

Til: Den Tværministerielle arbejdsgruppe under Indenrigs- og Sundhedsministeriet

Fra: GEUS

Kopi til: -

Fortroligt: Nej

Dato: 19-8-2011

GEUS-NOTAT Nr.: 08-EN2011-28

J.nr. GEUS: 539-00011

Emne: Forstudier: Regional Kortlægning. Kriterier og metoder til udvælgelse af 6 områder ud af 22 områder, som kan anvendes til et potentielt slutdepot for Risø's lav- og mellemaktive radioaktive affald

Forstudier til lokalisering af Slutdepot

Notatet omhandler kriterier og metoder til udpegning af 6 områder ud af de 22 områder (oprindelig ca. 20 områder). Notatet indledes med beskrivelse af kriterier og metoder til udvælgelse af de 22 områder, som er grundlag for at vælge de 6 mest potentielle områder til fortsat arbejde. Notatet skal sammenholdes med de rapporter, som GEUS har udarbejdet, samt projektets samlerapport.

1. Indledning

Forstudieopgaven blev beskrevet i Beslutningsgrundlaget fra 2007 (Indenrigs – og Sundhedsministeriet, 2007). Der var ved opgavens start ikke taget stilling til hvilken depottype, der skulle anvendes, eller om depotet skulle være reversibelt. Det har derfor været nødvendigt at finde områder, som kunne anvendes uanset valg af disse forhold. Det er desuden vigtigt at understrege, at der er tale om forstudier baseret på eksisterende data, informationer og viden.

2. Kriterier for udvælgelse af de ca. 20 områder

Geologiske, hydrogeologiske og geokemiske parametre har sammen med terrænforhold været centrale for udvælgelsen af områder ved kortlægningen.

Følgende to kriterier blev valgt som de centrale udvælgelseskriterier:

1. Aflejringerne fra jordoverfladen og ned til så stor dybde som mulig skulle være homogene og lav-permeable. Dette betyder, at høj-permeable aflejringer som sand- og gruslag kun skulle have begrænset tilstedeværelse.

2. Aflejringerne skulle kunne omslutte depotet, hvilket bedst sker ved tilstedeværelse af tykke, udbredte lav-permeable lag, hvorfor stor tykkelse og stor horisontal udbredelse inden for områderne er tilstræbt.

En række centrale forhold/kriterier bevirker, at områder er udeladt ved kortlægningen:

- Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) er der helt set bort fra. Områder med Drikkevandsinteresser (OD), som omfatter et meget stort areal i Danmark, har det ikke været muligt helt at undgå. Dette hænger sammen med, at de mest oplagte områder, nemlig områderne med Ingen eller begrænsede Drikkevandsinteresser (IDI), kun har en meget begrænset udbredelse. Drikkevandsområderne er udpeget af amter og miljøcentre. Kortgrundlag og klassifikation på GIS-plattform: Miljøministeriet, 2010: <http://www.miljoegis.mim.dk> er etableret i forbindelse med Miljøministeriets forslag til landsdækkende Vandplaner fra 2010.

- Områder med regionale eller dybe grundvandsforekomster (GWB) af god status er der set bort fra. Forslag til Grundvandsforekomster af lokal terrænnær udbredelse og regional dyb udbredelse er udpeget af Miljøministeriet (Vandplaner). De enkelte grundvandsforekomster er vurderet gode eller dårlige i forhold til kvalitet, kvantitet samt en samlet vurdering.

- NATURA2000 naturbeskyttelsesområder er fravalgt, ligesom der er taget hensyn til andre fredninger og naturbeskyttelsesområder.

NATURA2000 områder er udpeget af Miljøministeriet og indmeldt til EU. Specifikationer på NATURA2000 områderne er fastsat af EU-Direktiver. Områdernes udbredelse kan ses på den etablerede GIS-plattform i forbindelse med Miljøministeriets forslag til Naturplaner. Der må ikke etableres et depot inden for områderne, som kan påvirke forholdene, ligesom der ikke må etableres et depot uden for et NATURA2000 område på en sådan måde, at det kan påvirke NATURA2000 området.

- Byområder i form af store byer og nærliggende områder er ikke inddraget.

Byer og bymæssig bebyggelse er områder med stor befolkningskoncentration, som kan påvirkes af udslip fra et depot, og bør undgås, da risici fra depotet må være acceptabel for den nuværende og fremtidige befolkning (Guidelines fra IAEA, 1994, 1999 og DD, 2002). Både områder med boliger og boliger + erhverv er omfattet heraf. Desuden indgår offentlige anlæg, bygninger, parker m.m. Det har ikke ligget inden for den regionale kortlægning at foretage analyse om relationerne mellem boligområder og erhverv m.m. De fire største byer: København, Aarhus, Odense og Aalborg er ikke indgået i kortlægningen.

