning. Den overordnede konklusion er at SkyTEM, med visse forbehold, kan anvendes ved kortlægning af sårbarhed, også når det gælder de mere terrænnære forhold, hvor PACES og MEP normalt har været de dominerende metoder.

Der er udarbejdet en GFS rapport for projektet der forventes at udkomme i januar 2011.

## **Kurser**

GFS har afholdt en række efteruddannelseskurser for miljøcentermedarbejdere og rådgivere i brugen af Aarhus Workbench, SCI-inversion og SkyTEM-processering og inversion. For yderligere at understøtte arbejdet har der også været arrangeret erfaringsudvekslingsmøde vedr. SCI-tolkning.

Alle disse kurser har været velbesøgte og er med til at sikre at tilstrækkeligt mange medarbejdere, såvel hos rådgiverne som hos miljøcentrene, har de rette kompetencer til at gennemføre store og komplicerede kortlægninger.

## **1.1 GFS og andre forskningsprojekter**

Gennem Geologisk Institut har GFS, og dermed miljøcentrene, direkte adgang til resultaterne fra en række andre forsknings- og udviklingsprojekter. Disse projekter er

- CLIWAT - et EU InterReg V projekt der undersøger klimændringer og dissers indflydelse på grundvandet. Projektets hjemmeside findes på [www.cliwat.eu](http://www.cliwat.eu)
- HOBE - et Villum Kahn Rasmussen støttet center der undersøger vandbalanceproblematikker. Projektets hjemmeside findes på [www.hobecenter.dk](http://www.hobecenter.dk)
- RiskPoint - et projekt finansieret af det Strategiske Forskningsråd, der skal udvikle et koncept til behandling af punktkilde-forureninger. Projektets hjemmeside findes på [www.risk-point.dk](http://www.risk-point.dk)
- NICA - et projekt finansieret af det Strategiske Forskningsråd. Projektet skal kvantificere udvaskningen af nitrat til åer og vandløb. Projektets hjemmeside findes på [www.nitrat.dk](http://www.nitrat.dk)

- CO2-GS - et projekt finansieret af det Strategiske Forskningsråd. Projektet skal undersøge effekten af opstigende CO<sub>2</sub> i grundvandet.
- KOMPLEX – et Geocenter Danmark projekt. Projektet omhandler kortlægning af komplekse geologiske strukturer
- Sheets modellering – et Geocenter Danmark projekt. Projektet skal udvikle en operationel inversionskode for mineraliseringer.
- Stokastisk modellering af geologiske strukturer – et Geocenter Danmark projekt. Projektet skal udvikle statistiske algoritmer til geologisk modellering

### 1.2 Ændringer i tidsplanen

I 2. halvår blev der foretaget en række ændringer på software udviklingsiden. Baggrunden herfor var at der i foråret 2010 blev gjort en særlig indsats for at identificere arbejdsgange som kunne indebære risiko for forsinkelse af den igangværende grundvandskortlægning, herunder mulige flaskehalse i relation til opstillingen af geologiske modeller.

Den nærmere implementering er beskrevet i notatet "Vedr. justering af årsprogram 2010 for GeoFysikSamarbejdet - Tiltag med særligt fokus på anvendelsen af geofysiske data i geologisk modellering". Ændringerne beskrevet i dette program blev vedtaget på GFS styregruppemødet i juni og indebar at bla. en PACES processering og udskiftning af GIS komponenten i Aarhus Workbenchen blev udsat til 2011.

### 1.3 Medarbejdere

GFS' aktiviteter er relateret til en del forskellige problemstillinger. For at kunne håndtere disse på den mest kvalificerede måde, er en større stab af medarbejdere til rådighed for samarbejdet. Medarbejderne er ikke fuldtidsansat i GFS, men inddrages i det omfang deres ekspertiser er nødvendige.

GFS inddrager såvel projektansatte som faste medarbejdere ved Geologisk Institut. Når de projektansatte medarbejdere ikke arbejder i GFS regi, arbejder de på andre af Institutets projekter og opgaver.

I 2010 har følgende medarbejdere arbejdet på GFS opgaver

Geofysikere:

- Prof. Kurt Sørensen, ph.d.
- Lektor Esben Auken, ph.d..
- Seniorforsker Anders Vest Christiansen, ph.d.
- Seniorgeofysiker Nikolaj Foged, cand.scient.
- Seniorgeofysiker Joakim Westergaard, cand.scient (ansat som resource person i en kortere periode) .
- Ph.d.-stud. Casper Kirkegaard, cand.scient.
- Fysiker Bjarke Roth, cand.scient.
- Postdoc Aurelie Legaz, ph.d.
- Postdoc Gianluca Fiandaca, ph.d.

