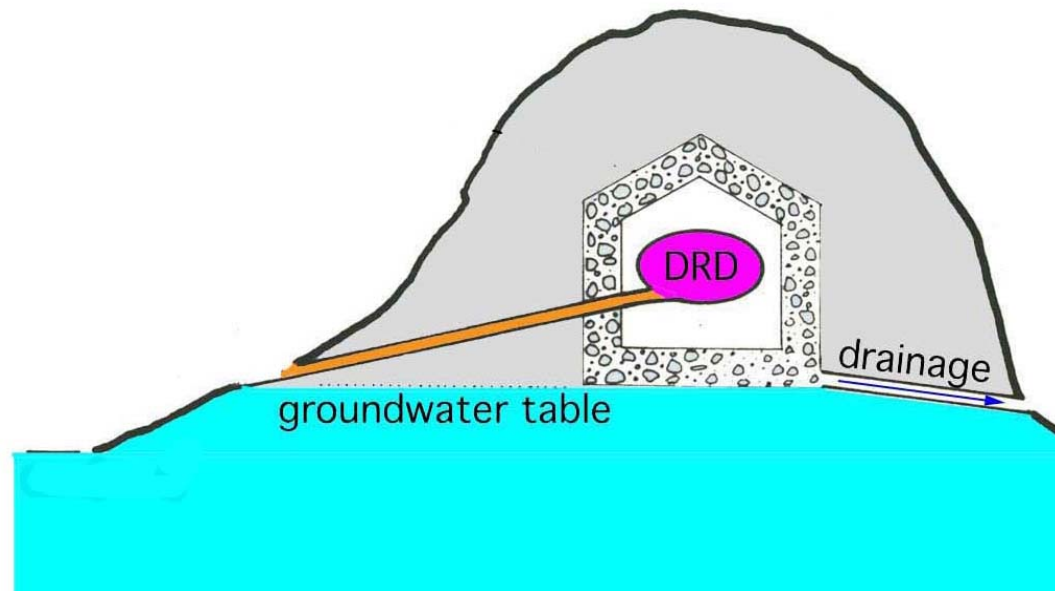


Dry Rock Deposit
an alternative of handling the high-level nuclear waste

the DRD method

a short presentation – en kort presentation



The DRD method – DRD metoden

a short presentation – en kort presentation

Nils-Axel Mörner

**P&G-print
Stockholm, 2013**

From the author before – tidigare från författaren

Ecce Homo

Rädda oss för Guds skulld från kärnkraften och dess fasor

P&G-print, 1980

Earth Rheology, Isostasy and Eustasy

Editor: Nils-Axel Mörner, 599 pp, John Wiley & Sons, 1980

Climatic Changes on a Yearly to Millennial Basis

Editors: N.-A. Mörner & W. Karlén, 667 pp, Reidel Publ. Co, 1984

Paleoseismicity of Sweden – A novel paradigm

Contribution of the INQUA Committee on Paleoseismology, 210 pp, P&G-print, 2003

The Neotectonics Bulletin

Volumes 1–19, 1978–1996, Editor: Nils-Axel Mörner; P&G-print

Detta Eviga Avfall

PQR-kultur, 2009

The Greatest Lie Ever Told

P&G-print, 2007, 2009, 2010

The Tsunami Threat: Research & Technology

Editor: Nils-Axel Mörner, 567 pp, InTech, Vienna 2011

Collapse – Kollaps – Romahdus

P&G-print, 2013

Content – Innehåll

Full stability – Full stabilitet	5
The stability is gone – Stabiliteten som bortblåst	6
New observational facts – Nya observationsfakta	7
Alternative options in the nuclear waste handling	8
DRD versus KBS-3 – DRD jämfört med KBS-3	10
Basic philosophy – Grundfilosofi	13
The background of DRD – DRD metodens bakgrund	14
Various designs – Olika utformningar	15
DRD-1: A zero option – Ett nollalternativ	19
DRD-2: A long-term storage – Ett långtidsförvar	21
DRD-3: A final repository – Ett slutförvar	22
Time to sum up – Tid att summera	24
A DRD repository ”in a nut-shell”	25
References	26

Background

”En redovisning av alternativen” – krävde Sveriges Regering i sitt beslut om ”FUD-program 95”.

DRD-metoden innebär en alternativ lagring av kärnbränsleavfall i ett torrt berggrundsförvar.

”A presentation of the alternatives” – was demanded by the Swedish Government in its decision of ”FUD-program 95”.

The DRD-method offers an alternative storage of nuclear waste in a dry bedrock repository

Till Ole Kvamsdal
uppfinnare av DRD-metoden
och en gammal god vän
död 2013-04-18

© Nils-Axel Mörner

ISBN-91-631-4072-4

Layout: Nils-Axel Mörner
Tryckt av JOFO-grafiska, 2013

Full stability

In the 1970s, the ruling geoscientists were those who have had their basic training in the 1950s, when the concept of stability was predominant. In this environment, the idea was borne that

it was possible to get rid of the high-level nuclear waste by putting it in a “final repository” some 500 m down in the bedrock. This concept grew to the so-called KBS-3 method (KBS, 1980).

At that time, nuclear power was not allowed to operate unless there was a solution of how to handle the high-level waste. The KBS-3 method was said to be this “final solution”. So it has remained through the years – not because of critical analyses and improved understanding, but primarily because of denial of any other options and any new findings challenging the stability and operational safety.

It must be remembered that, in the 1970s, it was quite firmly stated: “*the stability is the basic concept for the KBS-3 method*”. Consequently, if the stability proposed will turn out not to be true, then the KBS-3 method must be abandoned (Mörner, 2009).

There are good reasons to cite Harry Martinson (Aniara, song 59):

*Rise in defence.
The heavy gates of wrath
close down around the destiny
you set*

Full stabilitet

På 1970-talet var de dominerande geovetenskaparna de som hade fått sin grundutbildning under 50-talet, då idén om en total stabilitet var förhärskande. I denna atmosfär föddes idén om att det var möjligt att bli av med det högaktiva avfallet genom att lägga det i ett ”slutförvar”, ca 500 m ner i berget. Denna idé växte till den så kallade KBS-3 metoden (KBS, 1980).

På den tiden fick kärnkraften inte drivas, om man inte hade en lösning på hur man skulle ta hand om avfallet. KBS-3 metoden sades utgöra denna ”slutliga lösning”. Och så har det förblivit genom åren – inte för att man kritiskt granskat frågan och ökat förståelsen, utan för att man konsekvent förnekat all andra åsikter och varje ny upptäckt som skulle äventyrat projektets säkerhet.

Man måste komma ihåg att man på 1970-talet mycket klart och tydligt slog fast att “*denna stabilitet utgör grundprincipen för ett tillsyningsfritt slutförvar*”. Om alltså detta stabilitetskoncept visar sig felaktigt, så faller hela KBS-3 metoden (Mörner, 2009).

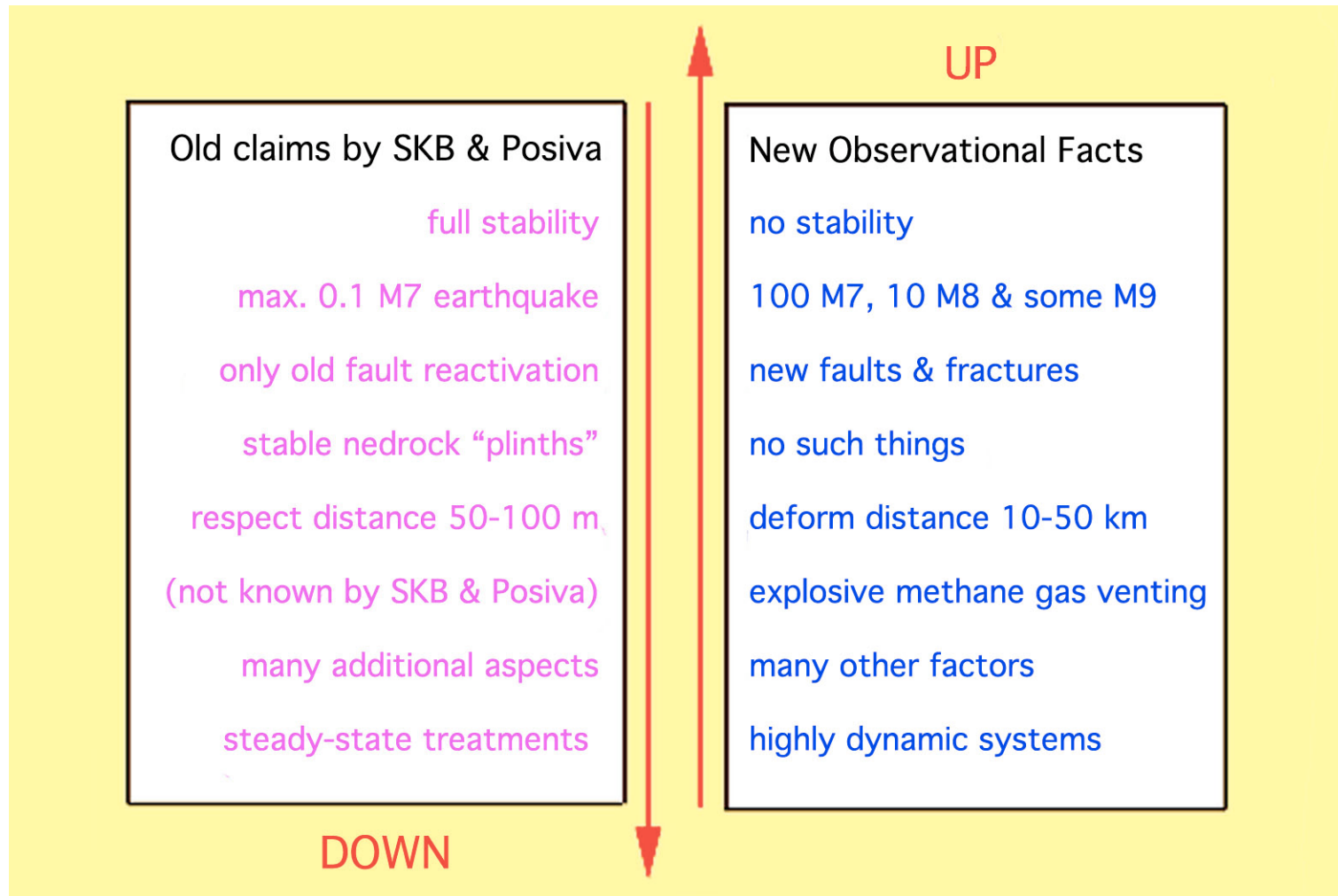
Det finns anledning citera Harry Martinson (Aniara, sång 59):

