

# Notat



DANSK DEKOMMISSIONERING

14. december 2021

Ref hsth, elme  
Ledelsessekretariat

## Generiske depotkoncepter - indledende overvejelser

I dette notat beskrives de indledende tanker om rammerne (muligheder og forbehold) for udviklingen hen mod et koncept for et dansk slutdepot til radioaktivt affald. I 2022 vil arbejdet blive påbegyndt, jf. Dansk Dekommissionerings mål- og resultatplan, med at beskrive 2-3 generiske koncepter for et slutdepot i samarbejde med en række interessenter. De generiske koncepter skal være med til at gøre det nemmere at træffe en endelig beslutning om en langsigtet løsning.

### **Depotets formål og funktion**

Formålet med et slutdepot er at sikre gennem passive tiltag, som ikke kræver yderligere menneskelig indgriben, at ingen får doser fra affaldet ud over de i dag tilladte doser.

Generelt er depotfaciliteter ikke baseret på princippet om 100% tilbageholdelse af de radioaktive nuklider (IAEA, SSR-5 Disposal of radioactive waste). I stedet baseres depoterne på princippet: inhibit, reduce and delay (også jf. IAEA, SSR-5 Disposal of radioactive waste), dvs. et princip om at hæmme, reducere og forsinke udsivningen af de uønskede stoffer. Dette gøres af de forskellige menneskeskabte og naturlige barrierer, der bl.a. er valgt til formålet på baggrund af deres egenskaber til at hæmme, reducere og forsinke udsivningen af de uønskede stoffer, der findes i depotet.

Mens udsivningen af radionukliderne hæmmes, reduceres og forsinkes i/af depotet, henfalder de. Det er en del af depotkonceptet, at udsivningen af uønskede stoffer fra depotet skal holdes på et niveau, der sikrer, at de radiologiske konsekvenser af udsivningen til alle tider er på et lavt, acceptabelt niveau (i praksis de grænseværdier for dosistilskrivning til en referenceperson, som er sat af de nukleare tilsynsmyndigheder).

Ud over de radioaktive stoffer vil et depot også indeholde ikke-radioaktive stoffer og materialer, der er uønskede i miljøet. Det samlede depotkoncept skal også tage højde for tilstedeværelsen af disse.

### **Dybde**

Med folketingsbeslutning B 90/2018 blev der igangsat undersøgelser af Danmarks geologi ned til 500 meters dybde med henblik på lokalisering af et dybt geologisk slutdepot. B 90 åbner samtidig muligheden for separate løsninger for de enkelte affaldsfraktioner.

En konklusion i [forstudierne til slutdepot](#) fra 2011 var, at det var sandsynliggjort, at det samlede danske inventorie kunne deponeres sikkert i et mellemdyb depot (30 – 100 meter under terræn).

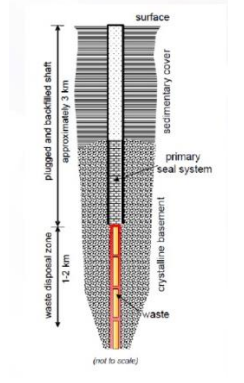
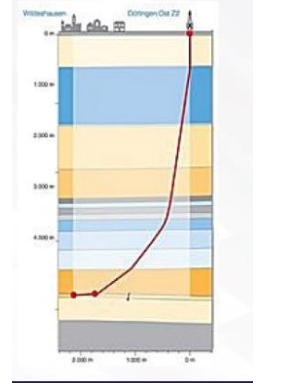
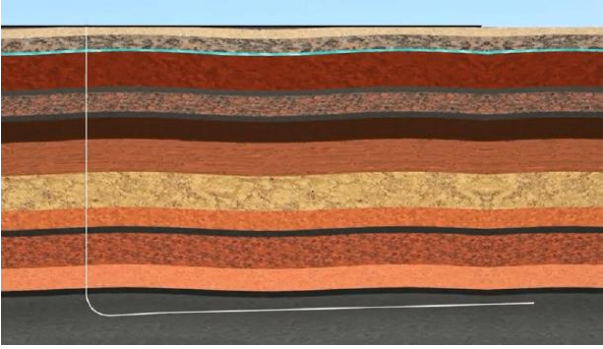
Det skal bemærkes, at også andre hensyn end de teknisk-faglige spiller ind ved valget af depotkoncept, herunder dybde. Derfor foreslår DD at arbejde videre med to overordnede koncepter for et slutdepot: dybt geologisk depot og mellemdyb depot med et borehul.

