

# COVRA

Dette notat er skrevet på grundlag af vores indtryk fra et besøg på COVRA 01.10.13, skriftligt materiale, vi har fået udleveret, og oplysninger fra COVRA's [hjemmeside](#).

Kirsten Jakobsen, [Bendy Poulsen](#) og Jens Bjørneboe

## 1) Formål og Historie

Ved London-konventionen fra 1972 blev det forbudt at dumpe radioaktivt affald i havet. De enkelte lande stod derfor med det problem at skulle finde en måde at opbevare affaldet på.

I Holland blev der nedsat en kommission på regeringsniveau, der skulle foreslå en langsigtet løsning på dette problem. Det førte til, at der i 1982 blev vedtaget en lov, hvori det blev bestemt, at det hollandske radioaktive affald skulle anbringes i et overvåget mellemlager i en periode på 100 år, måske længere. Derefter skulle det anbringes i et dybt geologisk depot, hvis der ikke i mellemtiden var fundet andre og sikrere måder at uskadeliggøre affaldet på.

COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval) blev oprettet som et statsligt foretagende, der hører direkte under det hollandske finansministerium. COVRA skal opsamle og lagre alt radioaktivt affald i landet.

De, der producerer affaldet, skal betale en pris, som dels dækker opbevaringen, dels går til fonde, der skal betale den dybe geologiske deponering til sin tid. På den måde bliver mellemlagerets drift til en vis grad uafhængig af skiftende konjunkturer.

Man indså, at det er fristende at løse de letteste delopgaver først, for derefter at opdage, at løsningen af de vanskelige dele af affalds-håndteringen risikerer at blive endnu vanskeligere. Dels kan man have truffet beslutninger, der besværliggør dem, og samtidig kan man have brugt hovedparten af de penge, der var til rådighed for løsningen af opgaven. Et bærende princip var derfor, at affaldsproblemet ses som en helhed, og løsningen af skulle ske efter en, samlet plan.

Man indså også, at da der tale om et projekt, der rækker over mindst 100 år, kunne etableringen af mellemlageret kun ske i forståelse med befolkningen i området. Et middel til at opnå dette var størst mulig åbenhed om mellemlagerets indretning og funktion, et andet var en bevidst indsats for at give troværdig information om radioaktivitet og radioaktivt affald for på den måde at afmystificere det. Mellemlageret skulle være en del af lokalsamfundet.

Placeringen blev bestemt på følgende måde. Først udvalgte 12 områder, baseret på flg. kriterier:

- Området skulle være stort nok
- Det skulle ligge i et industriområde, ikke nær ved beboelse (efter hollandsk målestok)
- Infrastrukturen (veje, jernbaner) skulle være i orden

Derefter blev de lokale myndigheder i de 12 områder spurgt, om de ville have lageret. Heraf takkede 10 nej, og da det ene af de resterende (i Rotterdam) lå tæt på et olieraffineri, valgtes placeringen nær Borssele ved Vlissingen.

Opsamling af affald i COVRA startede i 1989, og mellemlageret har været åbent siden.

## 2) Mellemlageret

Covra er placeret i et industri-område (Vlissingen – Oost), tæt på Hollands eneste el-producerende A-kraft-anlæg (Borssele). Anlæggets areal er ca. 20 ha, så der er plads til alt det radioaktive affald, der forventes produceret i Holland i de næste 100 år. Området er omgivet af et almindeligt hegn, som dog på et stykke er erstattet med en dam. Der er kontrol ved indgangen, men der er ingen bevæbnede vagtmænd og ingen vagthunde. Politi er kun i nærheden, når nyt affald ankommer til mellemlageret. Det kan ske enten med tog eller ad landevejen.

Den mængde radioaktivt stof, der opbevares i COVRA, havde i 2010 en aktivitet på:

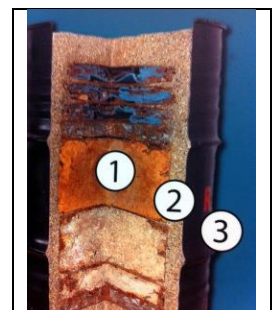
- 2314 tBq =  $2,314 \cdot 10^{15}$  Bq for det lav- og mellemradioaktive affalds vedkommende
- 2060 pBq =  $2,060 \cdot 10^{18}$  Bq for det højradioaktive affalds vedkommende

Dette er ca. 1000 gange mere end det danske radioaktive affald.