*Stån upp till svars.
Den tunga vredens murar
sig sluter om det öde
ni beredde*

The stability is now gone – Stabiliteten som bortblåst

A geodynamic paradigm shift – Ett geodynamiskt paradigmskifte

Now the KBS-3 method doesn't work – Nu fungerar inte KBS-3 metoden



New observational facts

give a totally different picture
huge & frequent earthquakes
also new faulting/fracturing
no stable block units big enough
the areas of deformation are huge
in the order of 10-50 km
(certainly not 50-100 m)
explosive methane venting
is a new prime factor
besides a lot of other things.

In Sweden

I have recorded 59 events above M5
during the last 13,000 years:
7 events of M8 or >M8
12 events of M7–8
34 events of M6–7
6 events of M 5.5–6

This implies

that the proposed “stability” is gone
and in this new geodynamic environment
a KBS-3 repository will not work

An alternative method

must be proposed and established

this method is:

the DRD-method

where the waste remains
accessible and controllable

Nya observationsfakta

ger en helt annan bild
många & stora jordbävningar
även nya förkastningar
inga stabila block stora nog
respektavståndet är 10-50 km
(absolut inte 50-100 m)
och då räcker inte bergvolymerna
explosiv metanavgång
är en ny avgörande faktor
förutom många andra faktorer

I Sverige

har jag dokumenterat 59 skalv på >M5
under de senaste 13.000 åren:
7 skalv på M8 till >M8
12 skalv på M7–8
34 skalv på M6–7
6 skalv på M 5.5–6

Detta innebär

att den påstådda ”stabiliteten” är som bortblåst
och i denna nya geodynamiska miljö
fungerar inte ett KBS-3 förvar

En alternativ metod

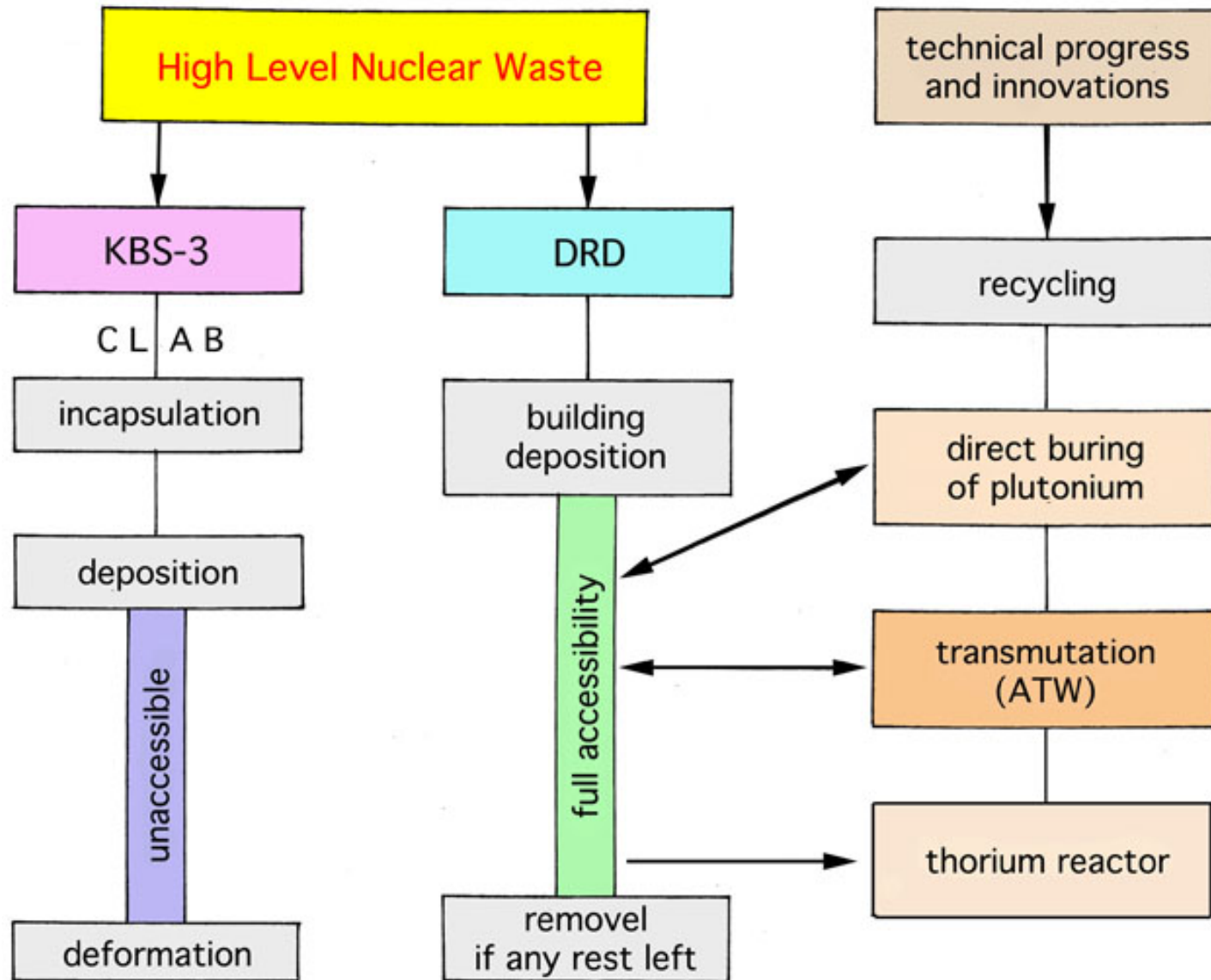
måste föreslås och etableras

denna metod är:

DRD-metoden

där avfaller förblir
tillgängligt och kontrollerbart

Alternative options in the nuclear waste handling



The high-level nuclear waste

is far too toxic and long-lasting
ever to be able to “get rid of”
in a “final repository” in the bedrock

Instead, the waste must be destroyed
or utilized (under energy production)
when future technological innovations so allows

Until then, the waste must remain accessible
though safely locked up in the bedrock

**Only the DRD-method provides this:
accessibility and controllability
in combination with effective sealing-off**

At present, we have no safe method
of rendering the waste harmless.
New reactors, transmutation and thorium reactors
are options for the future.

To bury the waste
in an inaccessible “final deposit”
(500 m down into the bedrock),
is directly irresponsible.

Very much research is in progress
with respect to future handling of the waste.
Therefore, the waste should neither be encapsulated
nor buried, but kept accessible.
And this can only be achieved
in a DRD deposit

the KBS-3 concept
must simply be abandoned

Det högaktiva kärnbränsleavfallet

är alldeles för giftigt och långlivat
för att man skall kunna ”bli av med det”
i ett ”slutförvar” i berget

I stället måste avfallet förstöras
eller användas (under energiproduktion)
när framtida innovationer så tillåter

Fram till dess, måste avfallet förbli tillgängligt
samtidigt som det är förslutet i berget

**Bara DRD-metoden kan tillhandahålla detta:
tillgänglighet och kontrollerbarhet
i kombination med effektiv förslutning**

Idag har vi ingen teknik
för att göra avfallet ofarligt.
Nya reaktorer, transmutation och torium reaktorer
är möjligheter i framtiden.
Att i det läget begrava avfallet
i ett otillgängligt ”slutförvar”
(500 m ner i berggrunden),
är direkt oansvarigt.