- De fremtidige klimaforhold er delvis indgået i vurderingerne, men mest som guidelines for, hvor der skal tages hensyn til forventede effekter af klimaændringer.

Fremtidige klimaændringer kan have betydning ved udvælgelse af lokalitet. De nuværende prognoser fra det Internationale Klima Panel (IPCC) vedrørende mulige ændringer rækker ca. 100 år frem. Affaldsdepotet skal fungere mindst 300 år frem i tiden, men ud over de 100 år findes for usikre fremskrivninger af mulige klimaændringer til, at der kan vurderes nærmere. Forudsigelserne af fremtidige havniveauændringer peger på stigninger på mellem 0,5 og 1,0 m ved danske kyster på en 100 års periode, men mulige større havstigninger er blevet forudsagt, hvis klimaændringerne som følge af menneskelig aktivitet ikke bremses op.

3. Metoder for at finde de ca. 20 områder

Metoderne, der er brugt til at finde frem til de ca. 20 områder, er beskrevet nedenfor.

a. De geologiske forhold i Danmark er gennemgået ved hjælp af de beskrevne datasamlinger og informationer. Det blev herved bestemt, hvilke aflejringer og bjergarter, der skulle indgå i det videre arbejde.

Arbejdsprocessen, der skulle føre frem til at udpege de relevante jordarter/bjergarter, er således foregået på grundlag af den viden, som GEUS' geologer har om de geologiske forhold fra terræn og ned til ca. 300 m's dybde. Det blev bestemt, at der skulle arbejdes videre med kvartært ler, tertiært ler, grundfjeld og kalk. Disse geologiske "situationer" (koncepter) er ligeledes anvendt af DD og COWI i deres risikovurderinger og depotanalyser.

b. Det næste skridt var at identificere og udelade arealer: OSD-områder (hvorved f.eks. store dele af Sjælland og Fyn blev fravalgt), NATURA2000 områder og de fire største byer. Der er ikke foretaget en gennemgang af de geologiske forhold inden for disse arealer.

c. De geologiske forhold på de resterende arealer er derefter undersøgt ud fra boringer, geofysik, geologiske kort og publikationer med geologisk-geofysiske tolkninger. Disse er f.eks. geologiske basisdatakort, cirkeldiagramkort, Jupiter Boringsdatabasen, Gerda Geofysikdatabasen, Rapportdatabasen, DGU-, GEUS- og DGF-publikationer samt hydrogeologiske, grundvands- og råstofrapporter. Der er ved denne proces fundet en lang række delarealer (f.eks. mindre øer), hvor der ikke er oplysninger om de geologiske forhold. Disse arealer kunne derfor ikke indgå i det videre arbejde. Det må understreges, at det er informationer om geologiske forhold, der er gennemgået og som der efterfølgende er konkluderet på.

De geologiske forhold blev gennemgået ud fra hovedkriteriet om at identificere lav-permeable aflejringer/lag fra jordoverfladen til så stor dybde som mulig og med stor horisontal udbredelse. Dermed blev aflejringer med f.eks. tykke eller hyppigt forekommende sand - og gruslag fravalgt. Sådanne arealer findes f.eks. i det meste af Syd- og Midtjylland, hvor aflejringsforholdene ikke opfylder de opstillede kriterier om lav-permeable aflejringer.

Kortlægningen pegede derefter på ca. 50 arealer, som skulle gennemgås nærmere. Kortlægningens resultater er blevet indtegnet på et arbejdskort i målestoksforhold 1:500.000.

d. Inden for de ca. 50 arealer blev de lav-permeable aflejringer fra jordoverflade og nedad vurderet nærmere, og det viste sig, at stort set alle arealer starter i moræneler. Det er accepteret, at der stedvis kan være indslag af smeltevandssand og -grus. Det er inden for hvert areal blevet vurderet, om istidsaflejringerne er glacialtektonisk forstyrrede, da deponeringsforholdene forringes ved mulig forekomst af større sprækker m.v. Det er ligeledes vurderet, om de underliggende aflejringer/bjergarter også er glacialtektonisk forstyrrede og omljrede. De underliggende palæogene leraflejringer, kvartære leraflejringer, grundfjeldsbjergarter og kalklag er vurderet i forhold til så stor vertikal tykkelse som mulig og sammenhængende horisontal udbredelse bestemt ud fra viden om litostratigrafi og aflejringsmiljø, især på grundlag af data fra boringer. Strukturforhold er vurderet ud fra viden om undergrundens strukturer. Grundfjeldsbjergarter er anset for at have stor vertikal og horisontal udbredelse. Kalkbjergarter er kun inddraget i det omfang, de kunne forventes at have forholdsvis lav permeabilitet og hvor grundvandsforholdene kan styres.

