

## OMFATTENDE SVENSK FELTS STUDIER AV GRUNNFJELLETS GEOLOGISKE EGENSKAPER.

I Sverige er det gjort omfattende studier over sluttlagring av radioaktivt avfall i grunnfjell. Det pågår også et omfattende forskningsarbeid for å kunne gi spesifikasjoner og retningslinjer for lokalisering, utforming og drift av et sluttlager for høyaktivt avfall i stabile geologiske formasjoner i jordskorpen. Et slikt lager er tenkt plassert 500–1000 meter under terrengoverflaten. For tiden gjennomfører «Sveriges geologiske undersøkning» en generell oversiktskartlegging av områder med aktuell fjellgrunn. I neste omgang skal det plukkes ut et antall områder der det vil bli satt i gang detaljerte undersøkelser av fjellgrunnen. Denne fasen av forskningsprogrammet, som skal gjennomføres i løpet av 1980-årene, vil omfatte 8-10 områder. Det er allerede gjennomført en oversiktskartlegging av områder i Syd- og Midt-Sverige.

*Av cand.real Per I. Wethe – Teknisk Ukeblad/Teknikk 36 – 81*

I april 1977 vedtok Riksdagen den såkalte «Vilkorslagen» som sier at ingen ny reaktor får lades med brensel eller tas i drift uten spesiell tillatelse fra regjeringen. En slik tillatelse gis bare dersom reaktoreieren kan vise til en avtale om opparbeiding av brukt brensel samt en sikker sluttlagring av det høyaktive avfallet, eller av brukt ikke-opparbeidet brensel.

Som svar på regjeringens utfordring dannet kraftselskapene organisasjonen «Prosjekt Kärnbränslesäkerhet», KBS, som ble pålagt å utføre det forsknings- og utviklingsarbeidet som var nødvendig for å oppfylle lovens krav.

KBS utarbeidet løsninger for begge alternativene i vilkårsloven. Det første alternativet går ut på at brukt reaktorbrensel opparbeides, og det høyaktive avfallet omdannes til glass og kapsles inn. Kapslene plasseres deretter i et sluttlager på 500 m dyp i fjell. Det andre alternativet innebærer at brukt brensel ikke opparbeides, men innesluttet i kobberkapsler som plasseres i et sluttlager av samme type som under alternativ 1.

### **Dype fjellanlegg er stabile.**

Stabiliteten i et dyptliggende fjellanlegg (500 - 1000 meter under terrengoverflaten) er uavhengig av tenkbare forandringer i overflaten. Selv om det skulle

komme en ny istid hvor innlandsis skrapper bort bygninger og jordlag, eller en global varmeperiode med smelting av isen i polarområdene (med tilhørende havnivåstigning) eller en fremtidig storkrig som skulle utslette vår tekniske sivilisasjon, kommer forholdene i et dyptliggende fjellrom til å bli tilnærmet uforandret.

Det kan betraktes som utelukket at avfall fra et bergdepot vil kunne spres som følge av en uventet fjellgrunnsformasjon eller dyptgående erosjon. Det samme gjelder i prinsippet for jordskjelv, og deponeringssteder i fjellgrunnen kan velges slik at skadevirkningene ved jordskjelv unngås. Tidligere jordskjelv i områder med gruvedrift som har medført betydelige skader på overflaten, har ikke kunnet registreres inne i gruen.

Sikkerheten av bergromslagring avhenger av egenskaper ved selve avfallet, av de barrierer som bygges rundt avfallet, og av egenskaper i selve berggrunnen der avfallet plasseres. Hovedvekten i undersøkelsesprogrammet er derfor lagt på de geologiske/hydrogeologiske forhold i berggrunnen samt kjemiske forhold i berggrunn og grunnvann.

**Lokaliseringen avgjøres først etter år 2000.**

Høyaktivt avfall fra de svenske kjerne-

kraftverkene forutsettes å bli plassert i sluttlageret fra år 2020 og utover.

Det er således ikke nødvendig å treffe beslutninger vedrørende lokalisering av et sluttlager før etter år 2000.