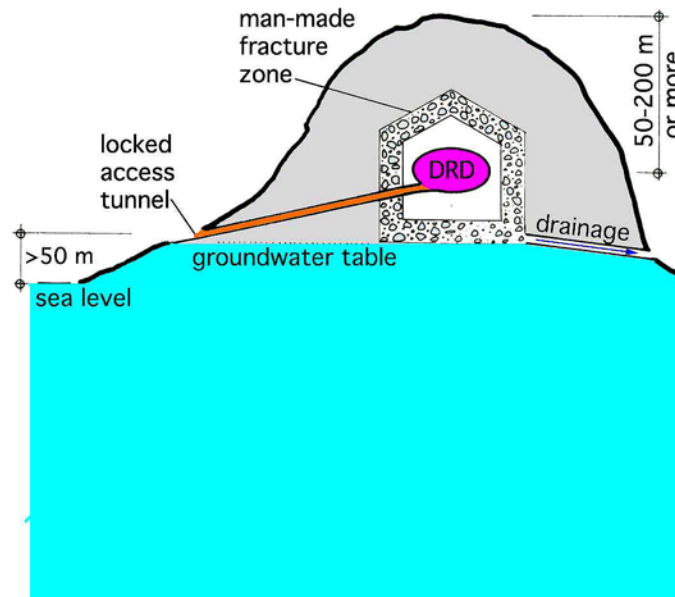
Mycket forskning är på gång
om hur vi skall ta hand om avfallet i framtiden.
Därför skall vi vare sig inkapsla eller begrava avfallet
utan hålla det tillgängligt.
Och detta kan bara uppnås
i ett DRD-förvar

KBS-3 konceptet
måste helt enkelt överges

DRD-metoden

en torr förvaring över grundvattenytan

hög relief, högt över havet

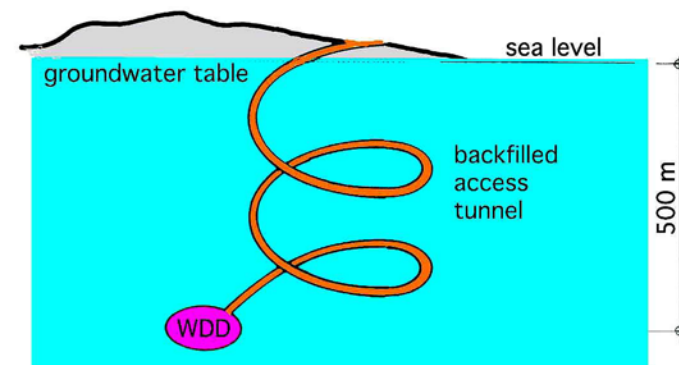


Tillgängligt & Kontrollerbart

KBS-3 metoden

en våt förvaring under grundvattenytan

låg relief, nära havsytan



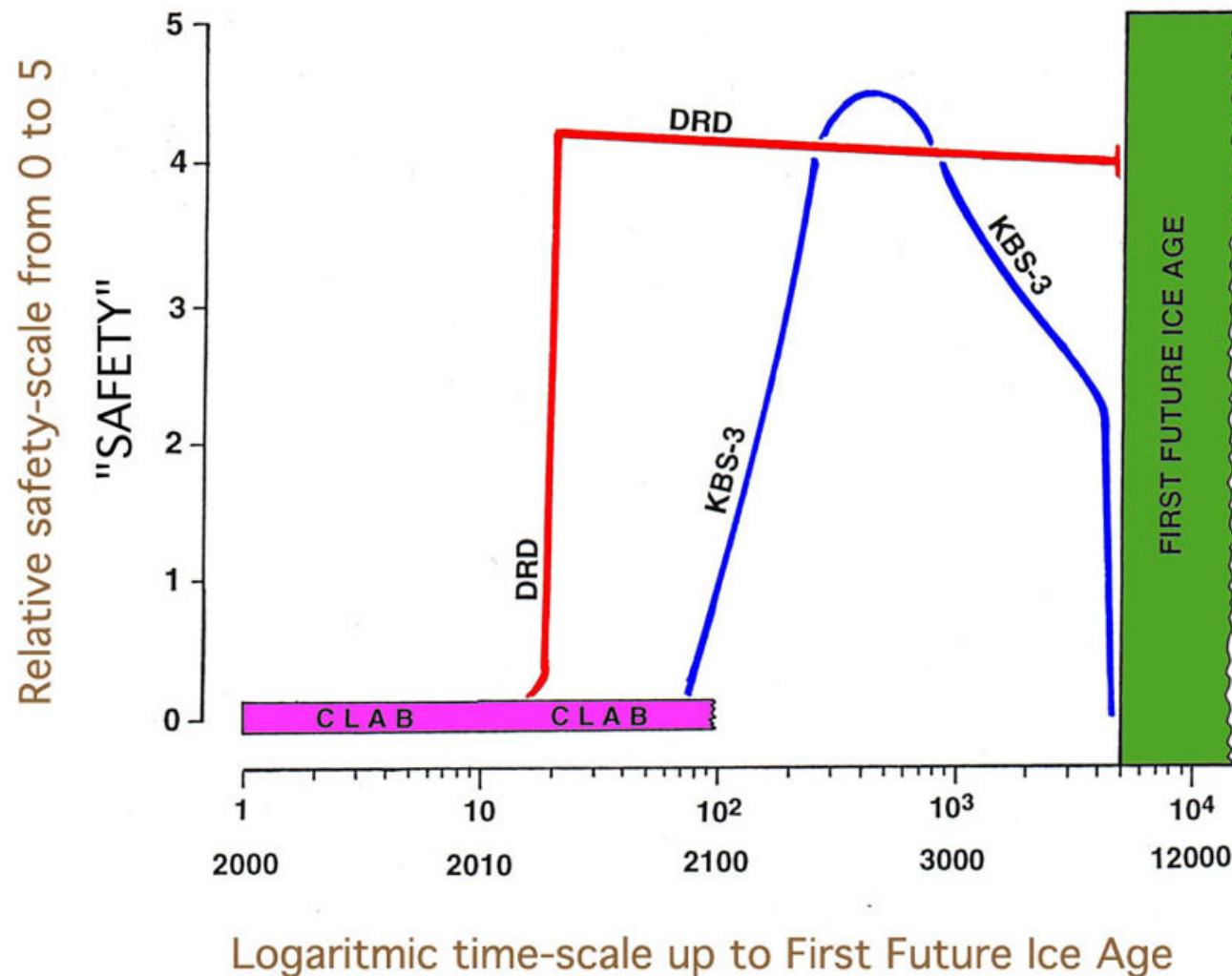
Stängt & Slutligt

A **KBS-3 repository** is a wet deposition below the groundwater table. The location is coastal. The access tunnels are backfilled and the repository becomes closed and final.

A **DRD repository** is a dry rock deposit above the groundwater table. The bedrock is being drained by man-made fracture zones. The location is in a high-relief region (preferably far from the coast). The access tunnel is effectively locked, but the waste remains accessible and controllable (like monitoring of radiation and corrosion). Still, continual guarding is not needed necessary.

Ett **KBS-3 förvar** är en våt deponi under grundvattenytan i kustnära läge. Förvaret är stängt och slutligt.

Ett **DRD förvar** är en torr förvaring ovanför grundvattenytan. Berget dräneras genom artificiella krosszoner. Förvaret läggs i ett område med hög relief (helst långt från kusten). Tillfarts tunnels stängs effektivt, men avfallet förblir tillgängligt och kontrollerbart (även genom kontinuerlig registrering av parametrar som strålning och korrosion). Någon övervakning behövs dock inte.



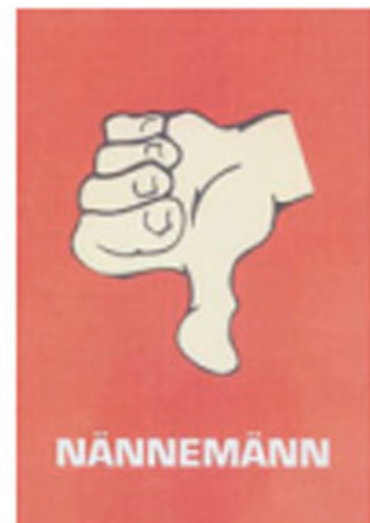
After decades up to a century of intermediate storage in water basins (CLAB) under little or no safety, the waste is supposed to be deposited in a final KBS-3 repository where the canisters will be disintegrated sooner or later. At the first future ice age, the repository is likely to collapse – or rather “go to hell” (Mörner, 2001, 2013).

Efter en mellan lagring i vattenbassänger (CLAB) med ringa eller ingen säkerhet alls under några årtionden upp till ett århundrade, är det tänkt att avfallet skall slutdeponeras i ett KBS-3 förvar, där kapslarna förr eller senare kommer att gå sönder. Vid den första framtida istiden måste man förmoda att lagret kollapsar – för att inte säga ”går åt helvete” (Mörner, 2001, 2013).

Vad säger vi om DRD-metoden?
What do we say about the DRD-method?

och
and

Vad säger vi om KBS-3 metoden?
What do we say about the KBS-3 method?



Basic philosophy – Grundfilosofi

If you cannot solve a problem today
but that there are good reasons to believe
that this will be possible in the future,
there is only one intelligent thing to do:
WAIT and keep the freedom of action
until technological innovations have kept up with us.