Softwareudvikling:

- Philippe Gazoty, ingeniør
- Peter Mikkelsen, cand.scient.
- Rikke Jacobsen, cand.scient.

- Nora Zokaite, softwareingeniør

Sekretærer

- Lone Davidsen, BA/EA

Derudover er der til forskningsmiljøet knyttet en række bachelor-, speciale- og ph.d.-studerende samt eksterne konsulenter.

Glenn Vestergaard (softwareudvikler) fratrådte sin stilling i foråret 2010.

Dr. Aurelie Legaz og Dr. Gianluca Fiandaca er ansat i postdoc-stillinger og arbejder hovedsageligt med udvikling af metoder til måling og inversion af DC (MEP) og induceret polarisations (IP) data.

## 2. EMNEOMRÅDER I GFS

GFS arbejder inden for en række emneområder, som hver er inddelt i aktiviteter. Disse aktiviteter er beskrevet i det følgende.

### 2.1 Tabeloversigt over emneområder

Alle aktiviteter i GFS er opsummeret i Tabel 1. Tabellen viser syv emneområder, hver med en række aktiviteter. For hver af disse aktiviteter er der tre hovedkolonner: budgetteret tidsforbrug, faktisk tidsforbrug og % af faktisk tidsforbrug i forhold til budgetteret tidsforbrug. Disse tre kolonner er igen underinddelt i aktiviteter i de to halvår (1.1 - 30.6 samt 1.7 - 31.12), hvor tidsforbruget i måneder er angivet. %-kolonnen giver overblik over hvor der er afvigelser i det budgetterede tidsforbrug i forhold til det faktiske tidsforbrug. Nederst er der to rækker som opgør det samlede tidsforbrug i forhold til måltallene i samarbejdsaftalen for GFS. Endelig er der yderst til højre en kolonne med kommentarer.

Fordelingen mellem de overordnede emneområder er vist grafisk i Figur 2.

I Tabel 1 er der for overblikkets skyld indføjet et punkt der hedder "Brugerdefinerede Workbench-aktiviteter". Dette emneområde er ikke en del af samarbejdsaftalen for GFS, men relaterer sig til de separate samarbejdsaftaler der er indgået mellem Geologisk Institut og miljøcentre, GEUS og rådgivere.

### 2.2 Gennemgang af aktiviteter

I det følgende gennemgås i detaljer de aktiviteter GFS har arbejdet med i løbet af året.

*Tabel 1. Tabellen på den følgende side er en oversigt over timeforbruget for aktiviteter der arbejdes med i GFS i 2010. Budgettal er vist i anden hovedkolonne, mens det faktiske tidsforbrug er angivet i tredje kolonne.*

