

KBS TEKNISK RAPPORT

15

ORIENTERANDE TEMPERATURBERÄKNINGAR FÖR
SLUTFÖRVARING I BERG AV RADIOAKTIVT AV-
FALL

RAPPORT 2

Roland Blomquist
AB ATOMENERGI 77-05-17

ORIENTERANDE TEMPERATURBERÄKNINGAR FÖR
SLUTFÖRVARING I BERG AV RADIOAKTIVT AV-
FALL

RAPPORT 2

Roland Blomquist
AB ATOMENERGI 77-05-17

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

Roland Blomquist

TITLE

KBS OBJECT 19.02

INTRODUCTORY CALCULATIONS OF TEMPERATURES
IN A ROCK STORAGE FOR FINAL DISPOSAL OF
RADIOACTIVE WASTE.

REPORT NO. 2.

SUMMARY

Introductory calculations of temperatures in a rock storage for final disposal of radioactive waste have been carried out since February 1977. Calculations performed until about the 15th of March have earlier been presented in KBS Technical Report 05. The now compiled report give details about further calculations up to about the 15th of May.

The first part of this report deals with an extension of earlier parametric studies regarding disposal of highly radioactive glass in vertical holes deeply in hard rock. The extension mainly deals with how the temperature of the waste is influenced by the active length of the holes, the diameter of the waste containers and the concentration of fission products in the glass. Besides is also shown some results of calculations regarding an actual storage geometry in 4 levels.

The report also presents a parametric study of a final storage containing non-reprocessed spent fuel. In this case the waste containers are assumed to be placed horizontally along the center lines of horizontal tunnels filled with a mixture of clay and sand. The storage is alternatively assumed to have one or five levels. By assuming several different values for time of disposal, size of waste containers, distance between tunnels, distance between containers and thermal conductivity of clay-sand mixture the influence of those parameters on the container temperature is shown.

KBS. Objekt 19:02
Orienterande temperaturberäkningar för slutför-
varing i berg av radioaktivt avfall. Rapport nr 2
Roland Blomquist

TPM-RV-465

10/11+22

1977-05-17

54309

R. Blomquist

SAMMANFATTNING

På uppdrag av KBS har sedan februari 1977 orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall utförts. Beräkningar utförda fram till mitten av mars 1977 har tidigare redovisats i en sammanfattande rapport. Föreliggande rapport redovisar de beräkningar som utförts under tiden mitten av mars till mitten av maj 1977.

Rapporten redovisar i sin första del en utökning av tidigare utförda parameterstudier gällande deponering av förglasat avfall i vertikala hål djupt nere i berget. Det är främst avfallstemperaturens beroende av parametrarna hålens aktiva längd, avfallsbehållarnas diameter samt halten klyvningsprodukter i glaset som behandlas. Dessutom redovisas vissa beräkningsresultat för ett aktuellt depåalternativ i 4 våningar.

Rapporten redovisar vidare en parameterstudie av depå för direktdeponerat avfall. Avfallsbehållarna tänkes här placerade längs centrumlinjerna av horisontella tunnlar fyllda med lersandblandning. Depån antas alternativt bestå av en eller fem våningar. Genom att anta olika värden för deponeringstidpunkt, behållarnas storlek, avstånd mellan tunnlar, avstånd mellan behållare samt värmeledningsförmågan för lersandblandningen visas inverkan av dessa parametrar på behållaretemperaturen.

1977-05-17

INNEHÅLL

	Sid
INLEDNING	3
AVFALL FRÅN UPPARBETNINGSANLÄGGNING	3
<u>Utökad parameterstudie</u>	3
Allmänt	3
Fysikaliska data för berg, lersandblandning och glas	3
Dimensioner	4
Värmeutveckling	4
Beräknade temperaturer	4
Avfallsbehållarnas maxtemperatur vid en aktuell depågeometri	5
Allmänt	5
Fysikaliska data för berg och lersandblandning	5
Avfallsbehållarnas dimension och värmeutveckling	5
Geometri, dimensioner m m	6
Beräknade temperaturer	7
DIREKTDEPONERAT AVFALL	8
<u>Allmänt</u>	8
<u>Fysikaliska data för berg och lersandblandning</u>	8
<u>Dimensioner</u>	9
<u>Värmeutveckling</u>	9
<u>Beräknade temperaturer</u>	10
REFERENSER	11

1977-05-17

INLEDNING

På uppdrag av KBS har orienterande beräkningar utförts för att belysa temperaturfrågorna i samband med slutförvaring av radioaktivt avfall i berg. Beräkningarna har omfattat såväl avfallsbehållare från upparbetningsanläggningar som inkapslade bränslestavar avsedda för direktdeponering.

Resultat av beräkningar fram till mitten av mars 1977 har tidigare redovisats, se Ref (1). Ref (1) innehåller också en redogörelse för använd beräkningsmetodik.

Här redovisade beräkningar omfattar dels en utökning av de i Ref (1) redovisade parameterstudierna för högaktivt avfall från upparbetningsanläggning, dels beräkningar av behållaretemperaturer för sådant avfall för en aktuell depågeometri, samt dels en parameterstudie för direktdeponerat avfall där avfallsbehållarna placeras horisontellt i en rad längs centrumlinjerna av lerfyllda tunnlar.

AVFALL FRÅN UPPARBETNINGSANLÄGGNING

Utökad parameterstudieAllmänt

Här redovisade beräkningar omfattar en utökning av de i Ref (1) redovisade parameterstudierna och avser att belysa inverkan av kort aktiv längd, glascylindrarnas diameter samt halten fissionsprodukter i glaset. Det som i Ref (1) under motsvarande rubrik anges beträffande depåns utformning m m gäller även här.

Fysikaliska data för berg, lersandblandning och glas

För berg och lersandblandning har används samma värden som i Ref (1), dvs

1977-05-17

Granit, värmeledningsförmåga	3.35 W/m °C
densitet	2 700 kg/m ³
värmekapacitet	800 J/kg °C
Betonitlera blandad med kvartssand, värmeledningsförmåga	3.35 W/m °C
Glaset värmeledningsförmåga har antagits till	1.2 W/m °C

Dimensioner

Deponeringen antas ske i en våning. Deponeringsområdets horisontella utsträckning har antagits vara 400 x 400 m. Antagna värden beträffande övriga dimensioner är:

Behållarediameter/håldiameter	450/600 och 300/450 mm
Avstånd mellan vertikala deponerings- hål (kvadratisk gitter)	5 och 15 m
Hålens aktiva längd	1, 3 och 4 m

Värmeutveckling

Deponeringen har antagits ske 30 år efter uttag ur reaktorn. Värmeutvecklingen i glaset beror av halten fissionsprodukter. Följande antaganden har gjorts beträffande värmeutveckling och fissionsproduktinnehåll:

Värmeutveckling vid depone- ring, dvs 30 år efter uttag ur reaktorn	W/ℓ	2.25	4.50	6.75	9.00
D:o 50 år efter uttag	W/ℓ	1.35	2.65	4.00	5.30
D:o 100 år efter uttag	W/ℓ	0.45	0.85	1.30	1.70
Motsvarande halt fissions- produkter	%	~5	~10	~15	~20

Beräknade temperaturer

Temperaturförloppet i och kring den varmaste avfallsbehållaren i depån har beräknats för ett antal kombinationer av ovan angivna parametrar. Fig 1 - 4 visar beräknade maxtemperaturer för hålvägg, behållareyta och behållarecentrum, samt

1977-05-17

den ungefärliga tidpunkten för temperaturmaximum. Förutsatt initial värmeutveckling för de 4 figurerna är respektive 2.25, 4.50, 6.75 och 9.00 W/l. Övriga parametervärden anges i figurerna.

Avfallsbehållarnas maxtemperatur vid en aktuell depågeometri

Allmänt

Temperaturförloppet för varmaste behållaren i en aktuell depåutformning har beräknats. Depåutformningen beskrivs närmare under rubriken "Geometri, dimensioner m m".

Enligt önskemål i Ref (2) har två deponeringsalternativ studerats:

- 1) Enbart deponering av 78 avfallsbehållare från Barsebäck 2 och Ringhals 3.
- 2) Deponering av 300 avfallsbehållare årligen i 30 år.

Vid deponeringen antas avfallets ålder vara 40 år, räknat efter uttag ur reaktorn.

Fysikaliska data för berg och lersandblandning

Följande data har antagits:

Granit, värmeledningsförmåga	3.0 W/m °C
densitet	2 700 kg/m ³
värmekapacitet	850 J/kg °C
Lera (10 % bentonit + 90 % kvartssand), värmeledningsförmåga vattenmättad	3.0 W/m °C
D:o lufttorr	0.3 W/m °C

Avfallsbehållarnas dimensioner och värmeutveckling

För avfallsbehållarna har antagits:

1977-05-17

Avfallsinnehåll motsvarande	0.67 ton uran
Glasetts halt av fissionsprodukter	~ 9 %
Diameter	0.4 m
Längd	1 m
Värmeavgivning efter 40 år	265 W/beh
"- 50 år	210 W/beh
"- 70 år	135 W/beh
"- 100 år	69 W/beh

Vid deponeringen förutsättes avfallets ålder vara 40 år, räknat från uttag ur reaktorn.

Geometri, dimensioner, m m

Horisontell utsträckning	400 x 400 m
Antal våningar	4 st
Avstånd mellan våningar	100 m
Antal parallella tunnlar per våning	11 st
Avstånd mellan tunnlar	40 m
Tunnellängd	400 m
Antal rader av vertikala deponeringshål per tunnel	1 st
Avstånd mellan hål	10 m
Antal hål per tunnel	40 st
Håldiameter	0.9 m
Håldjup	10 m
Antal behållare per hål	6 st
Axiellt avstånd mellan behållare	0.5 m

Den 25 cm breda koncentriska spalten mellan behållarna och bergväggen förutsättes fylld med en blandning av 10 % bentonit och 90 % kvartssand. Lersandblandningen antas alternativt vara vattenmättad eller lufttorr. De 0.5 m långa distanselementen axiellt mellan behållarna antas ha en värmeledningsförmåga ungefär motsvarande granit.

1977-05-17

Beräknade temperaturer

För deponeringsalternativ 1, dvs 78 behållare från Barsebäck 2 och Ringhals 3, har deponeringen antagits ske enbart i en av de ovan definierade tunnlarna. Med 6 behållare i varje hål, avstånd 10 m mellan hålen, åtgår 130 m tunnel. Deponeringen förutsättes ske 40 år efter uttag ur reaktorn. Det beräknade tidsförloppet för yttemperaturen för den varmaste behållaren framgår av Fig 5.

För deponeringsalternativ 2, dvs deponering av 300 avfallsbehållare per år i 30 år antages deponeringen ske så att man först fyller tunnel efter tunnel i en våning, därefter fortsätter med nästa våning osv. Detta medför att avfallet i intill varandra liggande tunnlar kommer att vara ungefär lika gammalt. Detta medför i sin tur att en viss behållares maxtemperatur endast kommer att vara beroende av ungefär lika gammalt avfall. Enligt de beräkningar som gjorts kommer nämligen temperaturinverkan från långt bort belägna tunnlar och andra våningar ej att till någon betydande del nå fram förrän temperaturmaximum passerats. Temperaturmaximum för den varmaste behållaren kan därför beräknas för den förenklade förutsättningen att hela deponeringen sker vid samma tidpunkt.

Fig 6 visar det beräknade tidsförloppet för yttemperaturen för den varmaste behållaren i den helt fyllda depån för den ovannämnda förenklade förutsättningen att hela depån fylles samtidigt. Vid deponeringen förutsättes avfallets ålder vara 40 år, räknat från uttag ur reaktorn.