Here, we have the basic difference between KBS3 and DRD

The KBS-3 method would be to be too hasty
and do something bad

which you, sooner or later, have to regret
To chose the DRD method
would to get freedom of action
awaiting better solutions in the future

Thos is why the choice is simple
as illustrated on page 12 and in the below picture

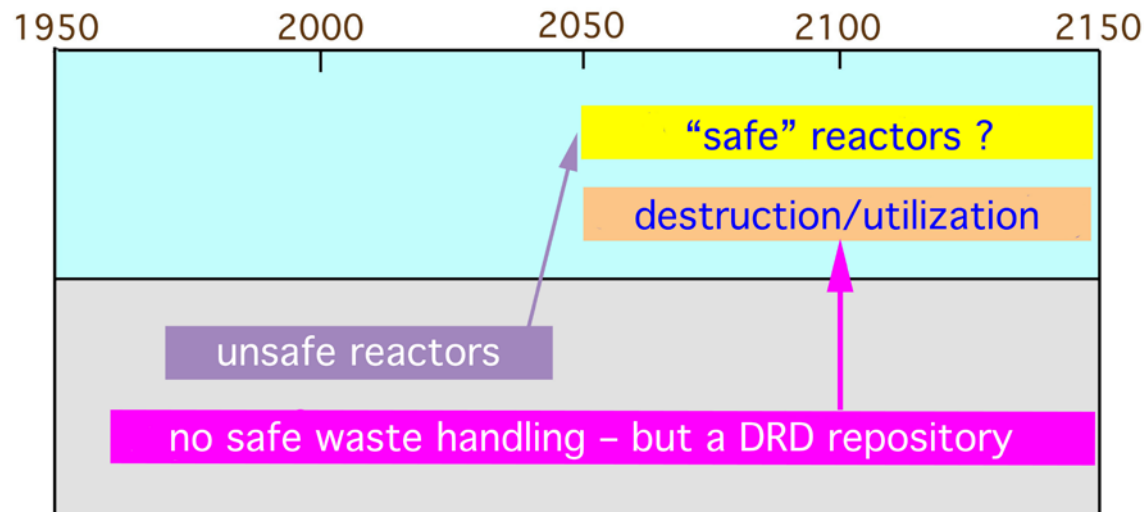
Om man inte kan lösa ett problem idag,
men det finns god anledning att tro
att detta kommer att bli möjligt i framtiden,
så finns det bara en intelligent sak att göra:
VÄNTA och behåll handlingsfriheten
tills den tekniska utvecklingen hunnit ifatt oss.

Här har vi grundskillnaden mellan KBS-3 och DRD

KBS-3 metoden vore att förhastiga sig
och göra något dumt
som man förr eller senare får ångra

Att välja DRD metoden
vore att få handlingsfrihet
i väntan på bättre framtida lösningar

Detta är varför valet är enkelt
som illustrerat på sidan 12 och i bilden nedan



The background of DRD – DRD metodens bakgrund

In my first reviews of the KBS project (Mörner, 1977, 1978, 1980), I proposed some sort of “open deposition” in the bedrock (with “open” implying accessible, but, of course effectively locked).

The DRD-method was invented by Ole Kvamsdal & Alf Johansson, both working at the Luleå Technical High-school., and the method was patented in 1988 (later world patent).

Agne Rustan, associate professor in rock mechanics at Luleå Technical High-school adopted the idea and a first description was published in 1989 (Rustan et al., 1989; Rustan, 2001).

In 1992, Ole Kvamsdal became technician at my department of Paleogeophysics & Geodynamics at Stockholm University, and from then on, we have constantly pleaded for the DRD method in our reviews of the Fud-programs of SKB.

A second description of the method was given by Eggert et al. (1993), when the method got its world patent.

In 1999, we formed a “DRD-group” and applied to SKI for a research grant in order to present the method in full details. The application was rejected.

Short descriptions followed in *Engineering Geology* (Mörner, 2001), *Radwaste Solutions* (Chronhjort & Mörner, 2004), *Detta Eviga Avfall* (Mörner, 2009) and *Collapse* (Mörner, 2013), besides the presentations in my Fud-reviews.

In 2009 and 2010, I sent special reports to the Minister of Environment (Mörner, 2009b, 2010).

In our paper in *Radwaste Solutions* (Chronhjort & Mörner, 2004), we for the first time published the picture (drawn by Ulla Chronhjort) of the principle differences between the dry DRD method and the wet KBS-3 method (as given on p. 10).

A comprehensive presentation is still lacking, however, and this is why this book is now presented.

I mina första yttranden över KBS projektet (Mörner, 1977, 1978, 1980) föreslog jag någon form av ”öppen förvaring” (där ”öppen” betyder tillgänglig, trots att stängningen är effektiv).

DRD-metoden uppfannas av Ole Kvamsdal och Alf Johansson, båda verksamma vid Luleå Tekniska Högskola, och metoden fick patent 1988 (senare världspatent).

Agne Rustan, docent i bergmekanik vid Luleå Tekniska Högskola, anammade idén och en första beskrivning av metoden publicerades 1989 (Rustan et al., 1989; Rustan, 2001).

Ole Kvamsdal blev 1992 tekniker vid min avdelning för Paleogeofysik & Geodynamik vid Stockholms Universitet. Därefter har vi fortlöpande genom åren pläderat för DRD-metoden i våra yttranden över SKB's Fud program (e.g. via SU, 1996, 1998, 2005; via Milkas, 2008, 2010).

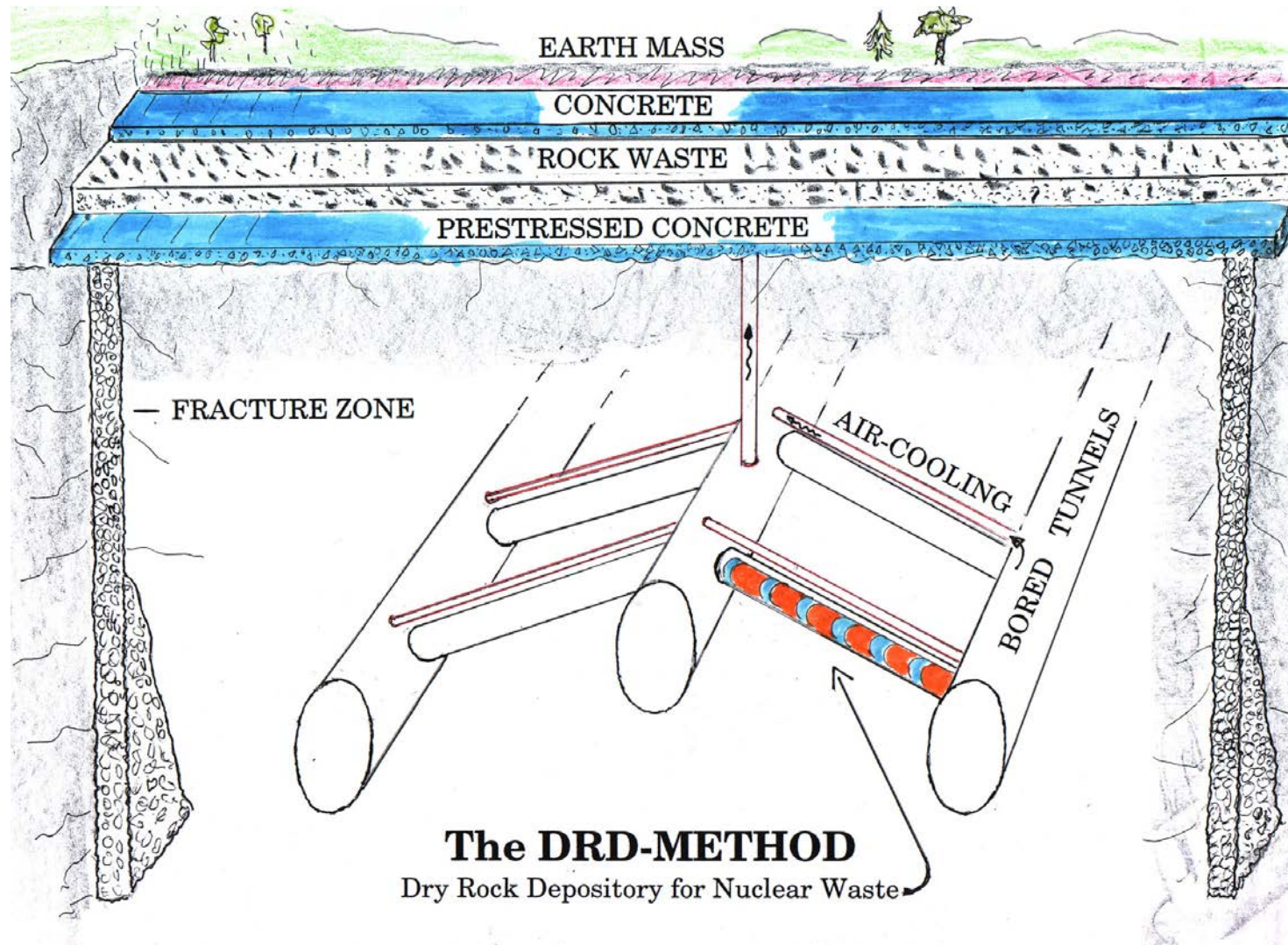
En andra beskrivning kom 1993 (Eggert et al., 1993) när metoden fick världspatent.

1999 etablerade vi en speciell ”DRD grupp” och ansökte om medel från SKI för att genomföra en genomgripande presentation av metoden. Ansökan avslogs.

Kortare beskrivningar förekommer i *Engineering Geology* (Mörner, 2001), *Radwaste Solutions* (Chronhjort & Mörner, 2004), *Detta Eviga Avfall* (Mörner, 2009) och *Collapse* (Mörner 2013), förutom presentationerna i mina Fud-uttranden. 2009 och 2010 skickade jag in separata uttranden till Miljöministern (Mörner, 2009b, 2010).

I vår artikel i *Radwaste Solutions* (Chronhjort & Mörner, 2004) publicerade vi för första gången bilden (ritad av Ulla Chronhjort) av de principiella skillnaderna mellan den torra DRD metoden och den våta KBS-3 metoden (bilden på s. 10).