Både af hensyn til vurdering af mulige lokaliteter og depotkoncepter er det vigtigt, at der hurtigst muligt i processen tages stilling til, om der skal arbejdes videre med et dybt geologisk depot eller et mellemdyb depot med borehul.

## Dybt geologisk depot

### Borehul

Et borehul vil være velegnet til en mindre mængde af affaldet, herunder f.eks. de 233 kg særligt affald (jf. et senere afsnit om volumen). Det netop afsluttede ERDO-borehulsprojekt, hvor muligheden for et multinationalt borehuls-depot undersøges, opererer med flere forskellige mulige borehuls-depottyper:

Et lodret hul	Ét eller flere skrånende borehuller fra samme overfladelokalitet	Et lodret hul, der længere nede "knækker" til et langt, næsten vandret hul
		

ERDO-borehulsprojektet er udført i samarbejde med virksomheden Deep Isolation og har resulteret i denne rapport: "[Preliminary assessment of a Deep Isolation borehole repository as a disposal option for nuclear waste in the ERDO countries](#)".

Det skal bemærkes, at selvom bl.a. Ghana og Malaysia arbejder på en borehuls-løsning, findes der endnu ingen borehulsdepoter i drift.

### Kaverne-depot

Denne depottype ville kunne rumme alt affaldet og kan designes på mange måder, fx:

*Kaverne-depot, fyldes fra lige sliske*

Det viste eksempel er det planlagte franske depot, Cigeo, til højaktivt affald.

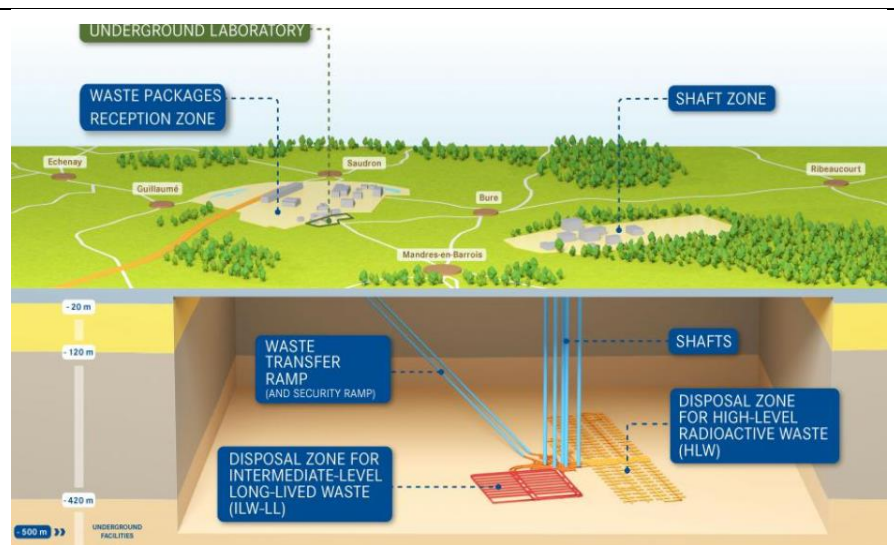
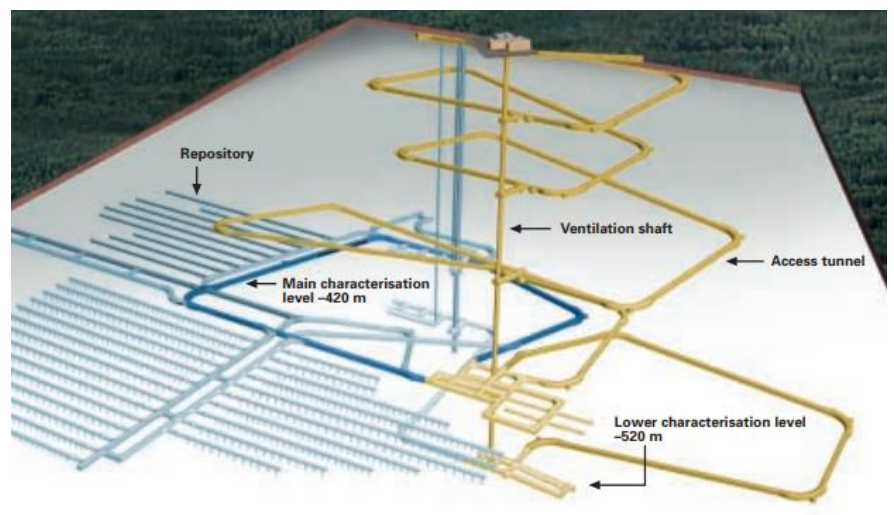


Diagram of the Industrial Centre for Geological Disposal, Cigeo

*Kaverne-depot, fyldes fra snegleformet sliske*

Det viste eksempel er det finske depot til højaktivt affald, Onkalo, der er under konstruktion.