Som synes blir maxtemperaturerna här samma som för deponeringsalternativ 1, detta beroende på att temperaturinverkan från alla de långt bort placerade behållarna ej hinner tränga fram förrän maximum passerats. Det fortsatta tidsförloppet blir dock för alternativ 2 väsentligt skilt från alternativ 1.

1977-05-17

Som framgår av Fig 5 och 6 blir för båda alternativen yttemperaturen ca 65°C med vattenmättad lersandblandning och ca 160°C med lufttorr blandning. Införandet av en stödjande och eventuellt avtätande metallisk struktur i lerskiktet kan kanske för fallet med torr blandning minska maxtemperaturen med något tiotal eller möjligen några tiotal grader. Andra sätt att minska maxtemperaturen kan vara att minska lerskiktets tjocklek eller att göra deponeringen vid en senare tidpunkt.

DIREKTDEPONERAT AVFALL

Allmänt

Bränslestavarna förutsätts inkapslade i kroppar av cylindrisk form. Stavarna antas finnas i en inre zon. Kring denna finns ett yttre skikt av lämpligt material, t ex järn, som fungerar som strålskärm och korrosionsskydd.

Deponeringen förutsätts ske direkt i horisontella tunnlar som sedan helt fylls med lämplig lersandblandning. Avfallsbehållarna placeras horisontellt i en rad på sådant sätt att behållarnas centrumlinje sammanfaller med tunnelns.

Beräkningar för ett typfall enligt denna deponeringsgeometri har tidigare redovisats i Ref (1). Här redovisas en senare utförd parameterstudie.

Fysikaliska data för berg och lersandblandning

Följande fysikaliska data har använts:

Granit, värmeledningsförmåga	$3.35 \text{ W/m }^{\circ}\text{C}$
densitet	$2\ 700 \text{ kg/m}^3$
värmekapacitivitet	$800 \text{ J/kg }^{\circ}\text{C}$
Lersandblandning, värmeledningsförmåga	$3.35 \text{ och } 1.50 \text{ W/m }^{\circ}\text{C}$
värmekapacitet	$2.2 \text{ MJ/m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

1977-05-17

Dimensioner

Avfallskropparna har antagits ha en total längd av 5 m. Ytterdiametern inklusive strålskärm har antagits enligt följande:

Bränsleinhåll motsvarande	1 ton U	1.7 ton U
Ytterdiameter	0.85 m	0.95 m

Depåns dimensioner har valts enligt följande:

Horisontell utsträckning	400 x 400 m
Antal våningar	1 och 5 st
Avstånd mellan våningar	25 m
Antal parallella tunnlar per våning	17 och 27 st
Horisontellt avstånd mellan tunnlar	15 och 25 m
Tunnellängd	400 m
Tunneldiameter	4 m
Axiellt avstånd mellan behållare	0 och 2 m

Värmeutveckling

Värmeutvecklingen i avfallet har antagits enligt följande:

Tid efter uttag ur reaktorn	Värmeutveckling
10 år	920 W/ton U
30 år	600 W/ton U
50 år	440 W/ton U
100 år	240 W/ton U

Deponering antages ske alternativt 10 och 30 år efter uttag ur reaktorn.

1977-05-17

Beräknade temperaturer

Fig 7 - 22 visar beräknat temperaturförlopp på ytan av den varmaste behållaren för 16 olika fall. Med några undantag finns i alla figurerna temperaturkurvor för horisontella avståndet mellan tunnlarna alternativt 15 och 25 m samt axiella avståndet mellan behållarna 0 och 2 m. I övrigt varierar i figurerna de olika parametrarna enligt nedanstående tabell.

Figur	Bränsleinnehåll, ton U/beh	Avfallsbehållarens ytterdiameter, m	Tid för deponering, år	Värmeledningsför- måga, bentonit + kvarssand, W/m °C	Antal våningar	Avstånd mellan våningar, m
7	1.0	0.85	30	3.35	1	-
8	1.0	0.85	30	3.35	5	25
9	1.7	0.95	30	3.35	1	-
10	1.7	0.95	30	3.35	5	25
11	1.0	0.85	10	3.35	1	-
12	1.0	0.85	10	3.35	5	25
13	1.7	0.95	10	3.35	1	-
14	1.7	0.95	10	3.35	5	25
15	1.0	0.85	30	1.50	1	-
16	1.0	0.85	30	1.50	5	25
17	1.7	0.95	30	1.50	1	-
18	1.7	0.95	30	1.50	5	25
19	1.0	0.85	10	1.50	1	-
20	1.0	0.85	10	1.50	5	25
21	1.7	0.95	10	1.50	1	-
22	1.7	0.95	10	1.50	5	25

1977-05-17

REFERENSER

1. Roland Blomquist
KBS. Objekt 19:02. Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall.
AB Atomenergi, TPM-RV-454, 1977-03-17.
2. Brev från Ingemar Lindholm, SKBF, daterat 1977-05-02.

1977-05-17

Deponering av upparbetat avfall. Parameterstudie

Förvaringsdepåns dimensioner	400 x 400 m
Ålder vid deponering	30 år
Halt klyvningsprodukter	~ 5 %
Värmeutveckling vid deponering	2.25 W/L
Bergtemperatur före deponering	20°C

Diameter för behållare och hål m	Aktiv längd, m	Avstånd mellan hål, m	Max temp på hålväggen, °C	Max temp på behållareytan, °C	Max centrumtemp i behållare, °C	Tid år
0.45/0.60	1	15	~ 45	~ 49	~ 71	~ 3
0.45/0.60	3	15	~ 64	~ 68	~ 87	~ 8
0.45/0.60	4	15	~ 71	~ 75	~ 92	~ 12
0.45/0.60	1	5	~ 89	~ 91	~ 100	~ 30
0.45/0.60	3	5	~ 210	~ 212	~ 220	~ 35
0.45/0.60	4	5	~ 270	~ 270	~ 280	~ 40
0.30/0.45	1	15	~ 33	~ 36	~ 46	~ 2
0.30/0.45	3	15	~ 42	~ 44	~ 53	~ 6
0.30/0.45	4	15	~ 45	~ 47	~ 55	~ 10
0.30/0.45	1	5	~ 52	~ 53	~ 59	~ 25
0.30/0.45	3	5	~ 105	~ 105	~ 110	~ 30
0.30/0.45	4	5	~ 130	~ 135	~ 135	~ 35

1977-05-17

Deponering av upparbetat avfall. Parameterstudie

Förvaringsdepåns dimensioner	400 x 400 m
Ålder vid deponering	30 år
Halt klyvningsprodukter	~ 10 %
Värmeutveckling vid deponering	4.50 W/L
Bergtemperatur före deponering	20°C

Diameter för behållare och hål m	Aktiv längd, m	Avstånd mellan hål, m	Max temp på hålväggen, °C	Max temp på behållareytan, °C	Max centrumtemp i behållare, °C	Tid år
0.45/0.60	1	15	~ 70	~ 79	~ 125	~ 3
0.45/0.60	3	15	~ 110	~ 115	~ 155	~ 8
0.45/0.60	4	15	~ 125	~ 130	~ 165	~ 12
0.45/0.60	1	5	~ 160	~ 160	~ 185	~ 30
0.45/0.60	3	5	~ 400	~ 405	~ 425	~ 35
0.45/0.60	4	5	~ 520	~ 520	~ 540	~ 40
0.30/0.45	1	15	~ 46	~ 52	~ 72	~ 2
0.30/0.45	3	15	~ 63	~ 68	~ 86	~ 6
0.30/0.45	4	15	~ 69	~ 74	~ 90	~ 10
0.30/0.45	1	5	~ 83	~ 86	~ 97	~ 25
0.30/0.45	3	5	~ 190	~ 195	~ 205	~ 30
0.30/0.45	4	5	~ 245	~ 245	~ 255	~ 35

1977-05-17

Deponering av upparbetat avfall. Parameterstudie

Förvaringsdepåns dimensioner	400 x 400 m
Ålder vid deponering	30 år
Halt klyvningsprodukter	~ 15 %
Värmeutveckling vid deponering	6.75 W/L
Bergtemperatur före deponering	20°C

Diameter för behållare och hål m	Aktiv längd, m	Avstånd mellan hål, m	Max temp på hålväggen, °C	Max temp på behållareytan, °C	Max centrumtemp i behållare, °C	Tid år
0.45/0.60	1	15	~94	~110	~175	~3
0.45/0.60	3	15	~150	~165	~220	~8
0.45/0.60	4	15	~175	~185	~235	~12
0.45/0.60	1	5	~225	~235	~265	~30
0.45/0.60	3	5	~590	~600	~630	~35
0.45/0.60	4	5	~770	~780	~800	~40
0.30/0.45	1	15	~58	~67	~97	~2
0.30/0.45	3	15	~85	~92	~120	~6
0.30/0.45	4	15	~94	~100	~125	~10
0.30/0.45	1	5	~115	~120	~135	~25
0.30/0.45	3	5	~275	~280	~295	~30
0.30/0.45	4	5	~355	~360	~370	~35

1977-05-17

Deponering av upparbetat avfall. Parameterstudie

Förvaringsdepåns dimensioner	400 x 400 m
Ålder vid deponering	30 år
Halt klyvningsprodukter	~ 20 %
Värmeutveckling vid deponering	9.0 W/L
Bergtemperatur före deponering	20°C

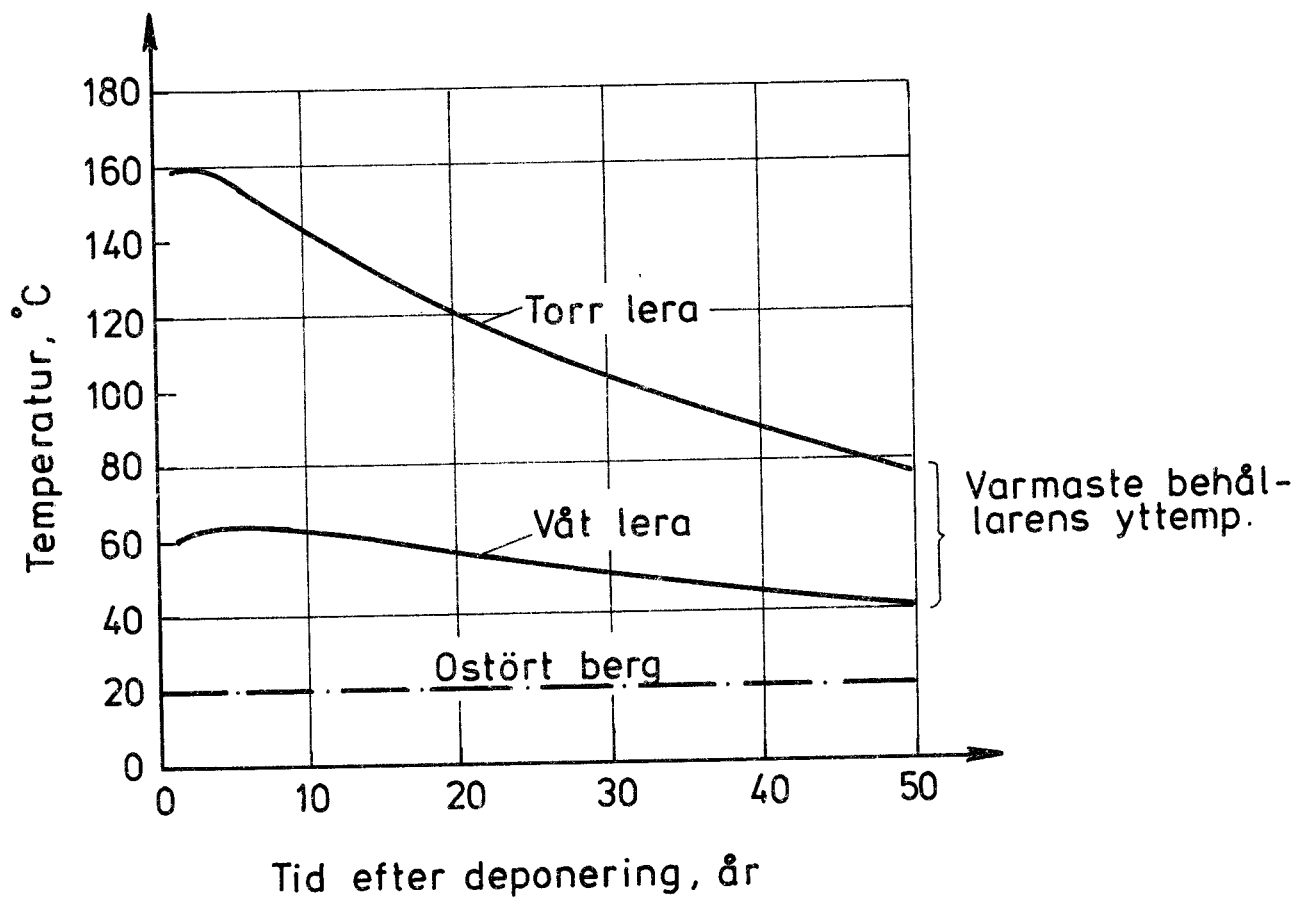
Diameter för behållare och hål m	Aktiv längd, m	Avstånd mellan hål, m	Max temp på hålväggen, °C	Max temp på behållareytan, °C	Max centrumtemp i behållare, °C	Tid år
0.45/0.60	1	15	~120	~135	~225	~3
0.45/0.60	3	15	~195	~210	~290	~8
0.45/0.60	4	15	~225	~240	~310	~12
0.45/0.60	1	5	~295	~305	~350	~30
0.45/0.60	3	5	~780	~790	~830	~35
0.45/0.60	4	5	~1020	~1030	~1060	~40
0.30/0.45	1	15	~71	~83	~125	~2
0.30/0.45	3	15	~105	~115	~150	~6
0.30/0.45	4	15	~120	~130	~160	~10
0.30/0.45	1	5	~145	~150	~175	~25
0.30/0.45	3	5	~360	~365	~385	~30
0.30/0.45	4	5	~465	~470	~485	~35