4. Udpegning af 22 områder

Ud fra gennemgang og analyser af de ca. 50 arealer blev der udpeget 22 mindre områder, som vurderes at være egnede til at rumme en lokalitet, hvor et slutdepot kunne placeres. De 22 områder vurderes på det nuværende grundlag i udstrakt grad at opfylde kriterierne.

De 22 områders beliggenhed kan ses på figur 1. Det fremgår af kortet, at der er egne, hvor der er en ”koncentration” af mulige områder, mens der er store dele af landet, hvor der ingen er eller kun få udpeget, som f.eks. i Vest - og Sønderjylland, Vendsyssel eller Sjælland. Dette skyldes især de geologiske og hydrogeologiske kriterier, da højtliggende tykke lerlag uden sandlag har haft første prioritet og områder med særlige grundvands-/drikkevandsinteresser er fravalgt.



Fig. 1. Kort som viser de 22 områders beliggenhed.

De 22 områder har størrelser på mellem 5 og 15 km². Hvert område er udvalgt i en størrelse, som er væsentlig større end det, der skal bruges til den endelige lokalitet. Dette betyder, at der kan tages

hensyn til andre former for begrænsninger, der vil være inden for områderne, når den endelige lokalitets areal skal fastlægges. Dette vil bl.a. foregå inden for de kommende Omegnsstudier.

Bjergarterne/aflejringerne forventes at have stor tykkelse og horisontal udstrækning i hele de udpegede områders udstrækning. På grund af de ofte begrænsede datamængder er den geologiske tolkning grundlag for vurderingen. I de 17 områder med moræneler over tertiært ler er udgangspunktet, at de tertiære leraflejringer er dannet i havet på stor havdybde, hvorfor der kan forventes et tykt lerlegeme med stor horisontal udbredelse. Morænelerets udbredelse er vurderet ud fra det geologiske overfladekort og boringer.

I de 2 områder med kvartære leraflejringer er der moræneler som øverste lag, men også andre steder i lagsøjlen er der indslag af moræneler. De tykke kvartære lerarter er dels dannet i en stor smeltvandssø syd for Limfjorden og dels i havet i Vendsyssel gennem de to sidste istider og den sidste mellemistid. Begge typer ler kan forventes at have stor horisontal udbredelse.

På de 2 områder med grundfjeld på Bornholm er moræneleret tyndt, og de underliggende krystalline bjergarter forventes at være tykke og have stor horisontal udbredelse.

Kalkaflejringerne er dannet i havet og de forskellige enheder har en stor samlet tykkelse, ligesom de forventes at have stor horisontal udbredelse. De overliggende morænelersaflejringer har en sammenhængende udbredelse.

De udpegede områder kan i forskellig grad opfylde kriterierne. Da de geologiske forhold i Danmark som udgangspunkt er heterogene, er det ikke muligt at opfylde alle de opstillede kriterier inden for et område. Der er derfor foretaget en vægtning af kriteriernes betydning i de enkelte områder.

De 22 områder er beskrevet i den række GEUS-rapporter (se afsnit 10), som blev afleveret til Indenrigs- og Sundhedsministeriet d. 4. maj 2011 og offentliggjort samme dag.

5. Arbejdet med udpegning af 6 områder

Beslutningsgrundlaget fra 2007 anviser, at der ud fra de ca. 20 områder skal udvælges 5–10 områder til videre undersøgelser.

Alle 22 områder er kvalificeret ud fra en vurdering baseret på eksisterende data og viden, men mængden af data og viden er forskellig for de enkelte områder. Ud af de 22 områder er udpeget 6 områder, som det er anbefalet at gå videre med i næste fase. De 6 områder er vurderet lidt bedre end de øvrige 16, der alle har status som reserveområder, der kan/skal inddrages, hvis de 6 første ikke kan anvendes på grund af andre årsager, der kan ”overskygge” de geologiske forhold. Dette kan f.eks. skyldes resultater fra de kommende Omegnsstudier. Endelig kan resultater de detaljerede felt- og laboratoriestudier nødvendiggøre, at et område, som var vurderet egnet ud fra den eksisterende viden må opgives af uforudsete faglige årsager.