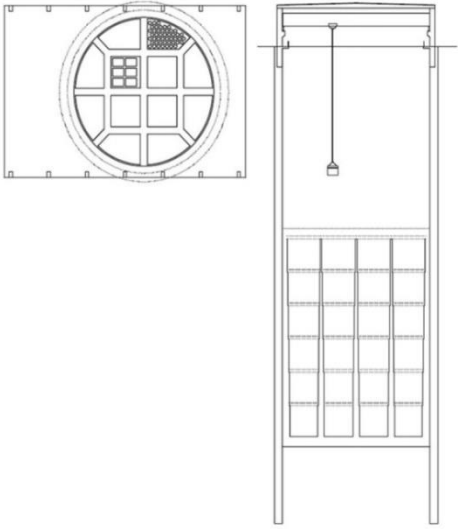
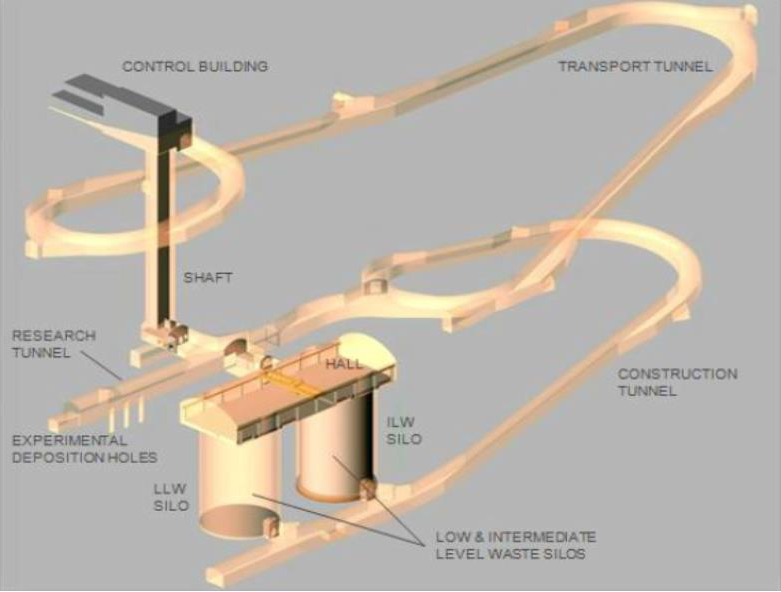
I forhold til arealbehov oplyser den franske affaldsoperatør Andra på deres [hjemmeside](#), at der i forbindelse med Cigeo-projektet på overfladen er udlagt to områder på hhv. 270 ha til "shaft zone" (området ved den lodrette skakt) og 280 ha til "ramp zone" (formodentlig området, hvor affaldsrampen skærer overfladen). DD har ved et tidligere besøg i Cigeo fået oplyst, at der er ca. 4,5 km mellem nedgangen for rampen og shaft zone.

Når det finske depot Onkalo er færdigkonstrueret, vil der inden for et areal på cirka 2 km<sup>2</sup> findes cirka 60 km underjordiske gange.

### **Mellemdybdt depot med borehul**

En mere detaljeret beskrivelse af nedennævnte koncepter/modeller kan læses i [DD's hovedrapport](#) (2011) om forstudier til slutdepot, kapitel 4.6-4.9, side 49-63. Disse modeller ville kunne kombineres med et eller flere borehuller, jf. forrige afsnit om dybt geologisk depot.

Mulige modeller i mellemdybde kunne f.eks. være:

<p><i>Siloformet depot, tilgængeligt gennem skakt fra terræn</i></p> <p>Denne depottype etableres i bunden af en skakt og fyldes lagvis fra oven. Et lag består af f.eks. containere stablet i deres maksimale stablingshøjde. Plader lægges som adskillelse mellem lagene, således at hvert lag trykker på lagene under.</p>	
<p><i>Siloformet depot, tilgængeligt gennem elevatorskakt</i></p> <p>Denne depottype betjenes indefra, og de forskellige lag/etager fyldes vha. en elevator. I modsætning til førstnævnte type med adgang fra terræn kræver denne type tilstedeværelsen af tungt transportudstyr i selve depotet.</p> <p>Det viste eksempel er det finske depot, Olkiluoto, til lav- og mellemaktivt affald. Geologien er klippe.</p>	

*Kaverne-depot,  
tilgængeligt gennem enten  
skakt eller sliske/  
køretunnel fra terræn*

Denne depottype betjenes indefra og kræver tilstedeværelsen af tungt transportudstyr i selve depotet.