Varmaste behållarens yttemperatur
vid deponering av upparbetat
avfall i berg.

TPM-RV-465

Fig. 5

Deponering av 78 avfallsbehållare
Avfallets ålder vid deponering : 40 år
Övriga förutsättningar : se texten



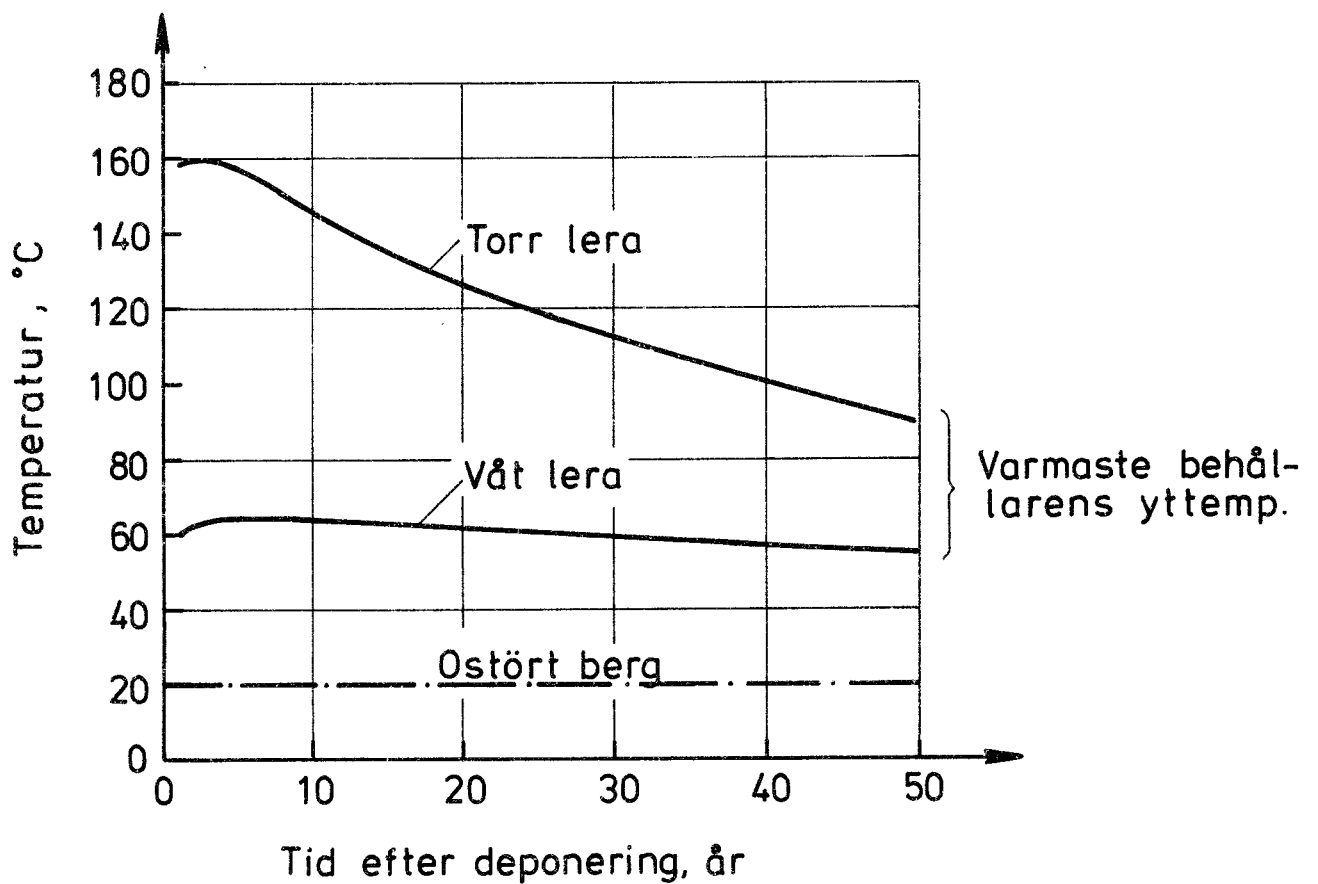
Varmaste behållarens yttemperatur
vid deponering av upparbetat
avfall i berg.

TPM-RV-465
Fig. 6

Deponering av 300 avfallsbehållare
årligen i 30 år.

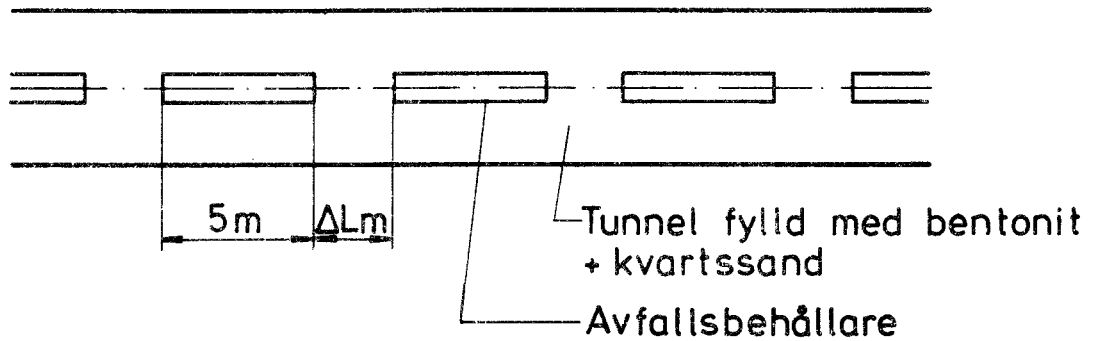
Avfallets ålder vid deponering : 40 år

Övriga förutsättningar: se texten

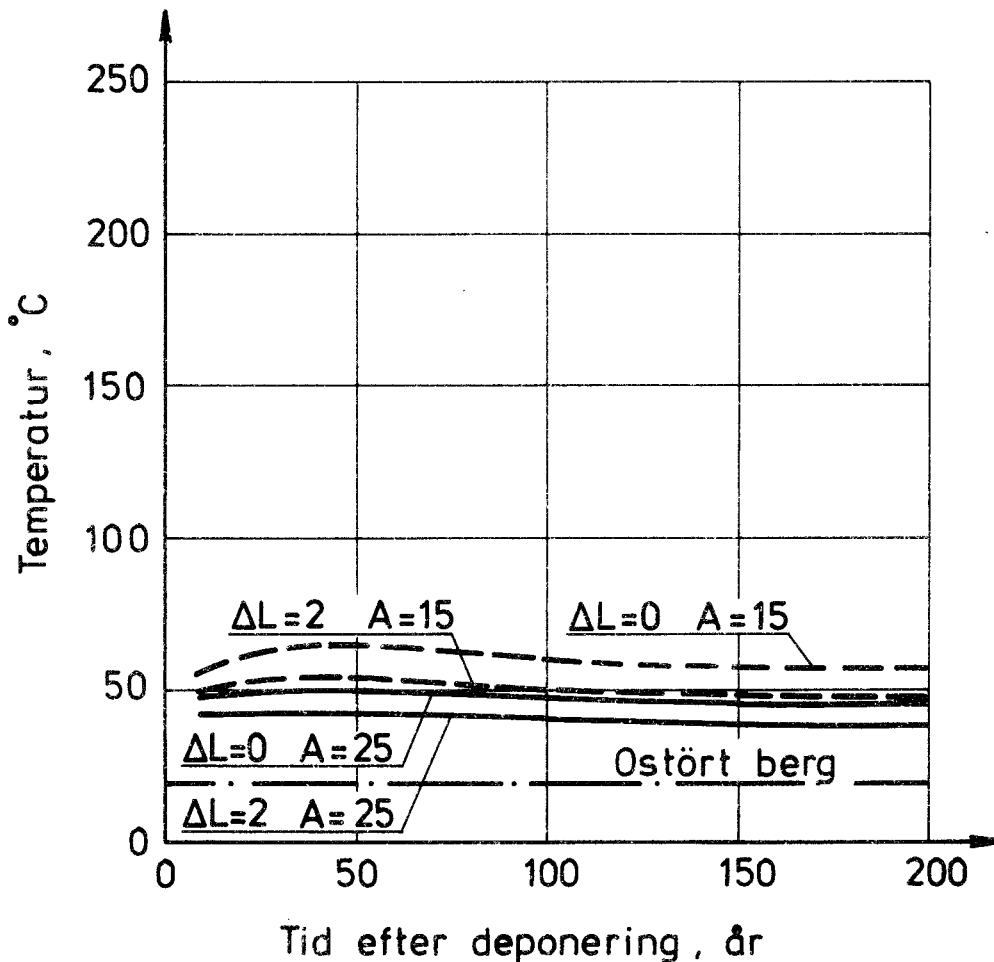


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 7

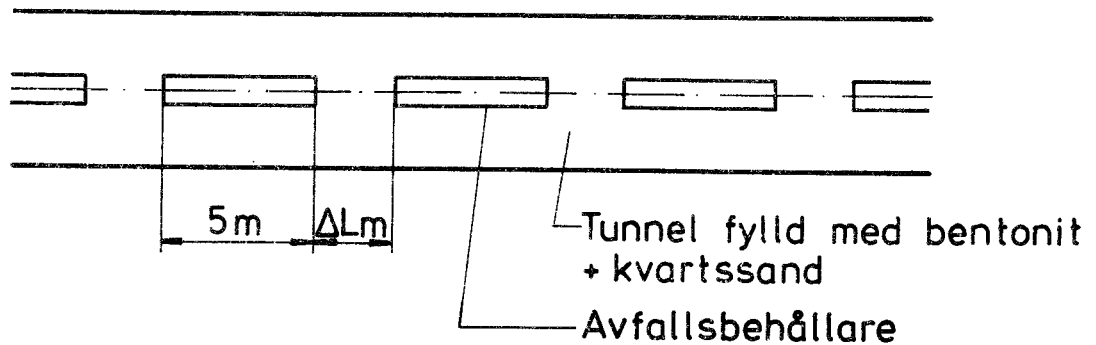


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 30 år
 Värmeutveckling vid deponering 600 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 1
 Avstånd mellan våningar