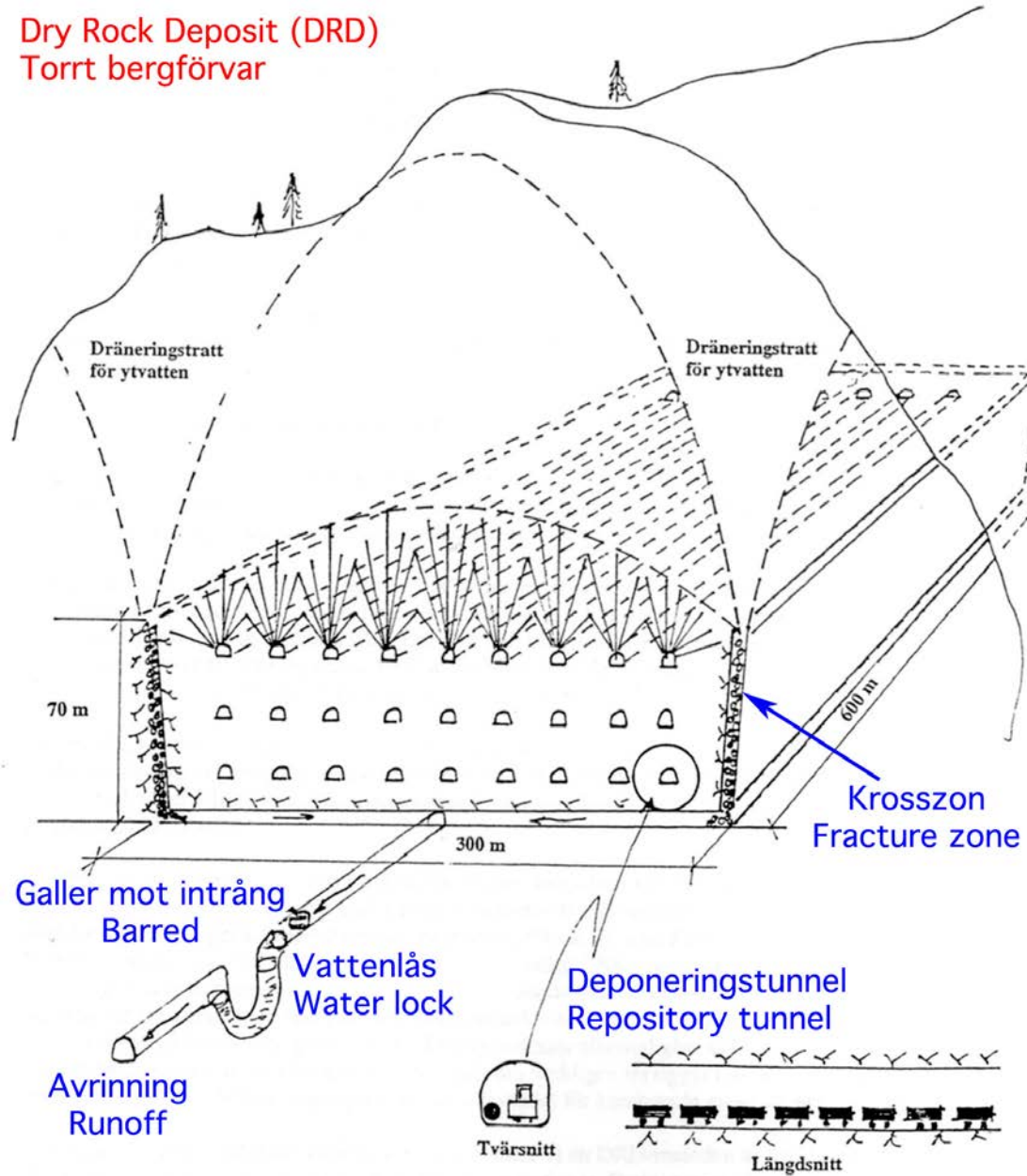
En genomgripande presentation saknas emellertid fortfarande, och det är just därför denna bok nu presenteras.

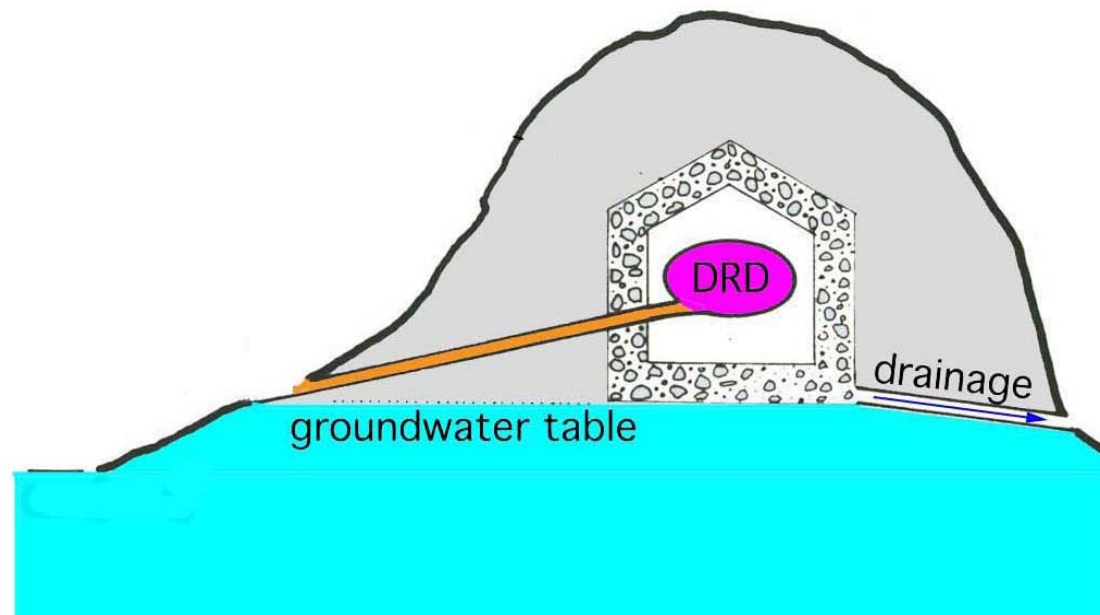


Early design by Ole Kvamstal
 based on
 deposition in drilled tunnels,
 surrounding artificial fracture zones
 a strong concrete and roof
 and air cooling

Tidig design av Ole Kvamsdal
 baserad på
 deponering i borrarade tunnlar
 omgivande skapade krosszoner
 ett starkt tak av cement
 och luftkylning

A later design proposal (Mörner et al., 1999) – Ett senare utformningsförslag (Mörner et al., 1999)





Characteristics of a DRD-repository:

A bedrock of high relief
(the higher, the thicker roof)

Deposition in caverns or tunnels
(shelters and mines may be explored)

Surrounded by artificial fracture zones
draining the bedrock and
providing seismic protection

The repository becomes dry
accessible
controllable
and with full freedom of action kept

The repository is closed and safe

Karakteristik av ett DRD-förvar:

Ett berg med hög relief
(ju högre, dess tjockare tak)

Deponi i bergrum eller tunnlar
(skyddsrum och gruvor kan kanske utnyttjas)

Omgivande artificiella krosszoner
dränerar berget och
ger seismiskt skydd

Förvaret blir torrt
tillgängligt
kontrollerbart
och med full handlingsfrihet bevarad

Förvaret blir stängt och säkert

We need a DRD repository

because a KBS-3 repository will not stay intact
for 100,000 years as held as necessary.

we are not ready to choose the best option of
how to handle the waste in a wise and constructive way.

we therefore need to keep our freedom of action, at
least for some decades, maybe a century, or so.

the waste must be kept accessible and controllable
for reparation as well as utilization.

we owe coming generations
not a fixed burden
but a freedom of action

A DRD repository

can be built in many different way
and for different purposes

DRD-1a: A ZERO OPTION
storing the used fuel rods

DRD-1b: A TEMPORARY STORAGE
storing fuel rods or canisters before a better option

DRD-2: A LONG-TERM STORAGE
storing fuel canister for thousands of years
or even up to the Next Ice Age

DRD-3: A FINAL REPOSITORY
a better alternative then the KBS-3 method
well locked in to bedrock (p. 17)
still accessible & controllable

Vi behöver ett DRD-förvar

eftersom ett KBS-3 förvar inte kommer att hålla
under nödvändiga 100.000 år.

vi är inte redo att välja bästa sättet
att ta hand om avfallet på ett framsynt och konstruktivt sätt.

därför måste vi behålla vår handlingsfrihet,
åtminstone för några årtionden eller ett århundrade .

avfallet måste hållas tillgängligt och kontrollerbart
för reparation så väl som användning.

vi är skyldiga kommande generationer
inte en ständig börda
men handlingsfrihet

Ett DRD-förvar

kan utformas på många olika sätt
och med olika syften

DRD-1a: ETT NOLL-ALTERNATIV
lagring av utbrända bränslestavar

DRD-1b: ETT NYTT MELLANLAGER
lagring av bränslestavar eller kapslar

DRD-2: ETT LÅNGTIDS LAGER
lagring av kapslar under tusentals år
eller fram till Nästa Istid

DRD-3: ETT SLUTFÖRVAR
ett bättre förvar än KBS-3 metoden
väl instängt i berget (p. 17)
ändå tillgängligt och kontrollerbart

DRD-1: A ZERO OPTION – ETT NOLL-ALTERNATIV

According to the National Council for Nuclear Waste (KASAM) a DRD-repository can be constructed as a “zero option (termed C2 and C3 in SOU 2007:38).