Det viste eksempel er det ungarske depot, Bábaapáti, til lav- og mellemaktivt affald. Geologien er klippe.



### **Hvad gør andre lande med sammenligneligt affald**

Danmarks radioaktive affald er klassificeret som lav- og mellemaktivt. Det kan derfor være relevant at se på, hvordan andre lande vælger at deponere sammenligneligt affald.

IAEA har i 2020 publiceret rapporten: "[Design Principles and Approaches for Radioactive Waste Repositories](#)". Heri kan bl.a. findes beskrivelser af, hvordan Sverige, Finland, Ungarn, Slovenien og Sydkorea deponerer deres lav- og mellemaktive affald.

### **Hvilket volumen skal en dansk slutdepot-løsning rumme**

Der kan estimeres et overslag over volumenbehov i et slutdepot ud fra forudsigelser af affaldsvolumen til Ny, Opgraderet Lagerfacilitet (NOL) - en facilitet, som p.t. designes til opførelse på Risø og lagring af det samlede volumen af dansk radioaktivt affald. Ifølge notatet "[Forventet affaldsvolumen ved afslutningen af lagring](#)" er NOL p.t. projekteret til at kunne rumme ca. 17.500 m<sup>3</sup> affaldsbeholdere. Dette tal er inkl. 25% ekstra bufferkapacitet, men ekskl. malm og tailings.

Som beskrevet i notatet er der dog en lang række forbehold i forhold til at kunne omsætte dette tal for lagringsvolumen til et affaldsvolumen ved slutdeponering. Det skal bl.a. i henhold til det Nationale Program undersøges i løbet af lagringsperioden, om affaldsvolumenet kan minimeres. Ligeledes skal der i perioden udvikles acceptkriterier for slutdeponeringen, og affaldet skal pakkes efter disse kriterier, muligvis i andre beholdere end de nuværende.

Da lokalitet, deponeringsdybde, endeligt bygningskoncept, endelig affaldsinventorie m.v. ikke er fastlagt endnu, og da der derfor ikke er lavet indledende sikkerhedsanalyser, kendes volumen af det påkrævede fyldmateriale, backfill og bygningsskal m.m. til en slutdepot-løsning heller ikke.

### **De 233 kg særligt affald**

Det særlige affald er p.t. lagret i såkaldte A-bøtter (87 cm højde, 22 cm diameter), hertil kommer den flydende DR1-kerneopløsning, som skal solidificeres før yderligere lagring

og deponering. Affaldet er ikke konditioneret til deponering, og der er endnu ikke taget stilling til konditioneringsmetode.

Skulle man ønske, jf. afsnittet om dybt geologisk depot, at placere det særlige affald i et borehul, er et groft estimat, at det maksimalt ville fylde mellem 35 og 60 m i et borehul med diameter 0,34 m (en mulig diameter foreslået af virksomheden Deep Isolation i forbindelse med føromtalt rapport). Kan affaldet ompakkes i f.eks. færre beholdere, vil det muligvis fylde mindre.

### **Faciliteter på overfladen**

I opfyldningsfasen vil der ved alle depottyper være faciliteter på overfladen. Faciliteterne vil f.eks. bestå af modtagebygning, personalefaciliteter, monitoreringsudstyr etc. Efter lukning kan nogle eller alle synlige faciliteter eventuelt fjernes.

Et detaljeret design og vilkår for overfladefaciliteterne, herunder fjernelse, kan f.eks. udarbejdes i samarbejde med værtskommunen.

### **Volumen/areal-behov**

Hvor stort et bruttovolumen og tilhørende brutto-overfladeareal, der er nødvendigt for at kunne etablere et slutdepot, kan på nuværende tidspunkt ikke fastlægges. Behovet afhænger bl.a. af endeligt affaldsvolumen, de geologiske forhold på den specifikke lokalitet, endeligt bygningskoncept (herunder antal, placering og størrelse af etager/rum/kaverner, stablingshøjden for beholderne, adgangsveje m.v.) og design af overfladefaciliteter.