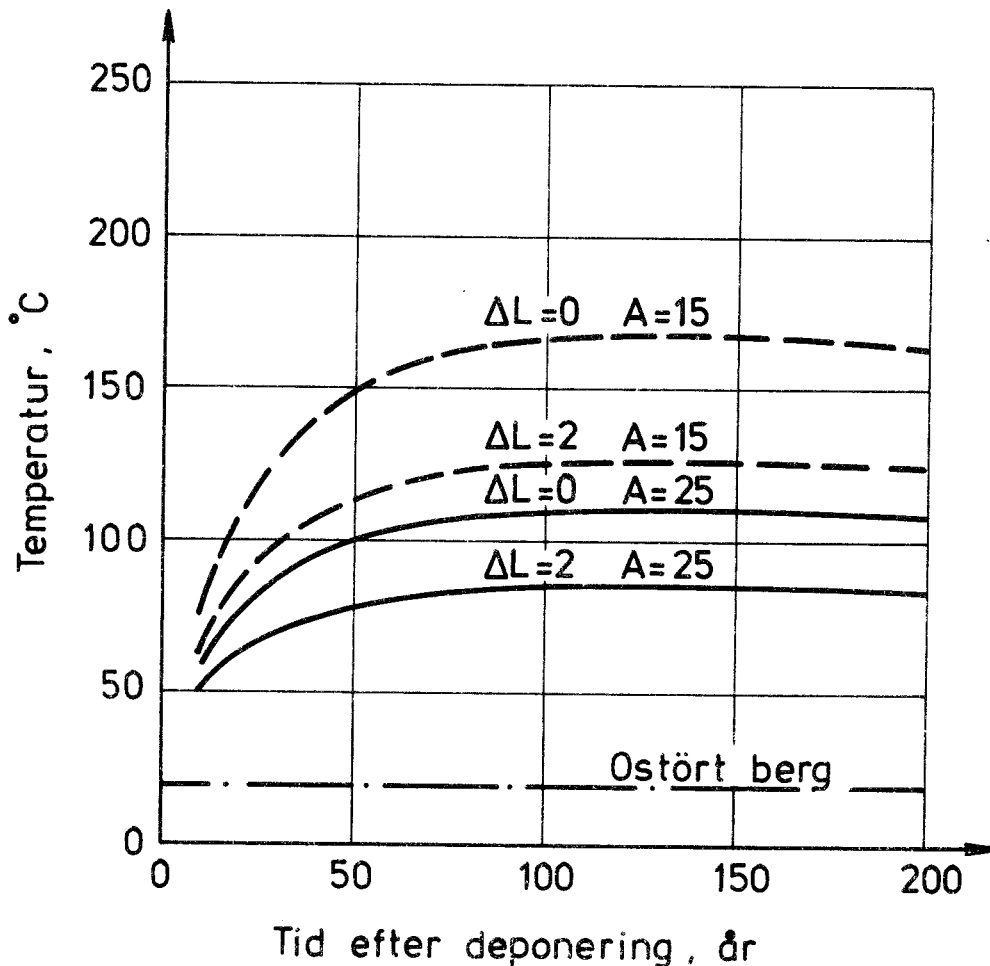


Varmaste behållarens ytemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 8

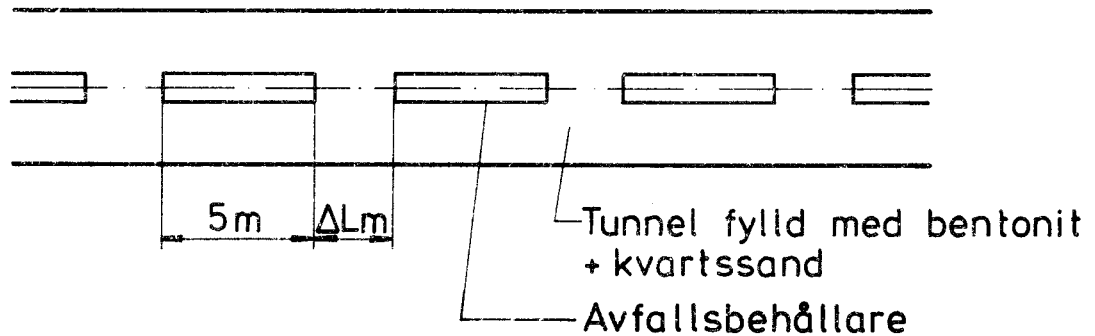


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 30 år
 Värmeutveckling vid deponering 600 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunnelldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 5
 Avstånd mellan våningar 25 m

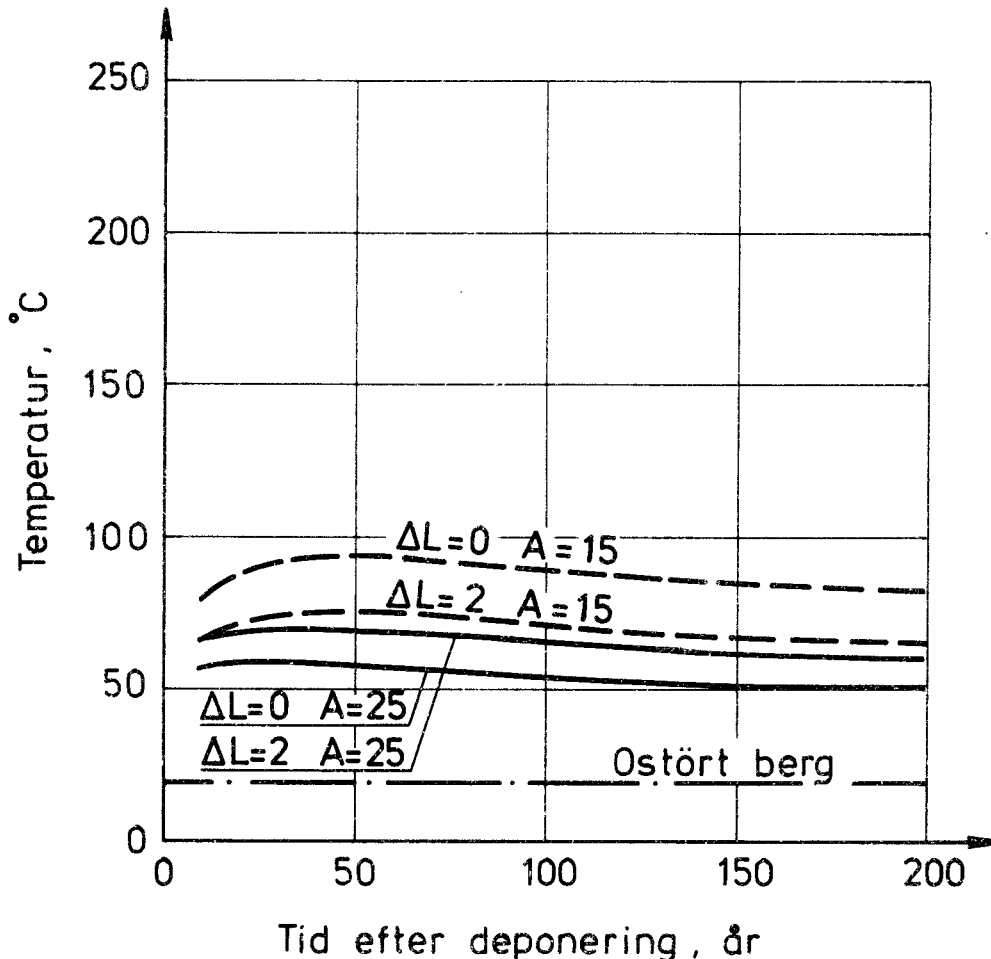


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 9

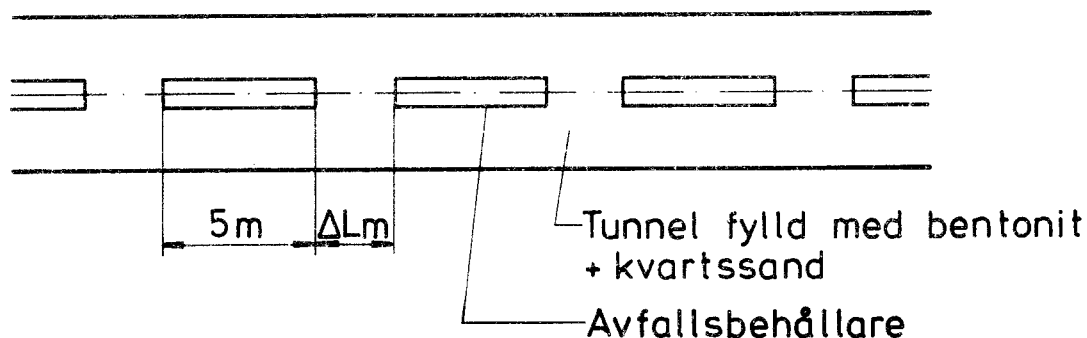


Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
 Behållarediameter 0.95 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 30 år
 Värmeutveckling vid deponering 1020 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 1
 Avstånd mellan våningar