**Aktivitetsplan for GFS - 2010**

#	Beskrivelse	Budgetteret tidsforbrug						Faktisk tidsforbrug						Faktisk i forhold til budgetteret tidsforbrug					
		1. halvår		2. halvår		Total for året		1. halvår		2. halvår		Total for året		1. halvår		2. halvår		Total for året	
		AC	TEK	AC	TEK	AC	TEK	AC	TEK	AC	TEK	AC	TEK	AC	TEK	AC	TEK	AC	TEK
1,0	Formidling af geofysisk/geologisk/hydrogeofysisk/hydrogeologisk viden til miljøcentre og rådgivere i Danmark	4,50	2,00	4,50	1,50	9,00	3,50	4,50	2,00	4,00	2,00	8,50	4,00	100%	100%	89%	133%	94%	114%
1,0	Aktivitet	4,50	2,00	4,50	1,50	9,00	3,50	4,50	2,00	4,00	2,00	8,50	4,00						
2,0	Integreret tolkning af geologiske og geofysiske data	5,00	0,00	4,50	0,00	9,50	0,00	5,50	0,00	3,50	0,00	9,00	0,00	110%	0%	78%	0%	95%	0%
2,1	Kortlægning af overfladenære lerlag - generalisering af resultaterne fra Himmerlandsprojektet	5,00		3,50		3,50	0,00	1,50		2,00		3,50	0,00						
2,2	SKYTEM (VTEM) verificering på Aarhus teststed			1,00		1,00	0,00	4,00		1,00		5,00	0,00						
2,3	SSV					1,00	0,00	1,00	0,00	0,50		0,50	0,00						
2,4	Statistisk baseret estimering af geologiske modeller					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00						
3,0	Dokumentation og kvalitetssikring af geofysiske data	1,50	0,00	0,50	0,00	2,00	0,00	1,50	0,00	0,50	0,00	2,00	0,00	100%	0%	100%	0%	100%	0%
3,1	Up-to-date erfaringer og retningslinier for tolkning af SkyTEM data.	1,00				1,00	0,00	1,00		0,50		1,50	0,00						
3,2	Aarhus teststed	0,50		0,50		1,00	0,00	0,50		0,00		0,50	0,00						
4,0	Udvikling og vedligeholdelse af geofysiske tolkningsprogrammer	13,00	1,00	11,00	1,00	24,00	2,00	14,50	1,00	10,00	1,00	24,50	2,00	112%	100%	91%	100%	102%	100%
4,1	Inversionkoden emLidInv - drift og opdateringer			3,00		3,00	0,00	1,50				1,50	0,00						
4,2	Workbench - drift	4,00	1,00	4,00	1,00	8,00	2,00	4,00	1,00	4,00	1,00	8,00	2,00						
4,3	Workbench - KS af TEM-, SkyTEM- og PACES - rådataniveau	0,50				0,50	0,00	0,50				0,50	0,00						
4,4	Workbench - Spatial constrained inversion (SCI)			2,00		2,00	0,00	3,00				3,00	0,00						
4,5	Workbench - Revidering af GIS			2,00		2,00	0,00	2,00				2,00	0,00						
4,6	Workbench - Revidering af profifunktionalit	1,00				1,00	0,00	2,00				2,00	0,00						
4,7	Workbenchen - Fase 2 print-ready - profil tegning	1,00				1,00	0,00	1,00				1,00	0,00						
4,8	Workbenchen - PACES processing	6,00				6,00	0,00	6,00				6,00	0,00						
4,9	Workbenchen - Indtrængningsøvide (DOI)	0,50				0,50	0,00	2,00		6,00		2,00	0,00						
4,10	Geologiskmodel relaterede udviklinger - GERDA					0,00	0,00	2,00				8,00	0,00						
5,0	Udvikling af geofysiske måleinstrumenter og teknikker	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6,0	Indsamling af viden om geofysiske metoder og tolkning internationalt	1,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	100%	0%	100%	0%	100%	0%
	Aktivitet	1,00		1,00		2,00	0,00	1,00		1,00		2,00	0,00						
7,0	Ledelse, møder og administration	1,50	2,50	1,50	2,50	3,00	5,00	1,50	2,50	1,50	2,50	3,00	5,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7,1	Ledelse og administration	1,50	2,50	1,50	2,50	3,00	5,00	1,50	2,50	1,50	2,50	3,00	5,00						
7,2	Oplæring af ny software udvikler					0,00	0,00	0,00		0,00		0,00	0,00						
	Samlet tidsforbrug i perioden	26,50	5,50	23,00	5,00	49,50	10,50	28,50	5,50	20,50	5,50	49,00	11,00	108%	100%	89%	110%	99%	105%
	Måltal iflg. samarbejdsaftalen	24,00	6,00	24,00	6,00	48,00	12,00							119%	92%	85%	92%	102%	92%
	Brugerfinansieret Workbench aktiviteter	3,50	0,00	3,50	0,00	7,00	0,00	3,50	0,00	3,50	0,00	7,00	0,00	100%	0%	100%	0%	100%	0%
4.3a	Vedligeholdelse, opdatering og dokumentation af Workbench	3,50		3,50		7,00	0,00	3,50		3,50		7,00	0,00						

## **1. Formidling af geofysisk/geologisk/hydrogeofysisk/hydrogeologisk viden til miljøcentre og rådgivere i Danmark**

Aktiviteterne omfatter kurser, formidlingsaktiviteter, kontakter til rådgivere, møder samt publikationsvirksomhed. Aktiviteten er meget væsentlig i GFS, og den har derfor et forholdsvis stort tidsforbrug.

Ved de fleste møder som GFS har arrangeret eller deltaget i, er der afholdt et eller flere oplæg. En væsentlig del af tidsforbruget går til forbedring af disse oplæg eller forberedelse af kurser samt udarbejdelse af kursusmateriale.