Første fase av forskningsprogrammet er rettet inn mot studier av områder der det finnes vanlige forekommende bergarter og berggrunnstyper. Denne fasen skal gjennomføres i løpet av 1980-årene, og vil omfatte 8-10 områder med ulike bergarter. Det første området er lokalisert til Kynnefjäll i nordre Bohuslän, og de grunnleggende geofysiske målingene fra fly og fra bakken er allerede utført. Det andre området ligger ved Voxna bruk i Hälsingland. Målsettingen er i første omgang å skaffe seg en god oversikt over forekomster av aktuell berggrunn samt få frem en kvalitetsvurdering av metoder for de påfølgende deler av undersøkelsesarbeidet. Neste fase vil bestå av en landsomfattende kartlegging av områder med geologisk tilfredstillende egenskaper.

Først deretter vil man gjøre en grundig vurdering av lokaliseringsspørsmålet innen man, antagelig omkring år 2010, treffer en endelig beslutning vedrørende lokalisering av sluttlageret.

#### **Undersøkelser og metoder.**

Berggrunnsundersøkelsene tar i første rekke sikte på en kartlegging av bergarternes sammensetning, sprekkopptreden (sprekkmengde, geometri) mekaniske og kjemiske egenskaper av berget, samt grunnvannsbevegelser og egenskaper (kjemiske etc.). Basert på tidligere orienterende målinger og observasjoner gjennomføres det først geofysiske målinger fra fly og fra marknivå. Deretter gjennomføres geofysiske, hydrogeologiske og geokjemiske undersøkelser i borehull, ofte ned til flere hundre meters dyp. Felttundersøkelsene kompletteres med laboratorieundersøkelser og teoretiske beregninger. Ved geofysiske målinger registreres ulike fysiske egenskaper i berggrunnen, som

f.eks. lokalisering av vannfylt sprekk- og knusningssoner og overganger mellom ulike bergarter. Geofysiske målinger fra fly danner grunnlag for en generell kartlegging av berggrunnen og fremstilling av kart for malmprospektering. Undersøkelsene fra fly omfatter i alminnelighet magnetiske, elektromagnetiske og radiometriske målinger. Geofysiske målinger utført på terrengoverflaten er relativt enkle og gir i hovedsak informasjon om forholdene noen ti-talls meter ned i grunnen.

#### **Undersøkelser i borehull.**

Ved dybdeboringer benyttes hammerboring eller kjerneboring. Hammerboring knuser bergmaterialet i borehullet mens kjerneboring danner et sirkelformet skjær ned i berget. Innenfor skjæret får man et sylindrisk utsnitt (borekjerne) av bergmaterialet (56 eller 74 mm diameter).

En slik borekjerne gir en kontinuerlig prøve av berget ned til flere hundre meters dyp. Kartlegging av vannføring og berggrunnens permeabilitet samt bl.a. ljemiske egenskaper og temperatur av grunnvannet kan så foregå i forskjellige dybder.

Borekjernene gir et kontinuerlig utsnitt av berggrunnens beskaffenhet og struktur samt bergartssammensetningen. Man kan også fastslå sprekkforekomster og grad og type av sprekkfylling. På en del av prøvene gjøres også mer detaljerte fysiske og kjemiske undersøkelser.

Ved målinger i borehull kan man kartlegge vannførende sprekker samt få et mål på vanngjennomtrengeligheten eller permeabiliteten av berget. Permeabiliteten måles ved å trykksette en avgrenset del av borehullet og presse vann ut i borehullsveggene.

De geofysiske metodene som brukes ved målinger fra markoverflaten kan også benyttes ved undersøkelser i dype borehull. Dette gir informasjon om bergets og grunnvannets egenskaper på større dyp

samt sprekkforekomster rundt borehullet. Også grunnvannet studeres. Målinger av f.eks. elektrisk ledningsevne avslører variasjoner i saltgehalten. Temperaturmålinger av svake naturlige elektriske felter gir informasjon om ulike kjemiske forhold som bl.a. indikerer inn- og utstrømming av grunnvannet.

Ved hjelp av et lite TV-kamera kan det foretas en detaljgranskning av vegger i borehullet. Teknikken avslører svært små sprekker – ned til noen tiendedels millimeter bredde. Bildene kan tas opp på videobånd og sammenlignes med borekjernene. Dette gjør det mulig å skille mellom sprekker som er oppstått i bergmaterialet p.g.a. selve boringen, og de opprinnelige sprekkenes.