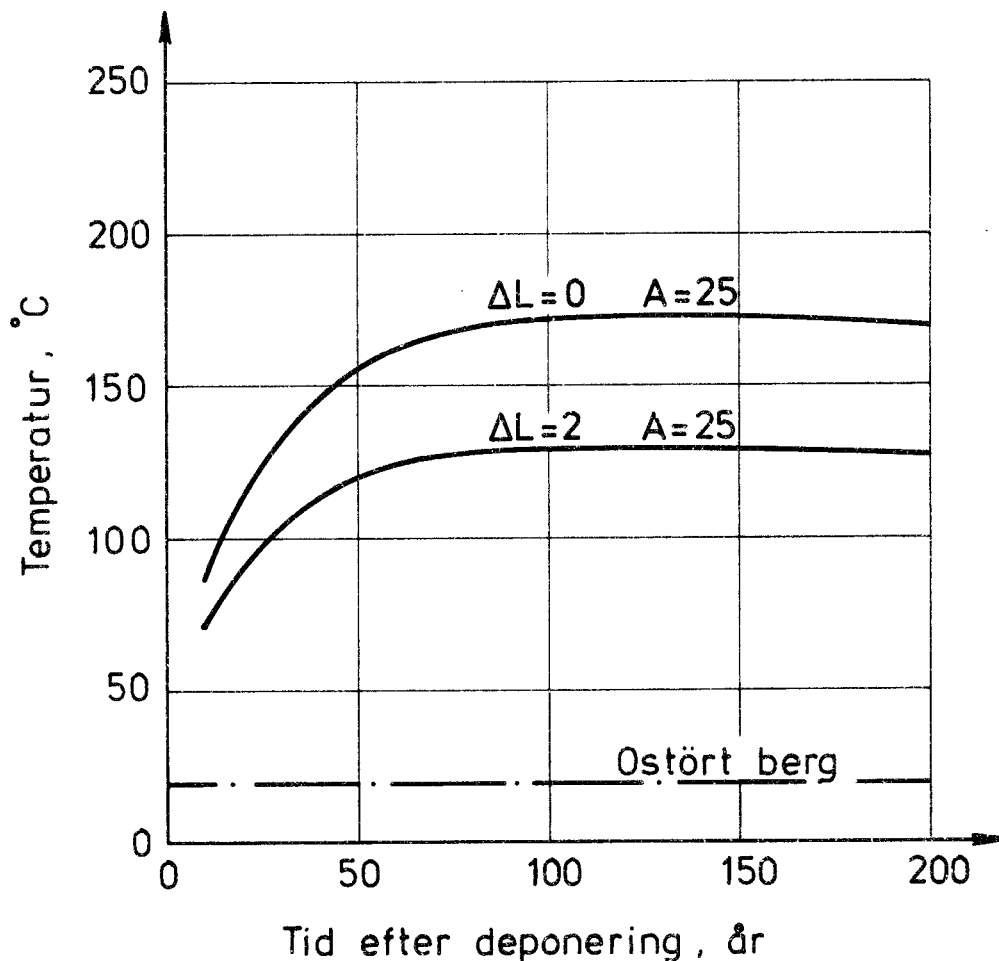


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 10

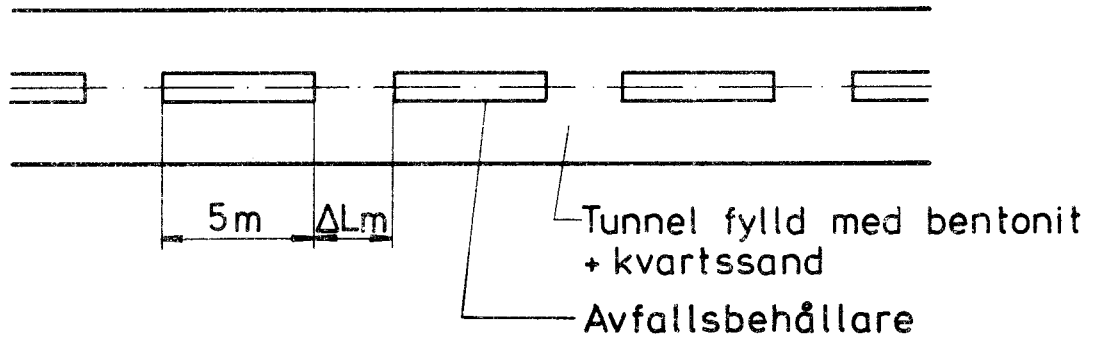


Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
 Behållarediameter 0.95 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 30 år
 Värmeutveckling vid deponering 1020 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 5
 Avstånd mellan våningar 25 m

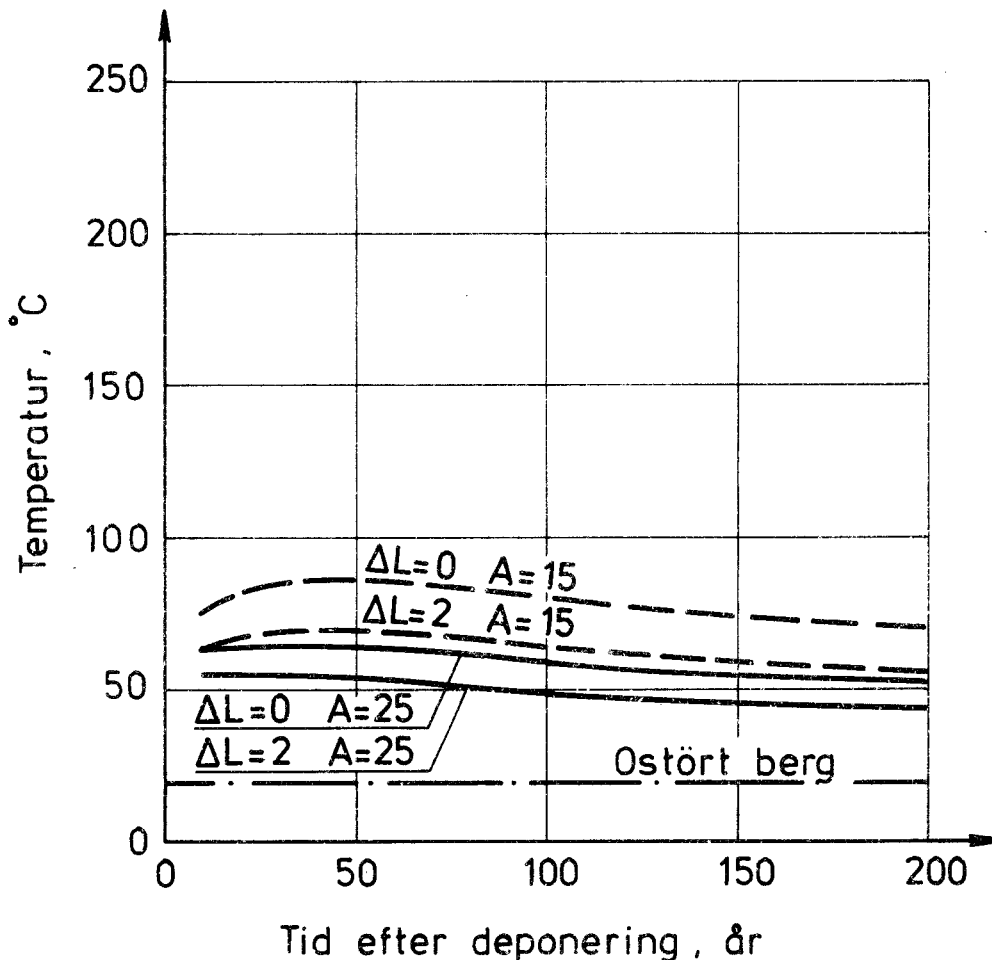


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 11

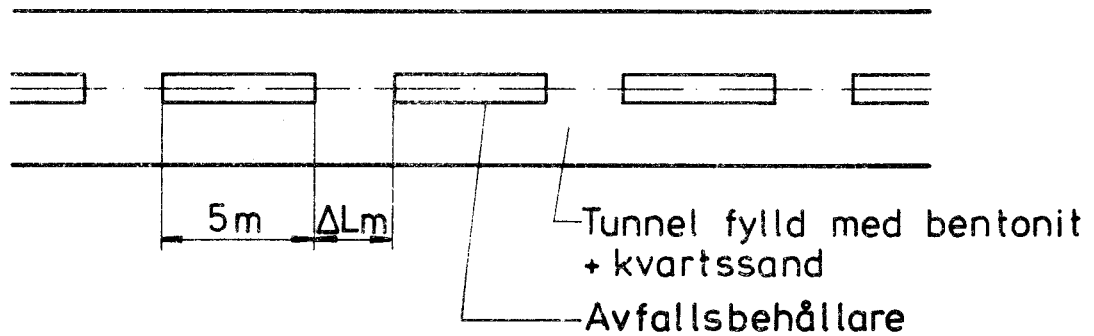


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 10 år
 Värmeutveckling vid deponering 920 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 1
 Avstånd mellan våningar

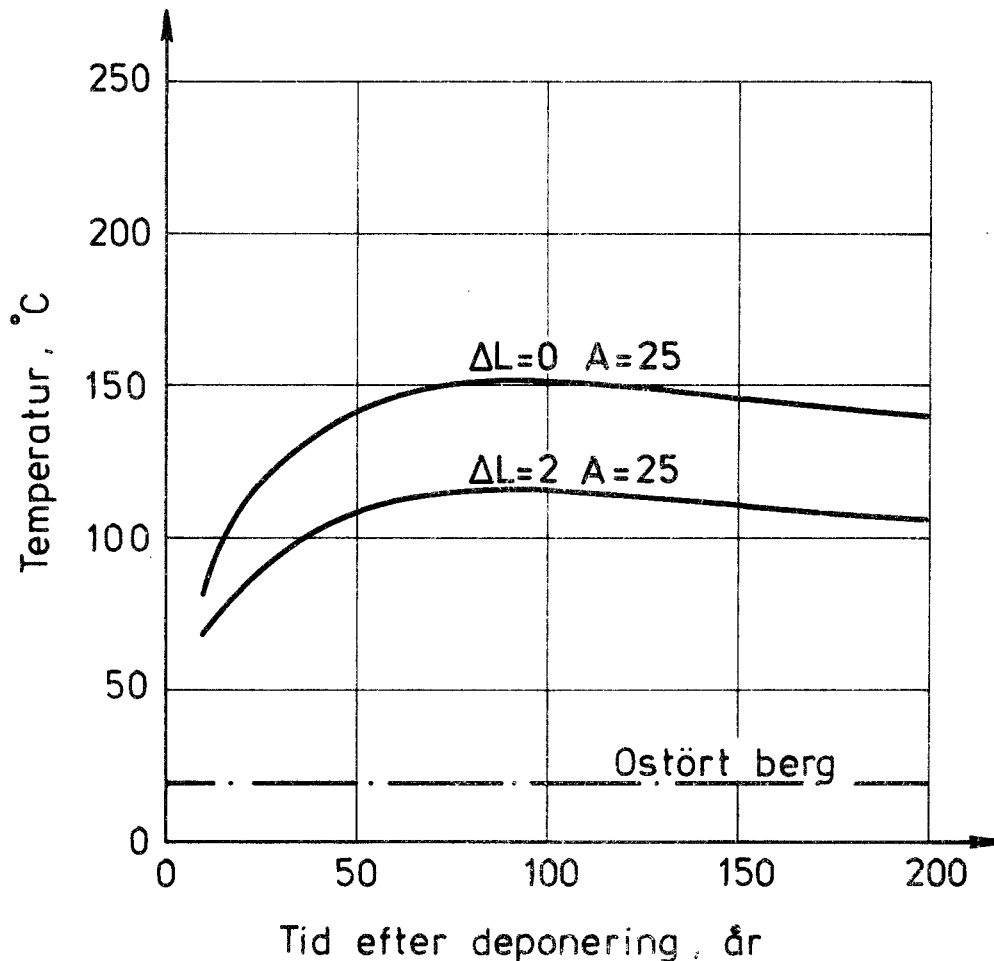


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 12

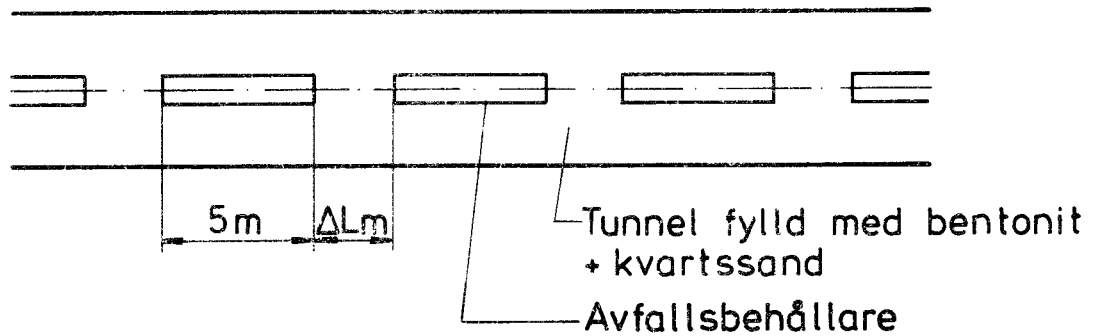


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 10 år
 Värmeutveckling vid deponering 920 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunnelldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 5
 Avstånd mellan våningar 25 m