GFS har deltaget i eller afholdt følgende møder:

- GERDA-møde, 28.04.2010, AU
- Aarhus Workbench følgegruppemøde, 28.04.2010, AU
- Kompetencenetværksmøde, Geofysik, 18.04.2010, GEUS
- GERDA-møde om modeller, GEUS-Grundvand, 23.04.2010
- GFS-styregruppemøde, 29.06.2010
- SCI-erfaringsudveksling, Orbicon, 01.07.2010
- GERDA-møde om modeller, GEUS-Grundvand, 23.09.2010
- GFS-styregruppemøde, ekstraordinært, 06.10.2010
- Workshop - hvad står der egentlig i den nye SkyTEM-vejledning? 08.11.2010 (aflysning af et tilsvarende møde 04.11.2010)
- Aarhus Workbench følgegruppemøde, 10.11.2010
- GERDA-brugergruppemøde, 10.11.2010
- Kompetencenetværksmøde, Geofysik, 16.11.2010,
- GFS-Styregruppemøde, 07.12.2010

Der har været afholdt følgende efteruddannelseskurser:

- Spatial constrained inversion (SCI), 02.06.2010
- Aarhus Workbench Intro, 24.02.2010
- Aarhus Workbench Update, 25.02.2010
- SkyTEM-processering og inversion, 17-18.06.2010
- Workshop - Aarhus Workbench update, 25.11.2010

Den 05.10.2010 afholdtes en stor temadag hvor resultater fra SkyTEM/VTEM-testen blev fremlagt sammen med resultater fra Himmerlandskortlægningen. Sidstnævnte fokuserede på sårbarhedskortlægning med SkyTEM.

Ud over formelle møder og efteruddannelseskurser anvendes der store ressourcer på dialog med miljøcentrene, GEUS og rådgiverne i forbindelse med tolkning af geofysiske data samt anvendelse og håndtering af instrumenter.

GFS har i november måned deltaget i to projektopstartsmøder. Det første møde var foranlediget af Miljøcenter Odense og var et SkyTEM-processeringsopstartsmøde med deltagelse af Orbicon, Grontmijer Carl Bro og Rambøll. Det andet møde var foranlediget af Miljøcenter Aalborg og initierede arbejdet med opbygningen af en geologisk model for Himmerlands kortlægningen. Cowi og Niras deltog i dette møde.

GFS' hjemmeside har fået nyt layout og er blevet gennemgribende opdateret. GFS' møder og kurser har fået en mere fremtrædende plads på

forsiden, en del sider har fået ny tekst, og det grafiske materiale er helt udskiftet. Endvidere har GFS fået mulighed for at benytte nogle værktøjer der er udviklet på Aarhus universitet, som gør håndtering af tilmeldinger til f.eks. kurser smidig og tidsbesparende både for dem der skal tilmeldes og for GFS. Arkivet over vejledninger, rapporter, kursusmateriale, rapporter, nyhedsbreve er blevet restruktureret og lettere at finde rundt i.

Der er udsendt en række nyhedsmails fra GFS med det formål at orientere medarbejdere i miljøcentrene og hos rådgiverne om emner som GFS har fokus på. Ud over disse mails udsendes der til stadighed information om rapporter, møder, efteruddannelseskurser etc.

### **2. Integreret tolkning af geologiske og geofysiske data**

Emnerne omhandler udvikling, implementering og afprøvning af koncepter til integreret tolkning af geologiske og geofysiske data.

#### **2.1 Kortlægning af overfladenære lerlag - generalisering af resultaterne fra Himmerlandsprojektet**

Geologisk Institut har sammen med Miljøcenter Aalborg lavet et udviklingsprojekt der søger at belyse i hvor høj grad SkyTEM data kan anvendes til kortlægning af overfladenære lerlag. Der er i projekt udviklet en metode der gør det muligt at anvende data til meget tidlige tider, og dermed opnå opløsning af den overfladenære geologi.

Resultaterne viser bla. at SkyTEM, med visse forbehold, kan anvendes til sårbarhedskortlægning, men giver også et indtryk af hvor stor geologisk variabilitet det er nødvendigt at indarbejde i de geologiske modeller.