6. Kriterier for de 6 områder

Udgangspunktet er, at områderne har lav-permeable lerarter/krystalline bjergarter fra terræn til stor dybde.

De geologiske egenskaber, der er lagt vægt på ved udpegningen af de 6 mest potentielle områder, er derefter følgende:

1. I overfladen dominerer moræneler, men dette dækkende morænelerslag er forholdsvis tyndt (under 30 m) i det meste af området, hvorfor der hurtigt kan nås ned i de særligt lav-permeable lag. Dette matcher det mellemdybde depot (30–100 m).
2. Glacialtektonik skal have beskeden betydning (d.v.s ikke dybere end til 30 meters dybde), men kan ofte være vanskelig at vurdere gennem et helt område. Strukturer ses ved daglokaliteter, mens der i borerer identificeres glacialtektonik ud fra flager af prækvartære lag eller interglaciale lag, repetition af lag eller varierende eller springende lag, som ikke kan korreleres.
3. Inden for de udpegede områder er der Ingen eller Begrænsede Drikkevandsinteresser (IDI) eller nogen Drikkevandsinteresser (OD). I to områder er der oprindelig vurderet OD-område (af amterne), men denne klassifikation, mener GEUS bør revurderes. Der findes ikke vandindvinding eller væsentlige grundvandsmagasiner inden for områderne, da de geologiske forhold ikke giver mulighed for tilstedeværelsen af vandførende lag, som kan anvendes.
4. Inden for områderne er der ingen væsentlige grundvandsforekomster med god status. I et område er der vurderet god status, men denne klassifikation mener GEUS bør revurderes.
5. Terrænet inden for områderne er for det meste plant og horisontalt, hvorfor landskabet betragtes som stabilt og uden risiko for eksempelvis skred.

7. Metode anvendt til at udpege de 6 områder

Metoden har været at indlægge centrale data fra de 22 områder i 4 skemaer. Nogle af områderne indeholder flere delområder, hvorfor der optræder 25 områder i figurerne. De grønne felter angiver de optimale egenskaber. Områder med fed sort skrift er de senere udpegede 6 områder.

- a. Morænelerstykkelse under 30 m kombineret med stor tykkelse af underliggende palæogent ler, kvartært ler eller grundfjeld er en fordel ved begge typer depotkoncepter, da den hydrauliske ledningsevne oftest er lavere i disse end i moræneler. En så beskeden glacialtektonisk deformation som mulig er også hensigtsmæssig, idet der ved forstyrrede lag er større risiko for, at f.eks. sand og grus optræder mellem de mere finkornede lag. Figur 2 viser, at 9 områder falder i det grønne felt.



Fig. 2. Morænelerstykkelse og glacialtektonik.

b. Den palæogene lertykkelse er opdelt i kategorierne ”under” eller ”over” 50 m ud fra den betragtning, at den samlede tykkelse af lav-permeable lag helst skal være mindst 80-100 m. Det vil sige, at de palæogene lerlag lige kan rumme depotet, hvis det er op til 50 m, fordi der skal lægges en morænelerstykkelse til. Der er imidlertid en klar fordel ved, at de palæogene lerlag er tykkere. Strukturer (forkastninger m.m.) i de palæogene lerlag skal helst ikke være til stede. På dette vidensområde er der dog helt klart en mangel på data fra det danske område generelt. Figur 3 viser, at 10 områder falder i det grønne felt.



Lokaliteter uden Palæogen: 1, 2, 6, 16, 22

Fig. 3. Tykkelse af Palæogene leraflejringer og undergrundstrukturer.

c. IDI områder er områder med begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Det er bedst, at områderne ligger inden for denne kategori, men den har ikke stor udbredelse på landsplan. Flere områder går derfor helt eller delvis ind i Drikkevandsområder, OD områder. To områder, der er klassificeret som OD områder, Kertinge Mark og Thise, indeholder ingen drikkevandsinteresser eller vigtige grundvandsmagasiner og bør vurderes igen. Regionale og dybe grundvandsforekomster af god status er vigtige at opretholde for eftertiden. Et område, Thyholm, er klassificeret med dybe grundvandsforekomster, men dette synes vanskeligt at opretholde ifølge de foreliggende informationer og området bør vurderes igen. Figur 4 viser, at 9 områder falder idet grønne felt (nederst th.), men efter GEUS' opfattelse skal områderne 10, 17 og 20 også være i dette felt.