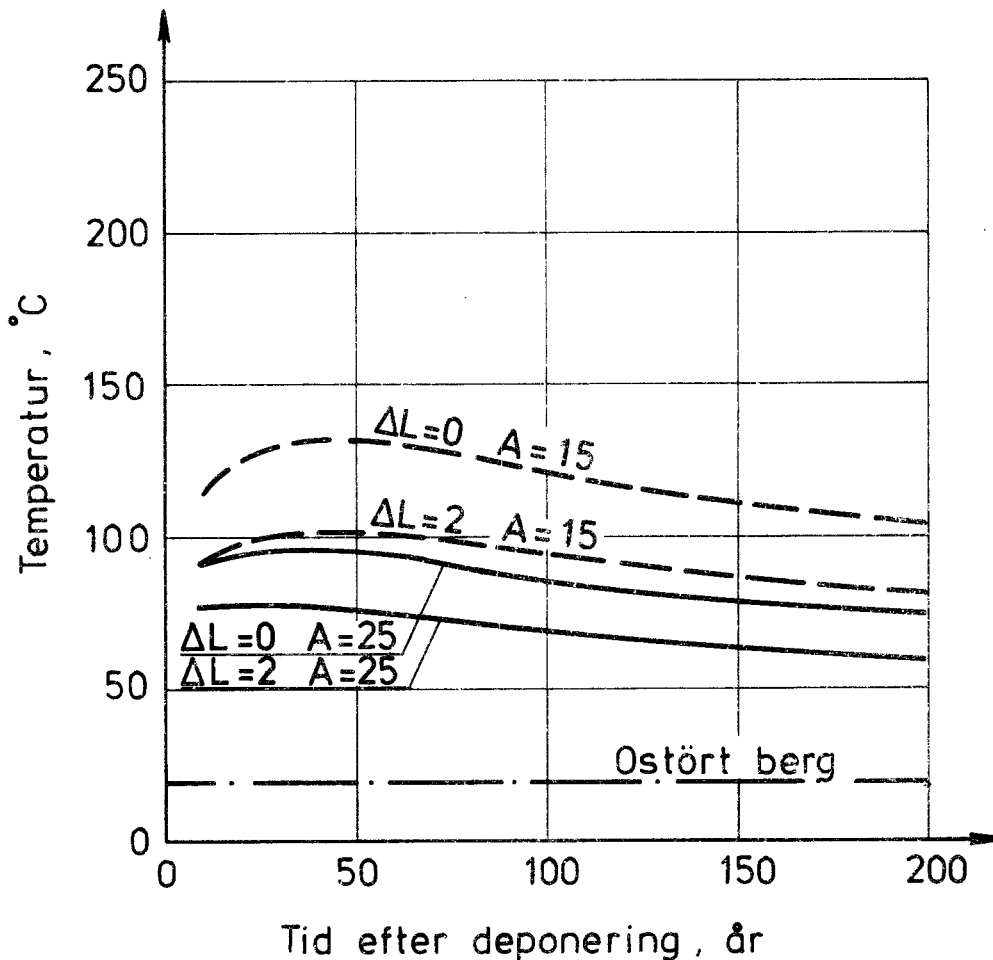


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 13

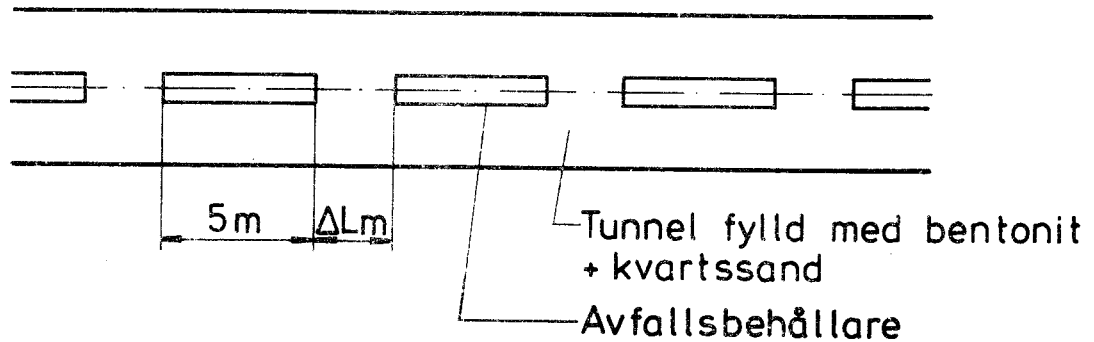


Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
 Behållarediameter 0.95 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 10 år
 Värmeutveckling vid deponering 1565 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 1
 Avstånd mellan våningar

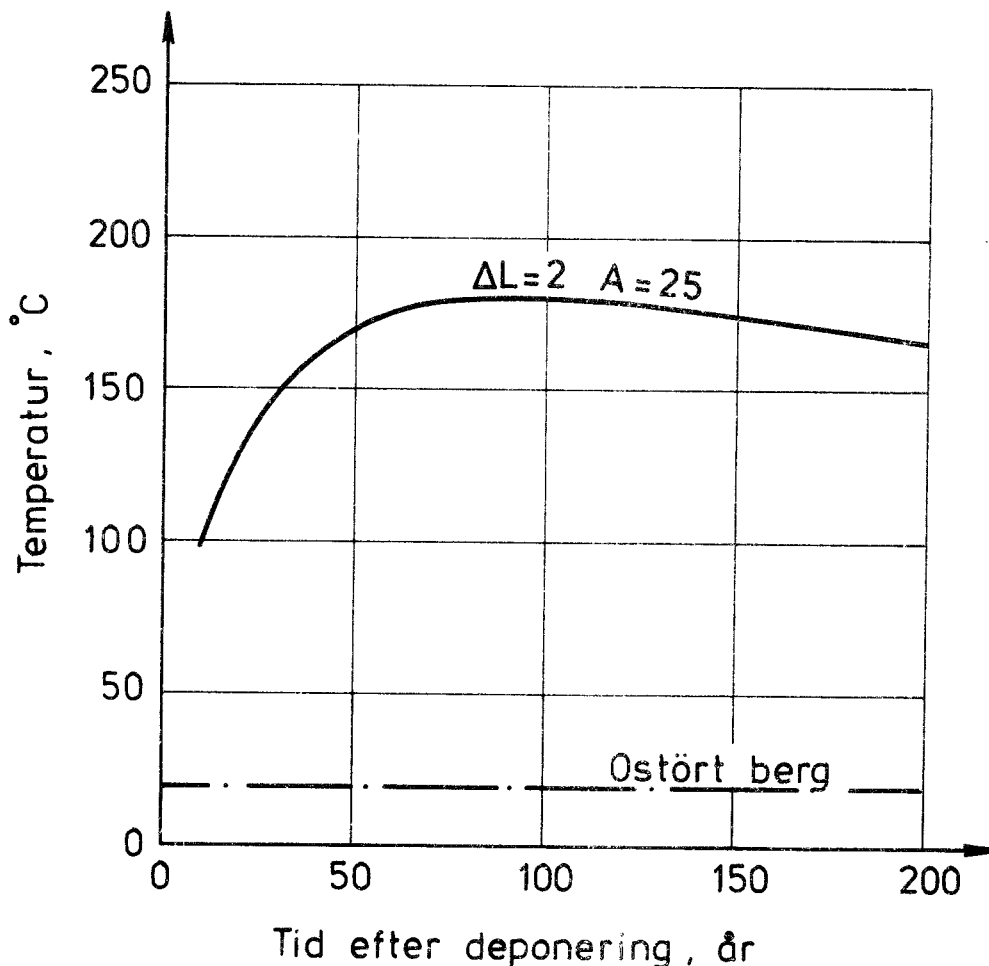


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 14

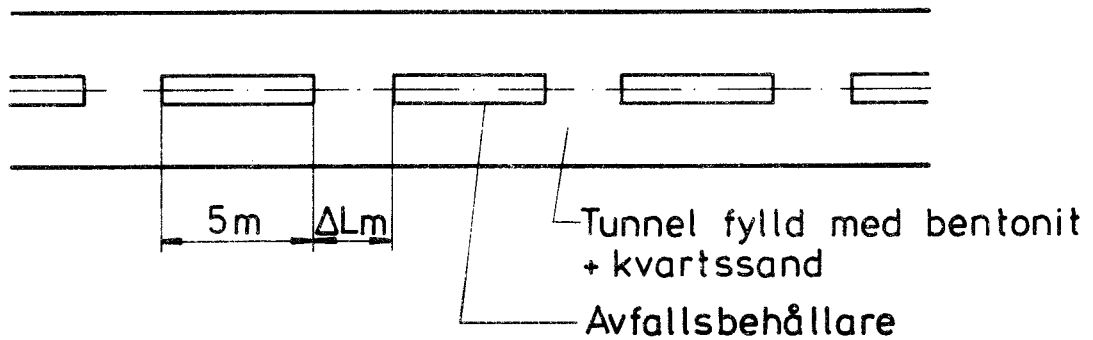


Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
 Behållarediameter 0.95 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 10 år
 Värmeutveckling vid deponering 1565 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 3.35 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 × 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter valfri
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 5
 Avstånd mellan våningar 25 m

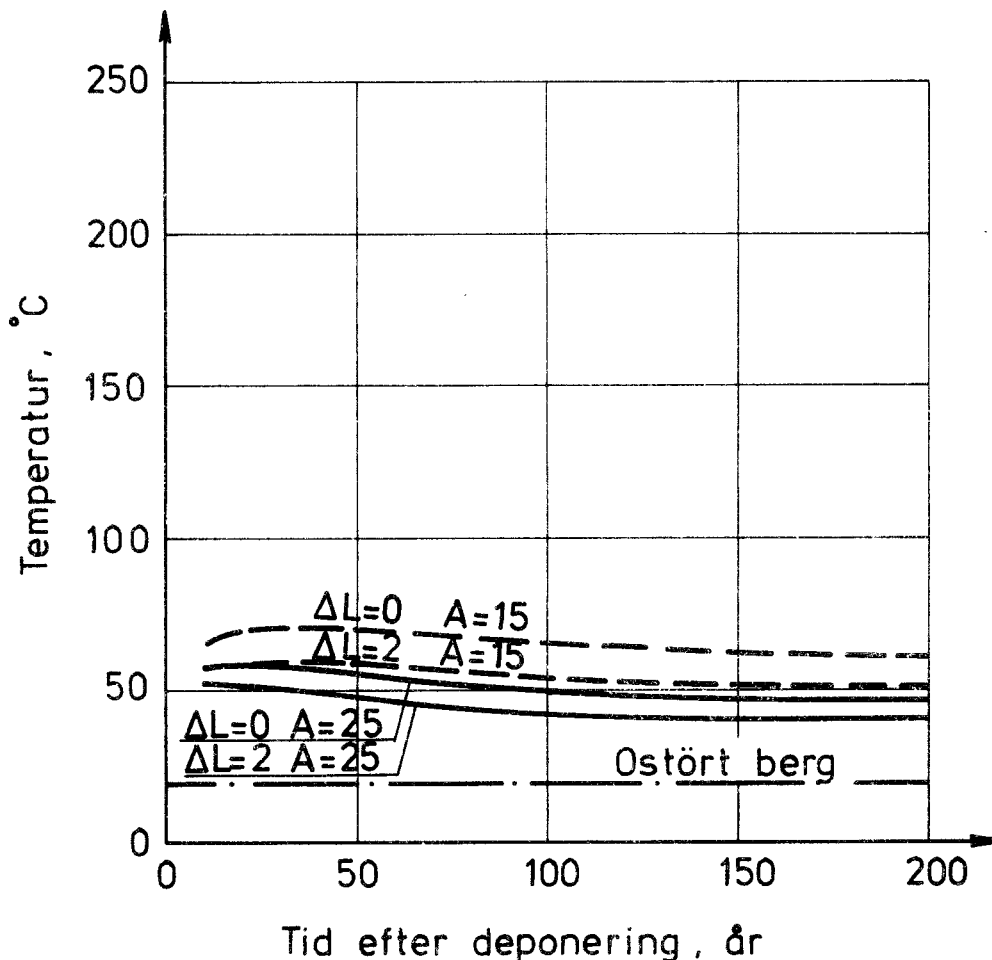


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 15

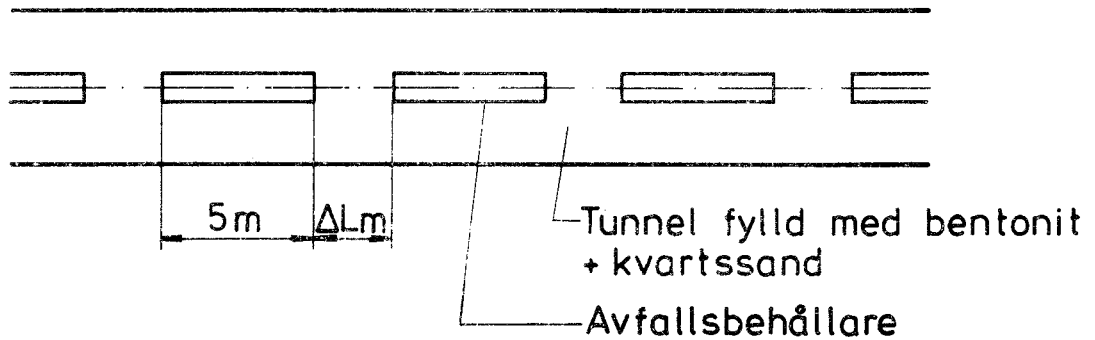


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 30 år
 Värmeutveckling vid deponering 600 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 1.5 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter 4 m
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 1
 Avstånd mellan våningar