Kortlægningen er en større SkyTEM-kortlægning, der er udført i forbindelse med miljøcenterets kortlægning af grundvandsressourcerne i Øst-himmerland. For at kunne belyse metodens anvendelighed til sårbarhedskortlægning, og dermed kortlægning af meget overfladenære lerlag, blev der yderligere målt fire PACES-linjer, hver med en længde på ca. 5 km. På disse linjer blev der boret 5 dobbeltboringer. Disse dobbeltboringer bestod af en lagfølgeboring og en el-log boring til 15 – 20 m under terræn. Datasættet giver en unik mulighed for at lave en kvantitativ vurdering af lagfølgebestemmelsen for SkyTEM.

Resultaterne fra kortlægningen var hovedpunkt på temadagen d. 05.10.2010. GFS er sammen med GEUS ved at udarbejde en rapport over projektet. Det forventes at denne rapport er færdig inden udgangen af 2010.

#### **2.2 SkyTEM (VTEM)-verificering på Aarhus teststed.**

GFS har målt en række jordbaserede TEM-målinger på Aarhus teststed samt processeret og behandlet SkyTEM-data som er målt sammenfaldende med de jordbaserede målinger. Dette er en del af et større projekt igangsat af miljøcentrene til belysning af hvorvidt VTEM-metoden kan anvendes som et prisbilligt alternativ til SkyTEM-metoden ved grundvandskortlægning i Danmark.

Som baggrund for verificeringen skrev GEUS et notat der opsummerer de krav der stilles til datakvaliteten for luftbårne TEM-systemer ved an-

vendelse til grundvandskortlægning i Danmark. Dette notat indeholder specifikke anvisninger for hvordan data skal sammenlignes på rådataniveau såvel som på modelniveau.

COWI forestår processeringen og behandlingen af VTEM-dataene, mens den endelige sammenstilling af resultaterne fra de to systemer foretages af den arbejdsgruppe der er nedsat af miljøcentrene med Jens Demant Bernth, Miljøcenter Ringkøbing, som formand.

Begge systemer blev yderligere anvendt i en 100 km testkortlægning ved Struer. SkyTEM-dataene fra denne kortlægning er også processe-ret og inverteret af GFS.

Der er foretaget afrapportering af de jordbaserede TEM-målinger på Aarhus teststed, af sammenligningen mellem de jordbaserede målinger og SkyTEM-målinger samt af testkortlægningen ved Struer. Disse tre rapporter findes på GFS' hjemmeside, mens data kan rekvireres ved henvendelse til GFS.

Resultaterne var et af de to hovedpunkterne på temadagen d. 05.10.2010.

### 2.3 SSV

Dette projekt er ikke programsat i 2010.

### 2.4 *Statistisk baseret estimering af geologiske modeller*

Dette projekt er ikke programsat i 2010. Det skal dog bemærkes at Geocenter Danmark har bevilget delvis finansiering til et udviklingsprojekt med samme overskrift. Det forventes at dette projekt vil begynde i starten af 2011 når der er ansat en ph.d.

## 3. Dokumentation og kvalitetssikring af geofysiske data

Emnet omfatter procedurer for indsamling, processering og tolkning af data. Dette foregår i nært samarbejde med miljøcentre og rådgivere for at opnå og sikre optimal data-, processerings- og tolkningskvalitet.

### 3.1 *Up-to-date erfaringer og retningslinier for tolkning af SkyTEM-data*

Denne aktivitet har til formål at videregive og dokumentere de erfaringer vedrørende behandling af SkyTEM-data der oparbejdes på Geologisk Institut.

Der er i 2010 udarbejdet en komplet revideret SkyTEM-vejledning, som indeholder detaljerede retningslinjer for dataindsamling, dataafrapportering, processering, inversion og afrapportering. Vejledningen indeholder bilag der detaljeret beskriver opsætningsparametre for SkyTEM-systemet og for hele processerings- og inversionsystemet i Aarhus Workbench. Endelig er der i juni måned udsendt et ekstra bilag, der beskriver afleveringer af kortmateriale, og der er i løbet af efteråret udsendt mindre opdateringer.

Inden udgangen af 2010 udkommer der en revideret udgave af GFS' guide til processering og inversion af SkyTEM data. Guiden er opdateret

mht. SCI inversion, og der er også indføjet afsnit om fjernelse af koblede data.

### *3.2 Aarhus teststed*

Denne aktivitet er lille og omhandler vedligeholdelse og leje af teststedet for jordbaseret TEM, SkyTEM og MEP ved Lyngby uden for Århus.