Brug af radioaktive stoffer i Holland kræver licens. For at opnå den forpligter virksomheden sig til at levere alt radioaktivt affald til COVRA og betale en afgift. COVRA overtager derefter ejendomsretten til og ansvaret for affaldet. Afgiften går til:

- at dække en del af omkostningerne ved opbevaringen
- fonde, som til sin tid skal betale den dybe geologiske deponering

Her anbringes det i affaldstønder, der er indrettet som vist på figur 1. Affaldet (1) komprimeres, inden det lægges i tønderne. Det er omgivet af et lag beton (2), som er anbragt i en galvaniseret ståltønde (3). Hver tønde rummer 100 liter affald.



De lagerhaller, hvor tønderne opmagasineres, er betonbygninger, bygget i en efter hollandsk målestok stor højde over havoverfladen: 5,5 m. De er bygget, så de skulle kunne modstå

- Ekstreme vejsituationer
- Gasekspllosioner
- Jordskælv
- Oversvømmelser
- Flystyrt

Gulvene er støbt i beton og er uden afløb, således at væsker, der spildes på gulvet, kan opsamles. Der er ingen vinduer i hallerne. Luftfugtighed holdes konstant på 60 % for at begrænse korrosion af beholderne. Af fugterne er af standardtype, så de er lette at reparere og udskifte. Temperaturen i hallerne er nogenlunde konstant.

Det er karakteristisk for COVRA, at man så vidt muligt bruger almindeligt og let tilgængeligt udstyr i stedet for højteknologi. Det øger sikkerheden, når udstyret er let at anskaffe og betjene, og det bidrager til at afmystificere mellemlageret og affaldsdeponering i almindelighed.

Før beholderne opmagasineres, sikrer man sig, at der ikke sidder radioaktivt materiale på ydersiden, så man kan undgå, at selve bygningerne forurenes (kontamineres) med radioaktivt stof. De kan derfor bruges til andre formål på et senere tidspunkt.

Beholderne anbringes vandret, således at eventuel korrosion kan ses på endefladen. For at afsløre eventuel korrosion inspiceres de visuelt 5 – 6 gange om året.

I bestræbelserne for at åbne mellemlageret mod offentligheden modtages besøg ca. 100 dage om året, både af fagfolk og andre. Ved besøg af grupper får en af de besøgende udleveret et dosimeter, som måler den strålingsdosis, han eller hun har modtaget under besøget. Ved udgangen bliver alle kontrolleret for radioaktiv forurening ved hjælp af tællere, anbragt ved udgangen.

COVRA's personale står for efteruddannelse af politi, brandvæsen mm. indenfor den nukleare område.

Hallerne bruges også til opbevaring af museumsgenstande (pga. den lave luftfugtighed og den konstante temperatur) og til koncerter (der er god akustik). Gobeliner, udlånt af det jødiske museum, er ophængt i en af hallerne. I det hele taget er der gjort meget for at modvirke den dystre stemning, der let opstår i en vinduesløs bygning.

Disse og mange andre initiativer er udtryk for ønsket om at åbne mellemlageret mod befolkningen, og ledelsen efterlyser ideer til andre kulturelle aktiviteter, der kan finde sted i hallerne.

I lageret for det højradoaktive affald kan brug af højteknologiske hjælpemidler ikke undgås. Strålingen fra tønderne er så kraftig, at de må håndteres med robotter, og hallen er under konstant video-overvågning. Den kan derfor til stadighed overvåges direkte fra Wien af det internationale atomenergi-agentur, IAEA.

Afkøling af beholderne med højradoaktivt (og varmeafgivende) affald sker ved at lede luft ind i kælderen under bygningen, hvorefter den opvarmes (af radioaktiviteten), stiger til vejrs og forlader hallen gennem en skorsten. Det er altså unødvendigt med mekanisk udsugning, igen noget, der tjener til at gøre lageret mere robust. Da man har sikret sig, at der ikke er radioaktivt stof på ydersiden af beholderne, bringer luftstrømmen heller ikke radioaktivt materiale med ud.

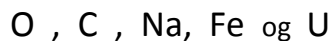
Bygningen til højradioaktivt affald er formgivet af en hollandsk kunstner. Ydersiden bliver malet om med jævne mellemrum, hver gang med en stadig lysere farve for at symbolisere den gradvise aftagen af radioaktiviteten. Som symboler på atomalderen er de berømte formler af Einstein og Planck:

$$E = m c^2 \quad \text{og} \quad E = h \nu$$

malet på ydersiden. (Nogen vil sikkert mene, at andre formler var mere relevante i denne sammenhæng, men de sender i hvert fald tankerne i retning af atomalderen).