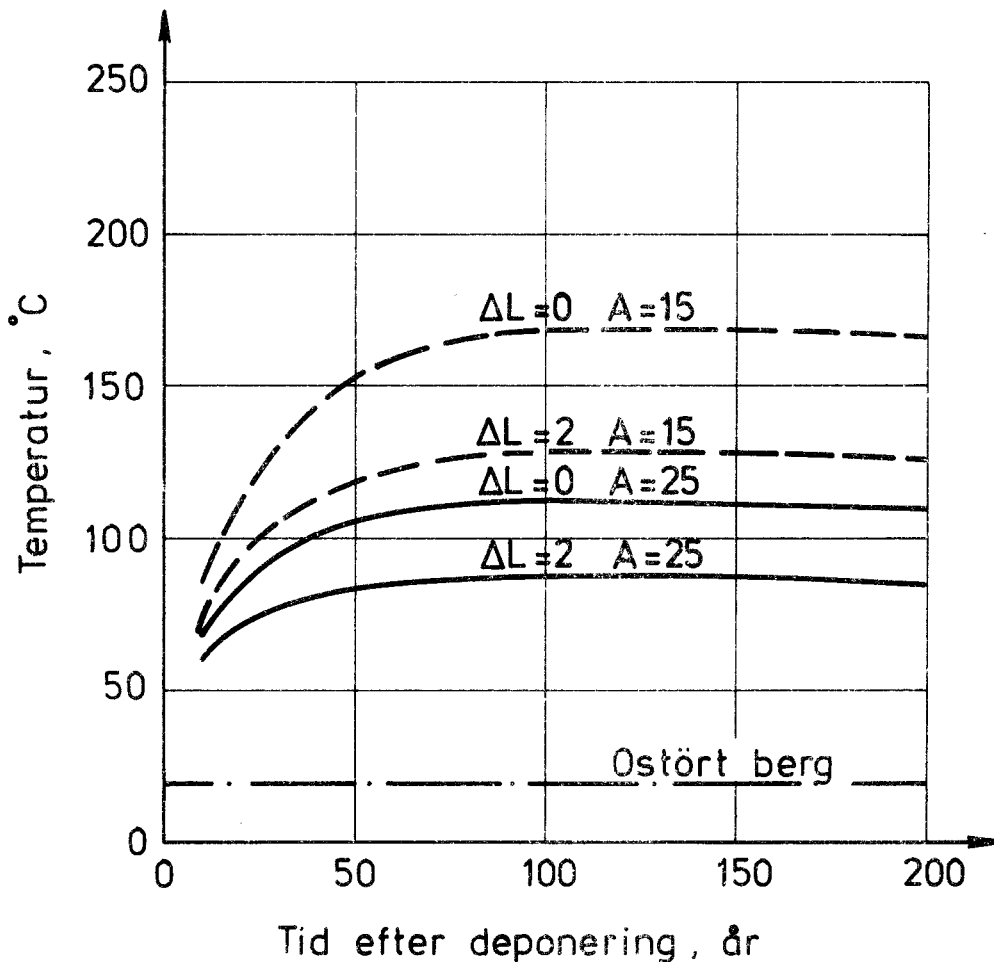


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 16

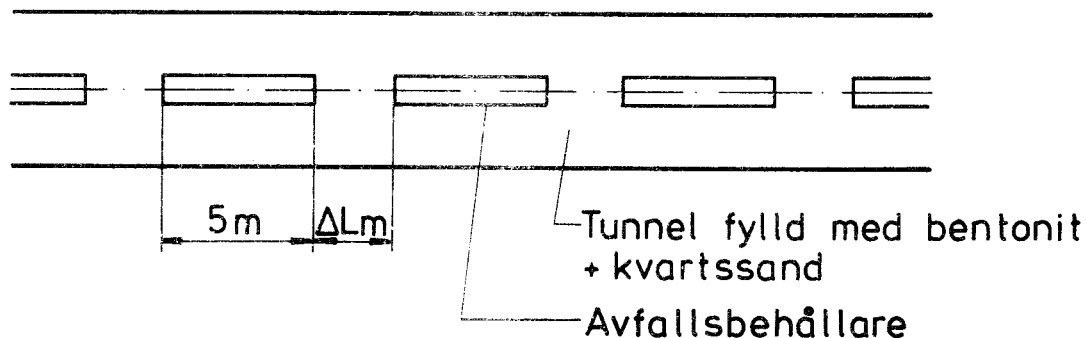


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 30 år
 Värmeutveckling vid deponering 600 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 1.5 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter 4 m
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 5
 Avstånd mellan våningar 25 m

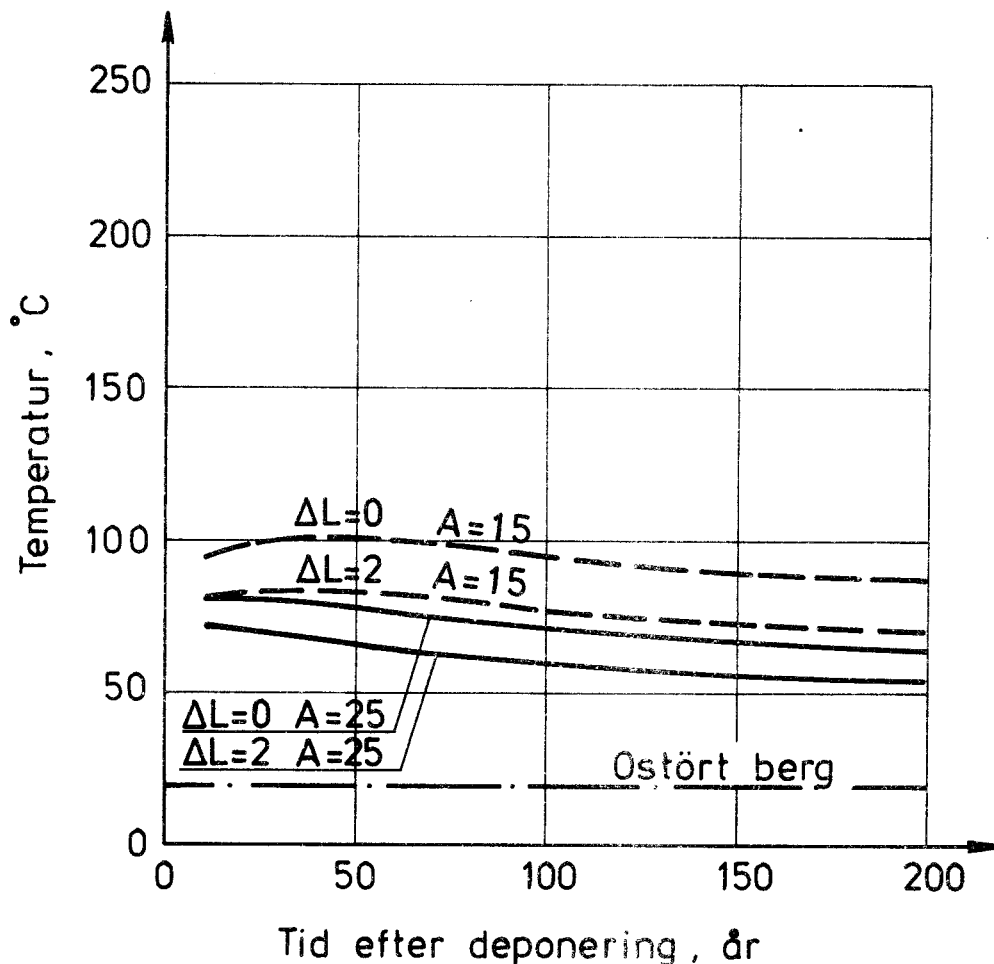


Varmaste behållarens ytemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
Fig. 17

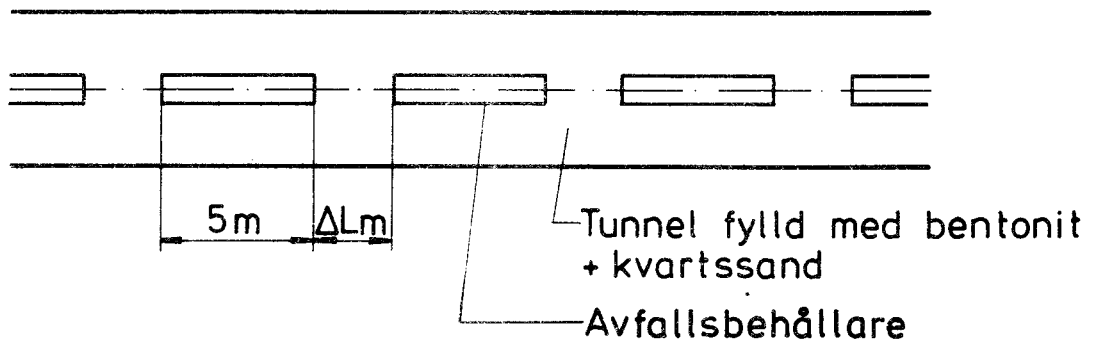


Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
Behållarediameter 0.95 m
Behållarelängd 5 m
Avstånd mellan behållare = ΔL m
Deponering efter 30 år
Värmeutveckling vid deponering 1020 w/beh
Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 1.5 w/m °C
granit 3.35 w/m °C
Deponeringsområde 400 x 400 m
Tunnellängd 400 m
Tunneldiameter 4 m
Hor avstånd mellan tunnlar A m
Antal våningar 1
Avstånd mellan våningar