## **4. Udvikling og vedligeholdelse af geofysiske tolkningsprogrammer**

Aktiviteten er den største enkeltstående aktivitet i GFS. Den omfatter udvikling og videreudvikling af processerings-, tolknings- og præsentationsprogrammer på både forsknings- og produktionsmæssigt niveau. Programmerne dækker alle typer indsamlede data, TEM, SkyTEM, MEP og PACES.

Aktiviteten har hele ni underemner 4.1 - 4.9a.

### *4.1 Inversionkoden em1dinv - drift og opdateringer*

Dette emne dækker udvikling og vedligeholdelse af tolkningskoden em1dinv. Denne kode er grundlaget for al tolkning af SkyTEM-, MEP- og PACES-data i Danmark.

Den nye algoritme til beregning af kortlægningsdybde (Depth of Investigation, DOI) for TEM-, PACES- og MEP-data er implementeret og sat i produktion.

Der er implementeret en ny algoritme som mere nøjagtigt beskriver signalet fra TEM-systemer der måler til meget tidlige tider. Dette indbefatter integration af det transiente signal over de enkelte gates samt en bedre fysisk beskrivelse af frontgaten. Derudover er der implementeret en algoritme til beregning af bias-signal til meget tidlige tider for SkyTEM-målinger.

### *4.2 Workbench - drift*

Dette emne omhandler den almindelige drift af Aarhus Workbench projektet; brugersupport, GERDA-support, porteringer til nye platforme, opdatering af eksisterende softwarekomponenter, optimeringer i eksisterende kode, fejllokalisering og udbedring osv.

Under drift er der implementeret en længe ønsket funktionalitet til gridning af flere tematiske kort samtidig. Dette er lavet således, at der ikke kun kan vælges flere grids samtidig, men disse kan også griddes ved samtidig brug af flere CPU'er. Samlet set er det nu blevet væsentligt enklere og hurtigere at fremstille mange og store temakort.

### *4.3 Workbench - KS af TEM-, SkyTEM- og PACES-rådataniveau*

Systemet til produktion af tematiske kort fra inversionssystemet er yderligere udvidet så det nu også fuldt ud supporterer SCI-systemet. Der er tilføjet en række tematiseringer så alle temaer til den datakvalitetssikring som er nævnt i SkyTEM-vejledningen, let kan fremstilles. Yderligere kan en række af disse temaer nu også vises på Workbenchens profilfunktion.

### *4.4 Workbench – Spatial constrained inversion (SCI)*

SCI-modulet er færdigudviklet og supporterer fuldt ud SkyTEM- og PACES-data. Der er implementeret et væld af nye funktioner, og det har fuld support for addering af a-priori information til inversionen direkte fra GIS'en.

Det var oprindeligt planlagt at modulet først skulle have været på GFS' program i 2. halvår af 2010. Der var imidlertid problemer med at få alle dele af modulet til at virke stabilt, og derfor blev aktiviteten fremskyndet.

Det bør bemærkes at en væsentlig del af udviklingen har været dækket af andre projekter på GI end af GFS.

### *4.5 Workbench - Revidering af GIS*

Dette projekt var oprindeligt programsat i 2010, men pga. opprioritering af en række punkter for hurtigere afvikling af den samlede kortlægningsindsats, er punktet udsat til 2011. Disse punkter er beskrevet under aktivitet 4.10.

### *4.6 Workbench - Revidering af profilkomfort*

Aarhus Workbench har nu fået en ny avanceret funktionalitet til fremstilling af profilsnit gennem geofysiske modeller og grids. Der kan frit lægges snit igennem tematiske kort, der er support for DOI med fading af modeller under DOI-dybden, seismiske profiler kan vises sammen med f.eks. SkyTEM-modeller osv osv. Derudover er der kommet funktioner til synkroniseret visning af flere åbne profiler, og der er fuld integration med GIS'en.

Der er flere steder anvendt multitrådet databasetilgang, og der er implementeret nye måder at gemme profiler på, så de vises meget hurtigt på skærmen.

Der er et mindre merforbrug på aktiviteten. Da en række basale ændringer var lavet, var der mange meget brugbare og ønskede funktioner der let kunne implementeres - hvilket man valgte at gøre.

### *4.7 Workbenchen - Fase 2 print-ready - profiltegning*

Dette projekt var oprindeligt programsat i 2010, men pga. opprioritering af en række punkter for hurtigere afvikling af den samlede kortlægningsindsats er punktet udsat til 2011. Disse punkter er beskrevet under aktivitet 4.10.