### 3) Radioaktiv Stråling

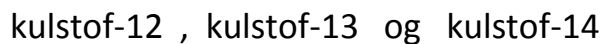
Grundstofferne (Ilt, kulstof, natrium, jern, uran og mange andre) er oprindeligt opdaget gennem studiet af kemiske processer. Hvert grundstof har et kemisk symbol, som består af et eller to bogstaver. For de nævnte grundstoffer er symbolerne:



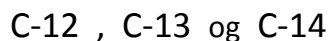
I det 20. århundrede opdagede man, at alle grundstoffer findes i flere forskellige udgaver, **isotoper**, hvis atomer er nok er forskellige, men ikke desto mindre har (næsten) de samme kemiske egenskaber.

Nogle isotoper er stabile, andre ustabile. Strålingen fra det radioaktive affald skyldes ustabile isotoper, som udsender stråling, når de henfalder, dvs. omdannes til andre atomer.

En isotop, hvad enten den er stabil eller ustabil, betegnes ved grundstofnavnet eller grundstofsymbolet og et tal (massetallet). For eksempel indeholder kulstof i naturen tre isotoper med betegnelserne



eller



hvoraf de to første er stabile, mens den sidste er ustabil.

Radioaktive (ustabile) atomer kan henfalde (omdannes) på flere måder. De vigtigste henfald i affaldssammenhæng er alfa-, beta- og gamma- henfald:

**Alfa-henfald.** Ved denne type henfald udsendes en alfa-partikel, som er en kerne af helium-isotopen He-4. Det atom, der bliver tilbage (datter-atomet), er en isotop af et andet grundstof. Alfa-partikler har stor energi (efter atomar målestok), og kan udrette stor skade i cellerne, hvis henfaldet sker i en levende organisme. Til gengæld bliver alfa-partikler standset af selv tynde lag stof (for eksempel et almindeligt stykke papir), så hvis henfaldet sker udenfor levende organismer, er sandsynligheden for skader ubetydelig.

**Beta-henfald.** Ved denne type henfald udsendes en beta-partikel, som er en elektron lige til dem, der er bestanddele af alle atomer. Ligesom for alfa-henfald er beta-henfald fulgt af grundstofomdannelse. Beta-partiklernes energi er knap så stor som alfa-partiklernes, og deres skadevirkning på levende væv heller ikke helt så stor, men dog betydelig. Ligesom alfa-partikler bliver de standset af tynde stoflag, og ligesom for al-

fa-partikler gælder derfor, at de er farlige, hvis henfaldet sker i en levende organisme, men relativt ufarlige, hvis henfaldet sker udenfor.

**Gamma-henfald.** Ved denne type henfald udsendes en foton, dvs. en form for stråling, som er beslægtet med Röntgen-stråling (og langt ude med synligt lys). Ved gamma-henfald sker der ingen grundstofomdannelse, og gamma-henfald forekommer ofte sammen med alfa- og beta-henfald. Gamma-stråling kan trænge igennem tykke stoflag, derfor er risikoen for skader nogenlunde den samme, hvad enten henfaldet sker i eller uden for en levende organisme. Til afskærmning mod gamma-stråling, bruges beton eller blyplader.

Ikke alle de isotoper, der findes i vores omgivelser, er stabile. Hertil kommer, at Jorden til stadighed bliver ramt af stråling fra rummet (kosmisk stråling). Det meste bliver ganske vist standset i de øverste lag af atmosfæren, men en mindre del når ned til jordoverfladen og kan ramme levende væsener. Vi bliver altså ramt af stråling under alle omstændigheder, og denne stråling kaldes **baggrundsstråling**. Når man skal bedømme styrken af stråling fra menneskeskabte kilder, sammenligner man ofte med baggrundsstrålingen.

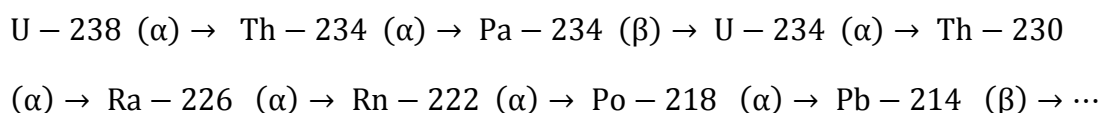
Har man et stort antal ens radioaktive atomer, henfalder en bestemt brøkdel af dem hvert sekund. Det betyder, at der efter en vis tid, **halveringstiden**, kun er halvdelen af atomerne (og dermed halvdelen af radioaktiviteten) tilbage, efter to gange halveringstiden en fjerdedel, og så videre. Efter 10 halveringstider er antallet af radioaktive atomer faldet til lige under en tusindedel af det oprindelige antal.