According to the instructions from the government also zero options must be investigated. SKB:s own zero option is a storage of used fuel rods in the nuclear power plants and after that a temporary storage under cooling in water basins in CLAB ”for up to 100 years” (see picture on page 11).

CLAB has an inferior safety with respect to bomb-shelter, blocking of the entrance of cooling water and continual electric supply.

A deposition in a DRD repository would offer excellent isolation against terrorists at the same time as the waste remains accessible and controllable, and whenever needed movable.

Such a DRD-repository can hence be regarded as a precursor of wiser handling of the waste in the future (DRD-1b); whether this would be transmutation, deposition in deep-drill holes, reuse in new type of reactors or destruction (p. 13).

As soon as the DRD repository is built, it could start to be filled with used fuel rods. Encapsulation in copper canister (as included in the KBS-3 method) should not be done, but other alternative forms searched for.

A DRD-repository is significantly cheaper than KBS-3 (CLAB, encapsulation, SFR, SFL, BFA, final repository).

Besides, abandoned fortification caverns and shelters and old mines might perhaps be transformed into DRD-1 repositories

Enligt Statens Råd för Kärnkraftsfrågor (KASAM) kan ett DRD-förvar utformas som ett ”nollalternativ” (kallat C2 och C3 i SOU 2007:38).

Enligt regeringens direktiv måste även nollalternativen utredas. SKB:s eget nollalternativ är lagring av uttjänta bränslestavar i kärnkraftverken och därefter mellanlagring under kylning i vattenbassänger i CLAB ”i upp till 100 år” (se bild på sid 11).

CLAB har en undermålig säkerhet vad gäller bombskydd, blockerade kylvattenintag och kontinuerlig elförsörjning.

En deponering i ett DRD-förvar skulle erbjuda en utmärkt isolering mot terroristhot samtidigt som avfallet förblir tillgängligt och kontrollerbart och när som helst flyttbart.

Ett sådant DRD-förvar kan därmed ses som ett förstadium för ett framtida klokare handhavande av avfallet (DRD-1b); vare sig detta skulle innebära transmutering, deponering i djupa borrhål, återanvändning i andra typer av reaktorer eller destruering (s. 13).

Så fort DRD-förvaret föreligger färdigt, skulle det kunna börja fyllas med bränslestavar. Inkapsling i kopparbehållare så som KBS-3 metoden fordrar, bör inte ske utan andra alternativa former sökas.

Ett DRD-förvar är avsevärt mycket billigare än ett KBS-3 förvar (CLAB, inkapsling, SFR, SFL, BFA, slutförvaret).

Dessutom borde uttjänta militära bergrum och övergivna gruvor kunna omformas till DRD-1 förvar.

Two additional factors – Två andra faktorer

X: ENCAPSULATION – INKAPSLING

The encapsulation of the high-level nuclear waste fuel rods in copper canister is a first step in the process of a KBS-3 type repository. It is complicated and expensive, and maybe not even safe enough due to corrosion. Besides, it would complicate future handling with respect to transmutation, re-cycling, re-processing, etc.

On the contrary, encapsulation should be avoided in a DRD-repository, and other forms of storage explored. Some sort of “mummy coffins” should be designed where the waste remains accessible, controllable and retrievable.

The encapsulation of the high-level nuclear waste fuel rods in copper canister is a first step in the process of a KBS-3 type repository. It is complicated and expensive, and maybe not even safe enough due to corrosion. Besides, it would complicate future handling with respect to transmutation, re-cycling, re-processing, etc.

On the contrary, encapsulation should be avoided in a DRD-repository, and other forms of storage explored. Some sort of “mummy coffins” should be designed where the waste remains accessible, controllable and retrievable.

Y: EARTHQUAKE PROTECTION – JORDBÄVNINGSSKYDD

Besides draining the bedrock mass, the artificial fracture zones surrounding a DRD-repository act an excellent protection against earthquakes.

This is a bonus of the DRD-method, which is of very significant importance the longer the repository is in operation.

It is a strong and fundamental advantage of the DRD-method in comparison with a KBS-3 final deposition.

De artificiella krosszonerna som omger ett DRD-förvar blir ett effektivt och utmärkt skydd mot jordbävningar; förutom att det dränerar den bergmassa där förfaret ligger.

Detta är en extrapoäng för DRD-metoden, vilken är av utomordentligt stor betydelse ju längre förvaret är i drift.

Det är en stor och fundamental fördel för DRD-metoden i jämförelse med ett slutförvar av KBS-3 typ.

DRD-2: A LONG-TERM STORAGE – ETT LÅNGTIDSLAGER

The DRD-method was originally proposed **as a safe bedrock repository “up to the next Ice Age”** (see page 11 picture). New geological-geodynamical facts (paleoseismology, explosive methane venting) had shown that a bedrock repository of KBS-3 type was likely not to stay intact at a future Ice Age (which there are strong astronomical reasons to expect will occur, at least 3 times in the next 100,000 years).

A DRD-repository will immediately substitute CLAB (p. 11), which is of prime interest as CLAB has little or no safety.

A DRD-2 repository can be guaranteed to withstand the conditions and processes in the bedrock in a better way than a KBS-3 repository up to the Next Ice Age – and, at that stage, none of the methods can claim they will stay intact (p. 11).

At any stage during the deposition, the waste can be retrieved and subjected to alternative handling.

A location inland is superior to a coastal location for the sake of contamination of the Baltic.

The DRD-method seems a much better solution than the SFR deposition of low- and medium level waste.

It seems ideal instead of a SFL and BFA deposition of “long-lined wasted” (i.e. high-level waste).

It seems to outdo the KBS-3 method because the waste remains accessible, controllable and retrievable at the same time as the waste remains well protected against terrorism as well as natural phenomena (not least earthquakes).

The exact design of a DRD-repository can be done in different ways (p.15-17) depending upon local conditions & demands.

DRD-metoden togs ursprungligen fram som **ett säkert berggrundsförvar ”fram till nästa istid”** (se bilden på sid 11).

Nya geologiska-geodynamiska fakta (paleoseismology, explosiv metanavgång) hade nämligen visat att ett berggrundsförvar av typ KBS-3 inte kunde förväntas förbli intakt under en kommande istid (för vilka det finns starka astronomiska skäl att räkna med att detta inträffar minst 3 gånger under kommande 100.000 år).

Ett DRD-förvar kommer omedelbart att ta över CLAB's funktion (sid 11), vilket är av fundamental betydelse då CLAB har låg till obefintlig säkerhet.

Ett DRD-2 förvar kan garanteras klara de förhållanden och processer som råder i berggrunden på ett bättre sätt än ett KBS-3 förvar ända fram till näst istid – och då kan ändå ingen av metoderna hävda att de förblir intakta (sid 11).

När som helt under lagringen, kan avfallet nås, återtas och behandlas på alternativt sätt.

Ett inlandsläge är mycket bättre än ett kustläge på grund av kontaminationsriken av Östersjön.

DRD-metoden tycks vara en mycket bättre lösning än SFR lagret för låg- och medelaktivt avfall.

Den tycks idealisk i stället för SFL och BFA lager för ”långlivat avfall” (d.v.s. högaktivt avfall).

Den tycks övertrumfa KBS-3 metoden eftersom avfallet förblir tillgängligt, kontrollerbart och återtagbart, samtidigt som avfallet förbli väl förslutet mot terrorism och naturfenomen (inte minst jordbävningar).

Ett DRD-förvar kan utformas på flera olika sätt (s. 15-17) beroende på lokala omständigheter och ställda krav.

DRD-3: A FINAL REPOSITORY – ETT SLUTFÖRVAR

The DRD-method was not intended as a “final repository”; only “the best solution up to the First Future Ice Age”.

But things have changed with the invalidation of the KBS-3 method due to new observational facts with respect to paleoseismology and explosive methane venting (e.g. Mörner, 2012, 2013).

There are places in Sweden where remarkably quiet geodynamical conditions have prevailed for a period of about 80 million years (Mörner, 2009, p. 76); viz in the Ivö–Åsen area in SE Sweden where an unconsolidated delta dated by fossils and paleomagnetism to the upper Santonian some 80 ma ago remains totally unaffected by later tectonic or paleoseismic disturbances, and effects of all the glaciations of the Quaternary period.

A DRD-repository some 100 m down in the bedrock hills of Vångaberget or Västånåberget (p. 23) may hence remain much safer than any KBS-3 repository at Forsmark or Oskarshamn (or Olkiluoto in Finland).

In such an environment a DRD-3 repository may be regarded as an effective “final repository” – far superior to a KBS-3 repository, because accessibility, controllability and retrievability are kept and the surrounding artificial fracture zones offers an excellent protection against negative earthquake effects.

On the opposite page, a possible DRD-3 repository is shown in the Ivö–Åsen area, where a kaolin bed (purple) covered by unconsolidated sand and clay layers (green) which lack deformation structures, despite the fact that they are 80 million years old and have been passed by several glaciations in the Quaternary. Here, a DRD-3 repository is likely to remain safe in the stipulated 100,000 years (or even longer). Surely, there are other optional places, too.

DRD-metoden var aldrig tänkt som ett “slutförvar”; bara som ”den bästa lösningen fram till nästa istid”.