Der er dog rettet en række fejl i det eksisterende modul til fladekort.

### *4.8 Workbenchen - PACES-processering*

Dette projekt var oprindeligt programsat i 2010, men pga. opprioritering af en række punkter for hurtigere afvikling af den samlede kortlægningsindsats er punktet udsat til 2011. Disse punkter er beskrevet under aktivitet 4.10.

### *4.9 Workbenchen – Indtrængningsdybde (DOI)*

Workbenchen supporterer nu DOI-beregning for både LCI- og SCI-inversion. Endvidere kan der fremstilles tematiske kort over DOI, og DOI er integreret på profiler (se ovenfor under punkt 4.6).

Hele denne integration viste sig langt mere omfattende end først antaget, og der er derfor anvendt en del mere tid på aktiviteten end forventet.

#### *4.10 Geologisk model-relaterede udviklinger – GERDA*

I foråret 2010 blev der gjort en særlig indsats for at identificere forhold som kunne indebære risiko for forsinkelse af den igangværende grundvandskortlægning, herunder mulige flaskehalse i relation til opstillingen af geologiske modeller. Dette afstedkom en større ændring i GFS' årsprogram, og følgende udviklinger blev vedtaget på GFS styregruppemødet i juni:

1. Indberetning fra Aarhus Workbench til GERDA af alternative tolkninger for samme projekt.
2. Indberetning af SCI-tolkninger såvel i Aarhus Workbench som i GERDA.
3. Indberetning af Depth of Investigation (DOI) beregninger, såvel i Aarhus Workbench som i GERDA.
4. Aarhus Workbench – Mulighed for håndtering af udtræk med flere modeller for samme projekt.
5. Aarhus Workbench – Mulighed for fremstilling af temakort og profiler med indlejret DOI information.
6. Aarhus Workbench – Mulighed for fremstilling af 3D-grids til brug i GeoScene3D.
7. De nyeste SSV-udviklinger, så som lertykkelsesberegning imellem grids, skal understøttes i Aarhus Workbench.

Den nærmere implementering er beskrevet i notatet "Vedr. justering af årsprogram 2010 for GeoFysikSamarbejdet - Tiltag med særligt fokus på anvendelsen af geofysiske data i geologisk modellering"

Alle punkter er implementeret med undtagelse af 7. Dette forventes gjort i begyndelsen af 2011.

#### **5. Udvikling af geofysiske måleinstrumenter og teknikker**

Emnet omfatter udvikling og videreudvikling på eksperimentelt plan af geofysiske metoder, feltteknikker og instrumenter tilpasset danske forhold. Resultaterne herfra skal danne grundlag for optimal anvendelse af geofysiske metoder i kortlægning, så det bedste kortlægningsresultat opnås.

Der er ikke afsat ressourcer til emnet.

#### **6. Indsamling af viden om geofysiske metoder og tolkning internationalt**

Emnet indeholder det løbende arbejde som GFS' medarbejdere laver for at være ajour med den forskning der foregår internationalt inden for området. Der fokuseres specielt på TEM- og DC-metoder samt nye tolkningsalgoritmer.

### **7. Ledelse, møder og administration**

Ud over det direkte tidsforbrug i forbindelse med ovenstående aktiviteter anvendes der tid på ledelse og administration. Dertil kommer at oplæring af nye medarbejdere er ressourcekrævende.

#### *7.1 Ledelse og administration*

Aktiviteten dækker den daglige ledelse og administration af GFS. Den udføres hovedsagelig af Esben Auken, som også anvender en del sekretærbistand.

#### *7.2 Oplæring af ny softwareudvikler*

Aktiviteten dækker den ekstra tid der går med at indkøre nye medarbejdere i GFS aktiviteterne. Tiden er anvendt i forbindelse med ansættelsen af Nora Zokaite.

.

### 3. PUBLICEREDE RAPPORTER OG VEJLEDNINGER

En væsentlig del af GFS' formidling af forsknings- og udviklingsresultater sker gennem rapporter og foredrag. Denne formidling sker såvel direkte til miljøcentre og rådgivere via GFS' hjemmeside som via publikationer på internationale konferencer og i peer reviewed internationale tidsskrifter. Sidstnævnte aktivitet sker hovedsageligt i Geologisk Instituts regi. Vi finder det dog vigtigt at alle bidrag nævnes her, da de i udpræget grad viser at den geofysiske kortlægning der udføres i Danmark er på forkant med de bedste internationale standarder og teknikker

#### Rapporter

Vejledning og kravspecifikation for SkyTEM-målinger, processering og tolkning, 2010.