Der vil altid være en lille smule af det radioaktive stof tilbage, men anser man en tusindedel af det oprindelige strålningsniveau for uskadeligt, skal man altså vente 10 halveringstider. Denne grænse er nem at bruge, og ved at vælge den kan man i det mindste ikke beskyldes for at overdrive.

Radioaktive isotoper har meget forskellige halveringstider, fra under milliontedele af et sekund til mange milliarder af år.

Dette er en del af forklaringen på, at der findes radioaktive stoffer i naturen: isotoper som kalium-40 (K-40) med halveringstiden 1,3 milliarder år samt de to uran-isotoper U-238 med halveringstiden 4,5 milliarder år og U-235 med halveringstiden 700 millioner år. Disse grundstoffer er dannet før solsystemet.

Andre radioaktive isotoper dannes ved henfald af disse to uran-isotoper, og deres datter-atomer, hvoraf flere også er radioaktive. For U-238 får man følgende henfaldskæde:



I mineraler, der indeholder uran, vil der derfor også være små mængder af disse "uran-døtre" (som de kaldes), fordi de atomer, der henfalder, hele tiden bliver erstattet af nye, som er dannet ved henfald længere oppe i kæden. For de to isotoper Ra-226 og Rn-222 gælder, at de kan opløses i vand, og at radon desuden er luftformigt. Det betyder, at de kan transporteres væk fra det sted, hvor de er dannet, og optages i levende væsener.

Andre radioaktive isotoper i vores omgivelser er menneskeskabte. De stammer dels fra atomvåbenforsøg i atmosfæren, dels fra A-kraftanlæg. Disse isotoper falder i to grupper

- Spaltningsprodukter, som dannes ved selve den energiproducerende proces
- Transuraner (plutonium m fl.), som dannes i almindelige A-kraftreaktorer ved andre reaktioner

Blandt spaltningsprodukterne er de to isotoper cæsium-137 (Cs-137) og strontium-90 (Sr-90) de vigtigste i affaldssammenhæng. Deres halveringstider er ca. 30 år, således at det vil vare ca. 300 år, før deres radioaktivitet er aftaget til en tusindedel af det nuværende niveau. Det er hovedbestanddelen af det, der betegnes som "kortlivet radioaktivt affald".

Endelig dannes radioaktive isotoper som nævnt af den kosmiske stråling. Det gælder blandt andet isotopen kulstof-14 (C-14), hvis halveringstid er 5730 år. (Det er den, der bruges ved datering af arkæologiske emner)

Når radioaktiv stråling standses (absorberes) i stof, overføres dens energi til stoffet. Hvis "stoffet" er en levende celle, kan denne energi bevirke, at cellen dør, eller at der udvikles kræft.

Den absorberede strålingsdosis, som en stofmængde modtager, når den udsættes for radioaktiv stråling, angives som energimængden i forhold til vægten af stofmængden. Den absorberede strålingsdosis måles i enheden

$$1 \text{ Gray} = 1 \text{ J/kg}$$

For levende væv skader de forskellige typer af stråling almindelige, levende celler forskelligt, selvom den absorberede strålingsdosis er den samme. For at tage hensyn til denne forskel har eksperterne bestemt en såkaldt **kvalitetsfaktor** for hver type af stråling. For beta- og gammastråling er den 1, mens den for alfa-stråling er 20. Den samme absorberede dosis er altså tyve gange så skadelig, hvis den modtages i form af alfa-stråling, som hvis den modtages i form af beta- eller gamma-stråling.

Multipliceres den absorberede strålingsdosis med kvalitetsfaktoren, fås den **ækvivalente strålingsdosis**. Den måles i enheden **Sievert** (Sv). Under-enheder er

$$1 \text{ mili-Sievert (mSv)} = 0,001 \text{ Sv}$$

$$1 \text{ mikro-Sievert (}\mu\text{Sv)} = 0,000 \text{ 001 Sv}$$

Den ækvivalente strålingsdosis, som et menneske modtager, varierer meget både med tiden og fra sted til sted. Den er omkring 1 mSv per år, men der er altså store udsving, både i op- og nedadgående retning. Dødelig dosis for et menneske er lidt over 1 Gy.

En fremstilling på dansk af hele dette store område er: "**Helse fysik**" af Per Hedemann Jensen m. fl. Den er udgivet af Dansk Dekommissionering på Nyt Teknisk Forlag (2012).