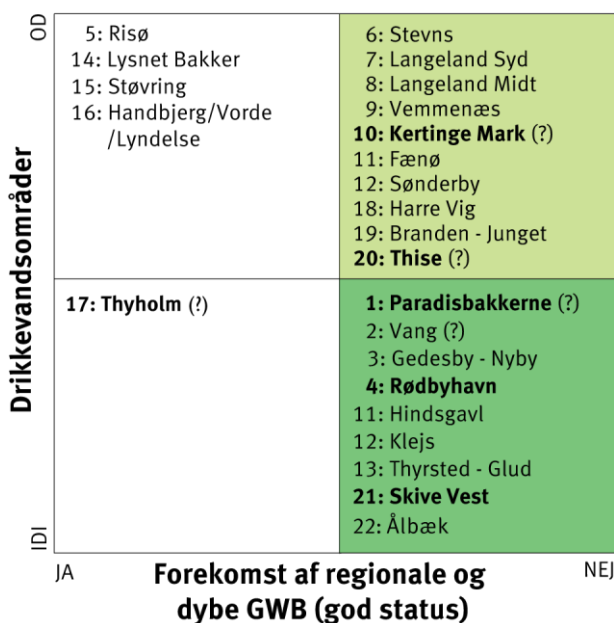


Fig. 4. IDI og OD områder mod forekomst af regionale og dybe grundvandsforekomster (GWB) med god status.

d. På 6 lokaliteter er der ingen Paleogen ler, fordi de enten går i kvartært ler, grundfjeld eller kalk (figur 5). En stor tykkelse af disse lag er vigtig, ligesom få strukturer er hensigtsmæssigt. De særlige strukturforhold i de bornholmske gnejser og granitter kan sammenlignes med lignende forhold i Sverige og Finland, hvor grundfjeldsbjergarter anvendes til deponering og hvor der er erfaringer med etablering af depoter for lav- og mellemaktivt affald.

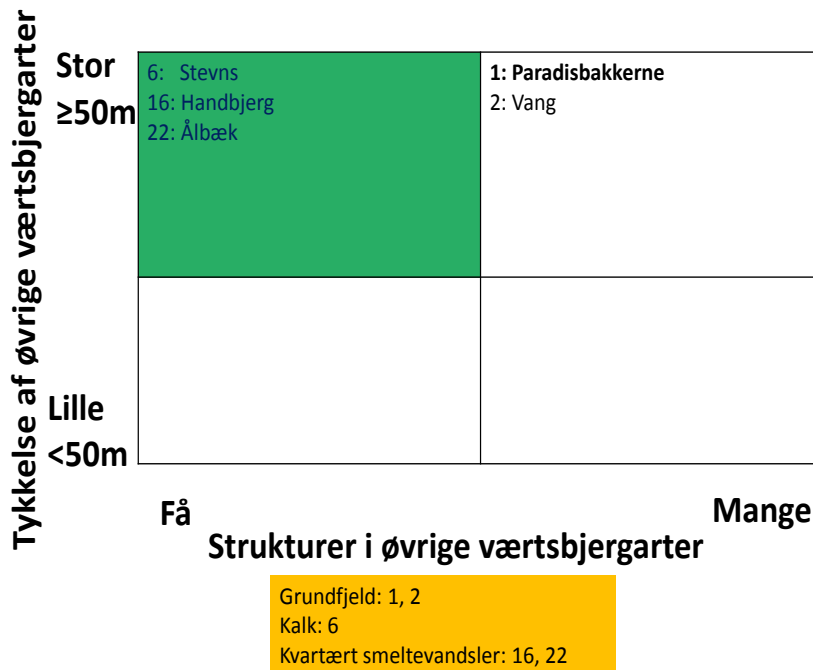


Fig.5. Tykkelse af andre bjergarter sammenholdt med strukturer.

8. De 6 områder

De fire skemaer placerer de 6 områder skrevet med fed sort skrift i skemaerne som de bedste af de 22.

Områderne er følgende:

Område 1: Østermarie – Paradisbakkerne, Bornholms regionkommune

Område 4: Rødbyhavn, Lolland kommune

Område 10: Kertinge Mark, Kerteminde Kommune

Område 17: Hvidbjerg, Thyholm, Struer kommune

Område 20: Thise, Salling, Skive kommune

Område 21: Skive Vest, Skive kommune

De 6 områder ses på figur 6



Fig. 6. Kort som viser de 22 områder, hvoraf de 6 områder til videre undersøgelse er vist med blåt.