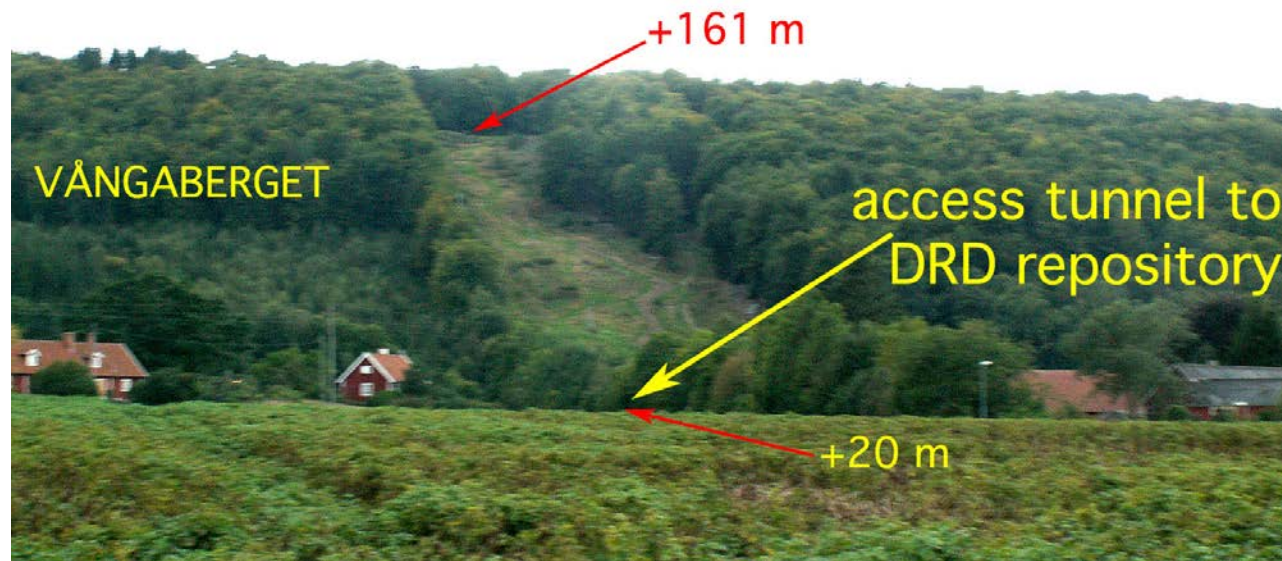
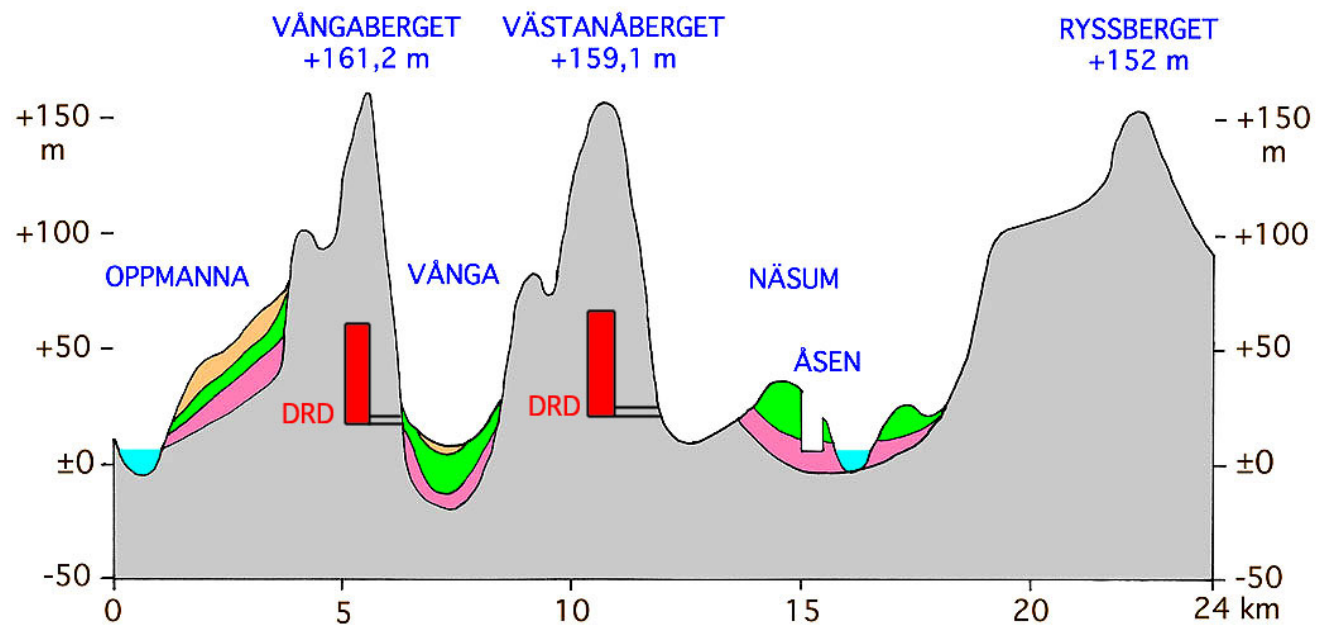
Men situationen har ändrats i och med KBS-3 metodens kapsejsande på grund av nya observationsfakta vad gäller paleoseismisitet och explosiv metangasavgång (t.ex. Mörner, 2012, 2013).

Det finns platser i Sverige där det rått förvånande lugna geodynamiska förhållanden för en period av runt 80 miljoner år (Mörner, 2009, s. 76); nämligen i Ivö–Åsen området i sydöstra Sverige, där ett okonsoliderat delta, daterat med fossil och paleomagnetism till övre Santon för runt 80 ma sedan, förblivit totalt opåverkat av senare tektoniska och seismiska krafter och deformationer, liksom effekter av alla de glaciationer som passerat under Kvartärtiden.

Ett DRD-förvar runt 100 m ner i berget i Vångaberget eller Västånåberget (sid 23) skulle därför förbli mycket säkrare än något KBS-3 förvar i Forsmark eller Oskarshamn (eller Olkiluoto i Finland).

I en sådan miljö kan ett DRD-3 förvar anses som ett effektivt ”slutförvar” – mycket bättre än ett KBS-3 förvar eftersom tillgänglighet, kontrollerbarhet och återtagbarhet bevarats, och de omgivande krosszonerna erbjuder ett effektivt skydd mot negativa jordbävningseffekter.

På motsatta sida visas ett möjligt DRD-3 förvar i Ivö–Åsen området, där ett kaolin-lager (skära) täcks av lösa sand- och lerlager (gröna) vilka saknar deformationsstrukturer, trots att de är 80 miljoner år gamla och har passerats ett flertal glaciationer i kvartär tid. Här skulle ett DRD-3 lager kunna ligga säkert i erforderliga 100.000 år (eller mer). Sakerligen finns det även andra lämpliga platser.



Time to sum up

CLAB has little or no safety and is in use under serious uncertainties and threats

INKA (encapsulation) is an unnecessary complication

SFR will sooner or later contaminate the Baltic

BFA is totally inferior as temporary repository for long-lived waste (reactor parts)

SFL is just a hypothetical sketch of questionable qualities for long-lived waste

KBS-3 is invalidated by new findings of paleoseismic realities and explosive methane venting in nature

and instead turn to DRD

DRD is an excellent way of depositing

- low- and medium-level waste (instead of SFR)
- long-lived waste (instead of BFA and SFL)
- high-level waste (instead of KBS-3)

DRD-1 invalidates CLAB and INKA and offer full freedom of action

DRD-2 invalidates CLAB, INKA and KBS-3 and offer high safety condition up to the Next Ice Age
This also applies as a substitute of SFR and BFA/SFL

DRD-3 is a “final repository” at a few special sites offering stable conditions even during Ice Ages

Tid att summera

CLAB har liten eller ingen säkerhet och används nu under stora osäkerheter och hot

INKA (inkapsling) är en onödig komplikation

SFR kommer förr eller senare att förorena Östersjön

BFA är totalt undermålig som mellanlager för långlivat avfall (reaktor delar)

SFL är bara en hypotetisk skiss av tvivelaktig kvalité för långlivat avfall

KBS-3 har omöjliggjort av nya upptäckter vad gäller paleoseismisk verklighet och explosiv metangasavgång i naturen

och istället vända sig till DRD

DRD är en utmärkt metod för lagring av

- låg- och medelaktivt avfall (istället för SFR)
- långlivat avfall (istället för BFA and SFL)
- högaktivt avfall (istället för KBS-3)