SkyTEM survey - Struer 2009, Geophysical Interpretation.

Validation of the SkyTEM system at the extended TEM test site 2010.

Extension of the national TEM test site, 2010.

#### Artikler udgivet i internationale tidsskrifter

Christiansen, A. V., Auken, E., and Viezzoli, A., 2010, Quantification of modeling errors in airborne TEM caused by inaccurate system description: Accepted for publication in *Geophysics*,  
Pfaffhuber, A. A., Grimstad, E., Domaas, U., Auken, E., Foged, N., and Halkjær, M., 2010, Airborne EM mapping of rockslides and tunneling hazards: *Leading Edge* (Tulsa, OK), **29**, 956-959.  
Viezzoli, V. Munday, T. Auken, E. and Christiansen, A.V, 2010, Accurate quasi 3D versus practical full 3D inversion of AEM data – the Bookpurnong case study. December 2010, Preview

#### Abstracts og præsentationer på internationale konferencer

Auken, E., Kirkegaard, C., Ribeiro, J., Foged, N., and Kok, A., 2010, The use of airborne electromagnetic for efficient mapping of salt water intrusion and outflow to the sea: Azores island, SWIM21,  
Auken, E. AEM methods applied to hydrology. 2010. Zurich, EAGE workshop.  
Christiansen, A. V. and Auken, E., 2010, A Global Measure for Depth of Investigation: Zurich, EAGE,  
Christiansen, A. V. and Auken, E., 2010, A global measure for depth of investigation in EM and DC modeling: Sydney, ASEG,  
Foged, N., Christiansen, A. V., and Auken, E., 2010, Validating SkyTEM Data Against Ground-based TEM Data at the Danish National Test Site by Upward Continuation: Zurich, EAGE,  
Kirkegaard, C. and Auken, E., 2010, Optimizing an Existing Inversion Code: Zurich, EAGE,  
Kok, A., Auken, E., Groen, M., Ribeiro, J., and Schaars, F., 2010, Using Ground based Geophysics and Airborne Transient Electromagnetic Measurements (SkyTEM) to map Salinity Distribution and

- Calibrate a Groundwater Model for the Island of Terschelling - The Netherlands: 21st SWIM conference, Azores,
- Legaz, A., Auken, E., Christiansen, A. V., Pedersen, J., Fiandaca, G., and Sørensen, K. I., 2010, Measuring in-situ Time Domain Induced Polarization data for landfills delineation: Zurich, EAGE - NS2010,
- Legaz, A., Christiansen, A. V., Auken, E., Pedersen, J., and Fiandaca, G., 2010, Evaluation of landfill disposal boundaries by means of induced polarization and electrical resistivity imaging: Copenhagen, Nordrocs 2010,
- Pfaffhuber, A. A., Grimstad, E., Auken, E., Halkjær, M., and Foged, N., 2010, Airborne EM Mapping of Rock Slides and Tunneling Hazards: Zurich, EAGE,
- Podgorski, J. E., Kgothang, L., Ngwisanyi, T., Ploug, C., Auken, E., and Green, A., 2010, Introducing the Okavango Delta, Botswana, Airborne TEM Survey: Zurich, EAGE,

Ud over dette har Esben Auken og Kurt Sørensen har været inviteret til at komme med to indlæg på en international workshop (SAGEEP, Colorado) om luftbårne elektromagnetiske metoder.

### **Andre formidlingsbidrag**

- Tolkning af SkyTEM / TEM - Få-/mangelagstolkning, kortlægningsdybde, Nikolaj Foged, GERDA møde om modeller, GEUS-Grundvand, 2010
- GERDA - Aarhus Workbench, Esben Auken, GERDA møde om modeller, GEUS-Grundvand, 2010
- [Udvidelse af Århus teststed - jordbaserede målinger](#), Nikolaj Foged, Temadag om TEM, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 2010
- [SkyTEM på det udvidede teststed](#), Nikolaj Foged, Temadag om TEM, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 2010
- [Nyudviklinger for SkyTEM og WB - hardware og software](#), Esben Auken, Temadag om TEM, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 2010
- Og kan vi så bruge SkyTEM til sårbarhedskortlægning? Esben Auken, Temadag om TEM, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 2010