Det forskes idag på utvikling av flere nye metoder for borehullsundersøkelser, f.eks. radarteknikk for å kunne kartlegge sprekkesoner i større avstander fra borehullene. Det utvikles også instrumenter for måling av grunnvannets surhetsgrad og andre kjemiske egenskaper nede i selve borehullene. Dette skal eliminere feil som kan oppstå ved prøvetaking og senere analyser i laboratoriet.

#### **Pågående og planlagte undersøkelser.**

På oppdrag fra »Programrådet för radioaktivt avfall» (PRAV) og KBS pågår det for tiden feltmålinger på en rekke steder i Sverige. Målingene foregår i slike bergarter som man allerede vet er av god kvalitet – gneis, gabbro og granitt – og som er vanlig forekommende.

I *Studsvik* studeres transport av radioaktive stoffer med grunnvannet. Man er spesielt interessert i å kartlegge de forsinkelses-mekanismene som virker. Målingene utføres ved at grunnvannet i en bergsprekk tilsettes små mengder av de stoffene som kan finnes i avfallet. I et annet borehull i samme sprekk tas prøver av grunnvannet, og ved måling av transporttiden for de forskjellige stoffene mellom borehullene får man et mål på

forsinkelsen relativt grunnvannets egen bevegelse.

Siden 1977 har det pågått hydrogeologiske målinger i et område ved *Finnsjön* i nordre Uppland. Det samles bl.a. inn data om berggrunnens permeabilitet. Dessuten undersøkes grunnvannets kjemiske og fysiske egenskaper samt grunnvannets alder og bevegelser i sprekkesoner.

Ved forsøksanlegget i *Stripa* pågår hydrogeologiske og geokjemiske undersøkelser i borehull. Det er her planlagt undersøkelser ned til 1400 m dyp.

Stripa er en nedlagt jerngruve ca 50 km nord for Örebro. Selve forsøksstasjonen er sprengt ut som et system av ganger og hulrom (10-30 kvadratmeter tverrsnitt, 400 m lengde) i et granittparti på 350 m dyp. Frem til 1984 skal Stripa drives som et internasjonalt OECD/NEA-prosjekt der bl.a. Canada, Finland, Frankrike, Japan, Sverige, Sveits og USA skal delta.

Parallelt med feltforsøkene utføres det kompletterende undersøkelser i laboratorier. Mens feltforsøkene gir et totalbilde av hvordan avfallsstoffene forsinkes under transport med grunnvannet, gir laboratorieforsøkene informasjon om de enkelte reaksjonsmekanismene mellom berg, grunnvann og avfallsstoffer. Det foregår også undersøkelser om hvordan disse stoffene kan feste seg til bergoverflater og i små sprekker, og hvor stor andel av stoffene som transporteres videre med grunnvannet.

**Vi kan dra nytte av svenskenes erfaringer.** Kjernekraft er i dagens situasjon ikke noe konkret planleggingsalternativ i Norge.

Selv om kjernekraftforskningens omfang og karakter på lengre sikt må vurderes i lys av det standpunkt som tas til bruk av kjernekraft her i landet, sier Regjeringen i sin Energimelding (St.meld. nr. 54 (1979 - 90) »Norges framtidige energibruk og produksjon) om fremtidige forskningsoppgaver på kjernekraftområdet av *Kjernekraftutvalgets* innstilling om sikkerhet

bl.a. bør suppleres med en:

— »Utredning av behandling og lagring av radioaktivt avfall i Norge fra eventuelle norske kjernekraftverk.

Herunder bør inngå egnede former for langtidslagring, geologiske betingelser, potensielt egnede lagerplasser, sikkerhets- og miljøanalyser, samt undersøkelser av mulighetene for lagring av norsk avfall utenfor Norge».

Siden Energimeldingen regner med at behovet for krafttilskudd fra norske kjernekraftverk tidligst er aktuelt etter år 2000, har man i dagens situasjon relativt god tid til å gjennomføre en slik utredning. Det er imidlertid liten tvil om at erfaringer og resultater fra det omfattende svenske forskningsprogrammet i store trekk vil kunne overføres til norske forhold på grunn av den store likheten i de geologiske forhold.

□