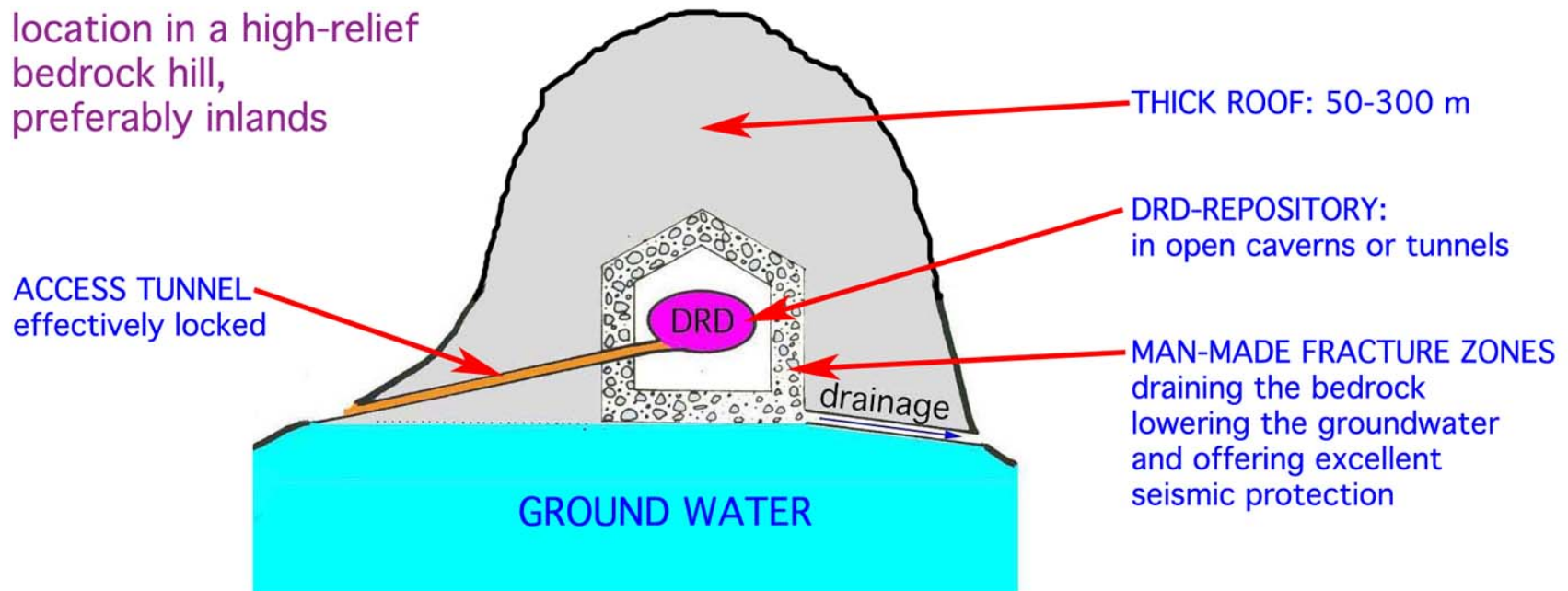
DRD-1 gör CLAB och INKA onödiga
Och erbjuder full handlingsfrihet

DRD-2 gör CLAB, INKA och KBS-3 onödiga
Och erbjuder höga säkerhetsförhållanden fram till nästa istid
Detta gäller även som ersättning för SFR och BFA/SFL

DRD-3 är ett slutförvar på några få speciella platser som erbjuder full säkerhet även under framtida istider

A DRD REPOSITORY “IN A NUT-SHELL”

Always accessible, controllable and retrievable
still effectively locked and safe



Sweden is full of high-relief bedrock hills and mountains.
A suitable bedrock mass inside the hill is surrounded by artificial fracture zones,
which will drain the bedrock and lower the ground water table.
As an extra bonus, the fracture zones acts as a very effective protection against seismic effects.
The access-tunnel is, of course, effectively locked. The roof acts as a strong shelter.

Referenser och källhänvisningar

- Cronhjort, B. & Mörner, N.-A., 2004. A question of dry vs. wet. The case for Dry Rock Disposal of nuclear waste. *Radwaste Solutions*, May/June 2004, p. 44-47.
- Eggert, U., Johansson, A. & Kvamsdal, O., 1993. *DRD-metoden: en kort presentation*. Gnosjö Service Tryckeri AB.
- Gimo, 2009. Miljöorganisationernas möte i Gimo, 28-30 augusti 2009, organiserat av MKG, där man bl.a. enhälligt fördömde KBS-3 metoden som slutförvar.
- KASAM, 2007. *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet*. SOU 2007:38.
- Kärnavfallsrådet, 2010. *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2010*. SOU 2010:6.
- Milkas, 2008. Yttrande över Fud 2007. Se även: www.milkas.se
- Milkas, 2010. Yttrande över SKB:s ”preliminär MKB version”, 2009.
- Milkas, 2012. Yttrande över SKB AB:s ansökan om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen till anläggningar i ett sammanhängande system för slutförvar av använt kärnbränsle och kärnavfall. Till Nacka Tingsrätt (MMD) och SSM, 2012.
- Mörner, N.-A., 1980. *Ecce Homo*. P&G-tryck, Ekenäs (56 sidor).
- Mörner, N.-A., 1996. Remissutlåtande från Stockholms Universitet över FUD-program 95, P&G-enheten, 1-37.
- Mörner, N.-A., 1998. Remissutlåtande från Stockholms Universitet över FUD-program 98, P&G-enheten, 1-60.
- Mörner, N.-A., 2001. In absurdum: long-term predictions and nuclear waste handling. *Engineering Geology*, 61, 74-82.
- Mörner, N.-A., 2003. *Paleoseismicity in Sweden – a novel paradigm*. INQUA Committee on Paleoseismology, Reno. P&G-print, Stockholm University (320 sidor).
- Mörner, N.-A., 2005. Yttrande från Stockholms Universitet över FUD-program 04. Del 2, 1-18.
- Mörner, N.-A., 2008. Se: Milkas, 2008 , 1-45.
- Mörner, N.-A., 2009. *Detta Eviga Avfall*. Pqr-kultur, Mariehamn (100 sidor). www.pqr.ax
- Mörner, N.-A., 2009b. Angående slutförvaring av högaktivt kärnbränsleavfall. Skrivelse till Sveriges Regering, Energidepartementet, samt Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM), daterad 18 mars 2009.
- Mörner, N.-A., 2010. Yttrande från DRD-gruppen över Miljökonsekvensbeskrivning, Återtagbarhet och Slutförvaring. Skrivelse till Sveriges Regering, Miljöminister Anders Carlgren, daterad 1 mars 2010, 16 sidor.
- Mörner, N.-A., 2011. Paleoseismology: the application of multiple paramitres in four case studies in Sweden. *Quaternary International*, 242, 65-75.
- Mörner, N.-A., 2012. Seismic hazard assessment on a nuclear waste time scale. 3rd INQUA- IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Paleoseismology and Archaeoseismology, Morelia, Mexico, 19-24 Nov. 2012, *INQUA- IGCP 567 Proceedings* Vol. 3, p. 131-134.
- Mörner, 2012b. Se: Milkas, 2012, Bilaga 3, p. 1-18.
- Mörner, N.-A., 2013. *Collapse-Kollaps-Romahdus*. P&G-print, 2013 (72 sidor).
- Mörner, N.-A., Kvamsdal, O. & Rustan, A., 1999. Alternativ lagring av kärnbränsleavfall i torrt berggrundsförvar enligt metoden ”Dry Rock Deposit” DRD. Ansökan om forsknings- och utredningsbidrag (30 sidor) till SKI från DRD-gruppen (Stockholm & Luleå, 8 mars, 1999).
- Mörner, N.-A., Sjöberg, R. & Kvamsdal, O., 1999. The true geodynamics of Fennoscandia, the insanity of a final unguarded bedrock deposition, and the possibility to use the DRD-method. Proc. 1998 Conference *Health and environmental criteria and standards*, p. 223-233, SEI.
- Rustan, P.A., 2001. Storage of nuclear waste, necessary strategy and method change (from a wet to a dry storage). In: *Rock Mechanics – A challenge for Society*, P. Särkkä & P. Eloranta, eds., p. 775-780, Swets & Zeitlinger.
- Rustan, A., Kvamsdal, O. & Johansson, A., 1989. Torrt underjordslager i berg för förvaring av miljöfarligt avfall. SAKAB rapport.

*Månd ädlare att rätta lagen efter verkligheten
än förvränga verkligheten efter lagen*

(från Mörner, 2009)

DRD-metoden

**rättar sig efter naturlagarna och senaste forskningsfakta
och öppnar för framtida tekniska innovationer**

**med
bevarad handlingsfrihet
kontrollmöjlighet
och återtagbarhet**

**metoden kombinerar hänsynstagande till
forskningsfakta, miljökrav, energitänkande, tekniska innovationer
samt etik och sunt förnuft
(och är dessutom mycket billigare)**

D
D R D
D



The author was head of *Paleogeophysics & Geodynamics* at Stockholm University (1991-2005). As president of the INQUA *Neotectonics Commission* (1981-1989) and editor of the *Neotectonics Bulletin* (1978-1996) he laid the ground for modern neotectonics and paleoseismics. He organized the 1977 international geodynamics symposium in Stockholm printed by Wiley as *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy* (1980). He has written hundreds of peer-reviewed articles in international journals, and been guest editor for several special issues on paleoseismics and neotectonics. He organized international field excursions devoted to paleoseismics, neotectonics and uplift in Sweden in 1977, 1999, 2008, 2011 and 2013. At the International Geological Congress in Oslo in 2008 he run a course in Paleoseismology. His monograph on *Paleoseismicity in Sweden – a noval paradigm* was printed as a contribution to INQUA from its Sub-sommission Paleoseismology (2003, 320 pp). It gives a thourough documentation of 52 high-magnitude paleoseismic events in Sweden including 17 tsunami events. Today, his *Paleoseismic Catalogue of Sweden* includes 62 events.

In 2008, he was awarded *The Golden Condrite of Merit* from Algarve University “for his irreverence and contribution to our understanding of sea level change”.

In this bocklet, he presents and describes the so-called DRD-method (Dry Rock Deposit) for a safe bedrock storage of high-level nuclear waste.