De 6 områder blev kort beskrevet i en samlerapport, som blev afleveret til Indenrigs - og Sundhedsministeriet d. 4. maj 2001 og offentliggjort samme dag (DD, GEUS & SIS, 2011). Desuden er forstudierne beskrevet i Gravesen et al., 2011 a, b).

9. Afsluttende bemærkninger

De 6 områder skal reduceres til 1–3 områder. For at have grundlag til at kunne gøre dette, skal der udføres "Omegnsstudier", som omhandler en række andre ikke-geologiske forhold, eksempelvis indhold og bestemmelser i Kommuneplaner eller infrastrukturforhold.

Forstudierne er udført på basis af eksisterende data, hvorfor det er hensigtsmæssigt at underbygge den geologiske opfattelse af de 6 områder med udførelse af et mindre antal boringer på hver af de 6 områder til videre undersøgelser.

Inden et slutdepot bygges, vil det være hensigtsmæssigt at udføre en analyse af de seismiske aktiviteter, således at bygningens dimensioner kan matches med eventuel seismisk uro.

Efter en reduktion til 1–3 områder, skal der udføres felt- og laboratoriearbejde inden for disse områder, som skal medvirke til at kunne udpege den endelige lokalitet. Denne udpegning foretages af Folketinget.

10. Litteratur

1. GEUS Rapporter udarbejdet inden for projektet:

Elve rapporter publiceret i GEUS rapport serie med hovedoverskriften:

Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas.

- Report No. 1. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2010: Data, maps, models and methods used for selection of potential areas. GEUS Report no. 2010/122, 47 sider.
- Report No. 2. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2010: Characterization of low permeable and fractured sediments and rocks in Denmark. GEUS Report no. 2010/123, 78 sider.
- Report No. 3. Pedersen, S.A.S. & Gravesen, P., 2010: Geological setting and tectonic framework in Denmark. GEUS Report no. 2010/124, 51 sider.
- Report No. 4. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Bornholm. GEUS Report no. 2011/44, 85 sider.
- Report No. 5. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Falster and Lolland. GEUS Report no. 2011/45, 76 sider.
- Report No. 6. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Sjælland. GEUS Report no. 2011/46, 85 sider.
- Report No. 7. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Langeland, Tåsinge and Fyn. GEUS Report no. 2011/47, 119 sider.
- Report No. 8. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of Areas. Eastern Jylland. GEUS Report no. 2011/ 48, 116 sider.
- Report No. 9. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Limfjorden. GEUS Report 2011/49, 138 sider.
- Report No. 10. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Nordjylland. GEUS Report 2011/50, 51 sider.
- Report No. 11. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Dansk og engelsk resume. Danish and English resume. GEUS Report no. 2011/51, 64 sider.

2. Referencer

DD, Dansk Dekommissionering, 2002: Teoretisk udredning af de tekniske krav til et dansk slutdepot for radioaktivt affald, 60 sider.

DD, GEUS & SIS, 2011: Forstudier til slutdepot for lav- og mellemaktivt affald - sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier. Rapport til den tværministerielle arbejdsgruppe vedr. udarbejdelse af beslutningsgrundlag med henblik på etablering af et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald, 44 sider.

- Gravesen, P., Binderup, M., Nilsson, B. & Pedersen, S.A.S, 2011a: Geological characterisation of potential disposal areas for radioactive waste from Risø, Denmark. Bull. Geol. Surv. Denm. and Greenl., Vol. 23, s. 21–24.
- Gravesen, P., Binderup, M., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S., Thomsen, H.S., Sørensen, A., Nielsen, O.K., Hannesson, H., Breddam, K. & Ulbak, K., 2011b: Slutdepot for Risø's radioaktive affald. GeoViden, Geologi og Geografi nr. 2, side 2-19.
- Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2007: Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav – og mellemaktivt affald. Udarbejdet af en arbejdsgruppe under Indenrigs – og Sundhedsministeriet, april 2007, 47 sider.
- IAEA, 1994: Siting of Near Surface Disposal Facilities. Safety Guides. Safety series no. 111-G-3.1, 37 sider.
- IAEA, 1999: Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Requirements. IAEA Safety Standards Series No. WS-R-1, 29 sider.

19-8-2011

Peter Gravesen
Bertel Nilsson
Merete Binderup
Stig A. Schack Pedersen