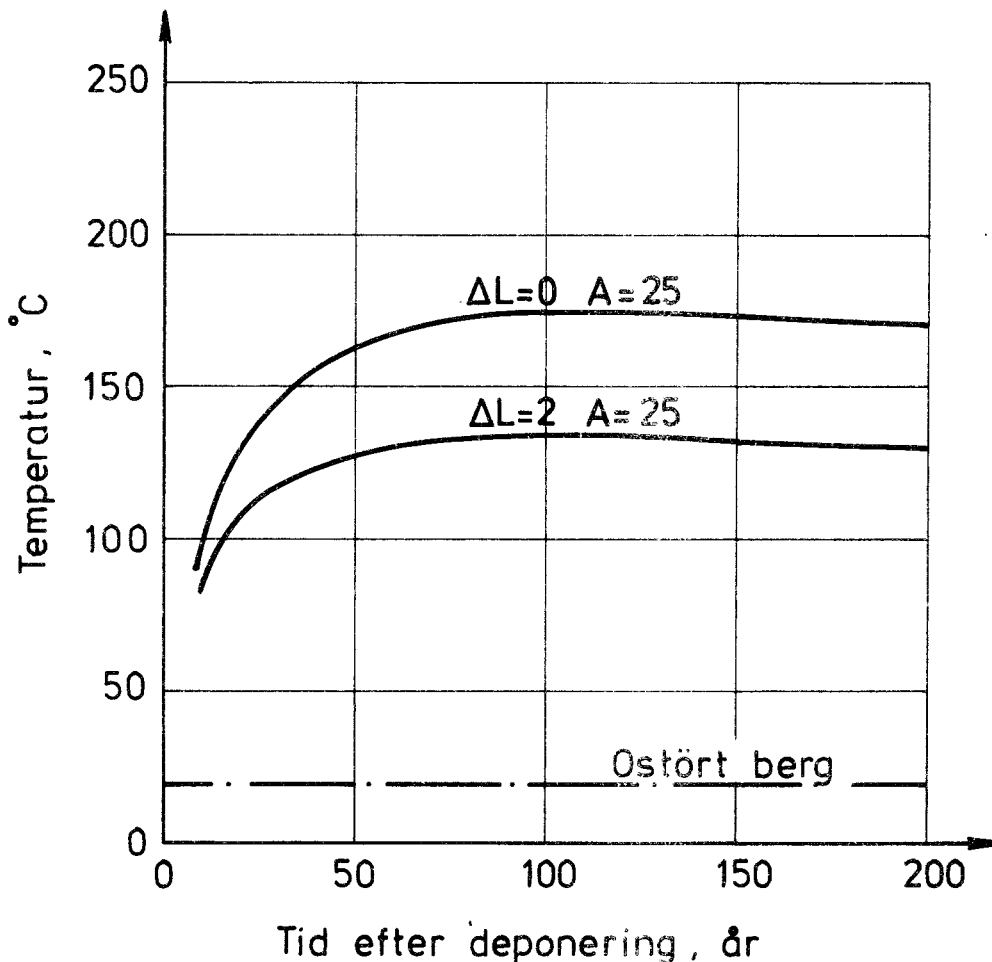


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV- 465
 Fig. 18



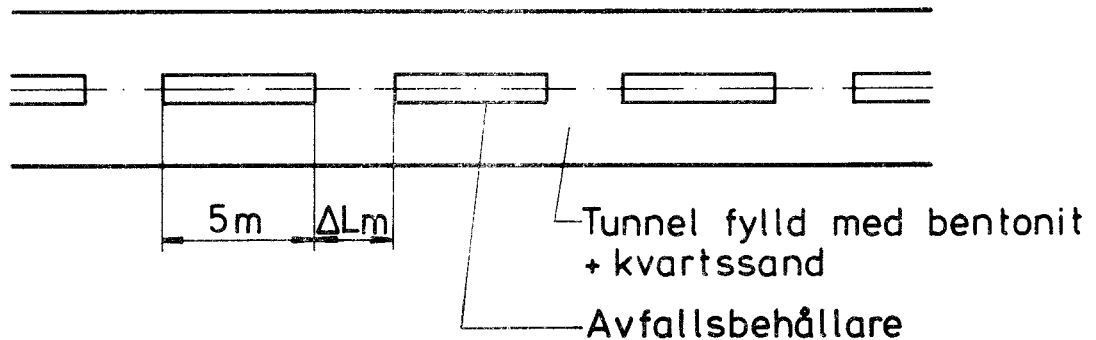
Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
 Behållarediameter 0.95 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 30 år
 Värmeutveckling vid deponering 1020 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 1.5 w/m°C
 granit 3.35 w/m°C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter 4 m
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 5
 Avstånd mellan våningar 25 m



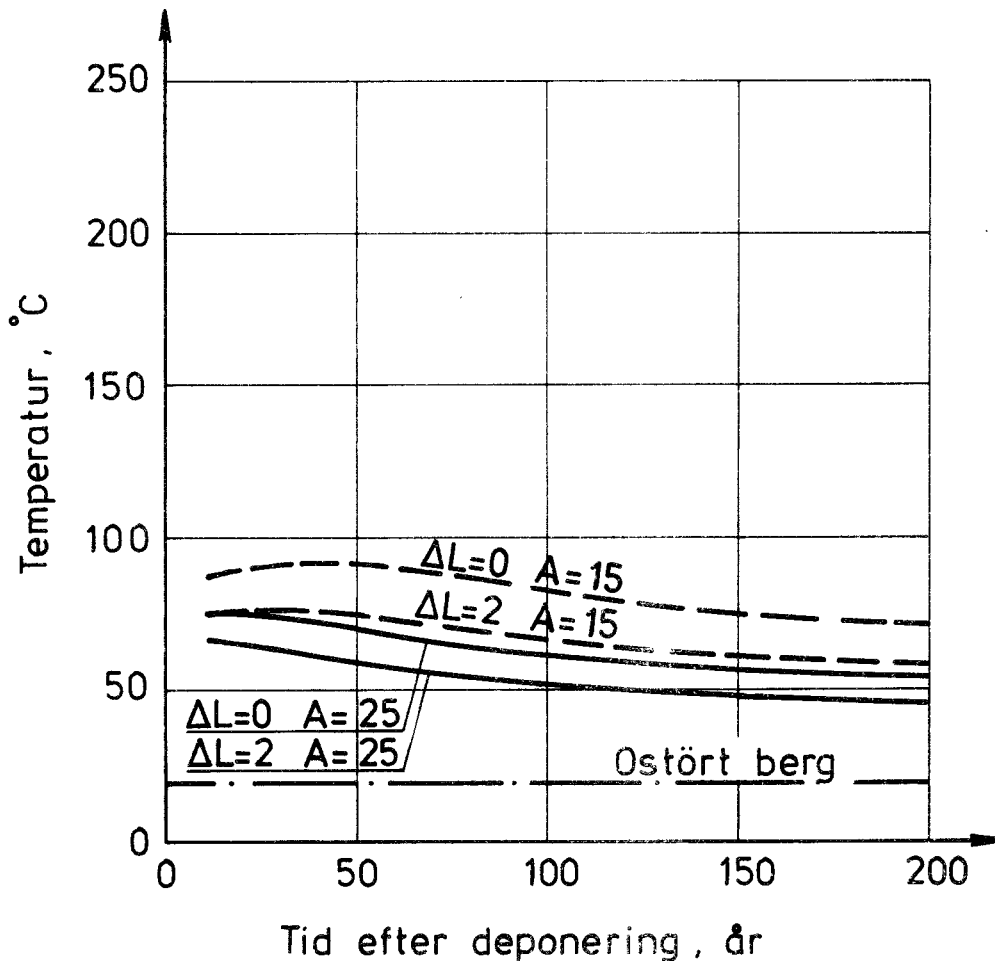
Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465

Fig. 19

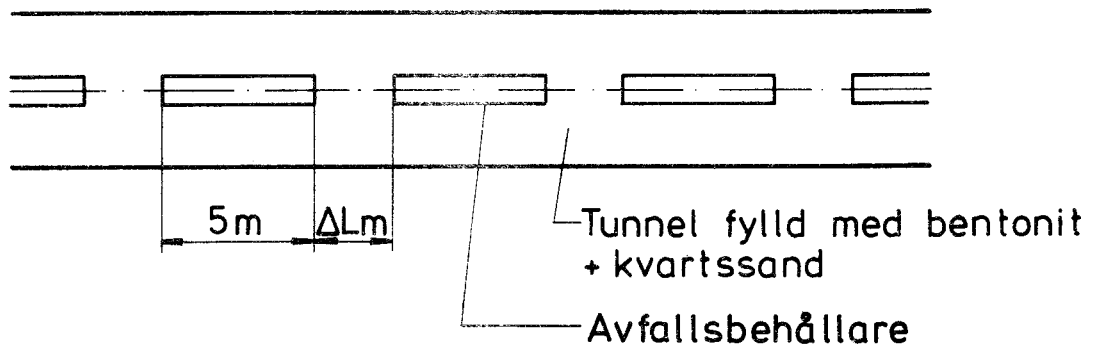


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 10 år
 Värmeutveckling vid deponering 920 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 1.5 w/m°C
 granit 3.35 w/m°C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter 4 m
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 1
 Avstånd mellan våningar

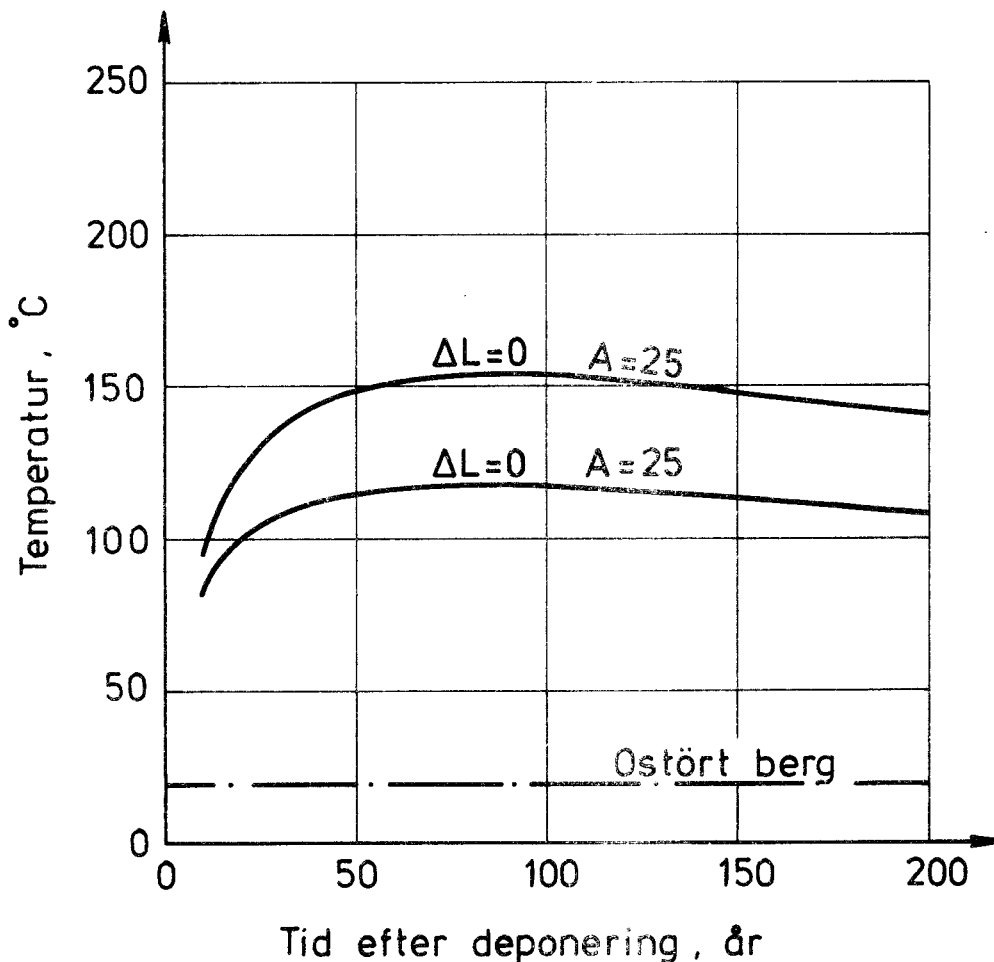


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 20

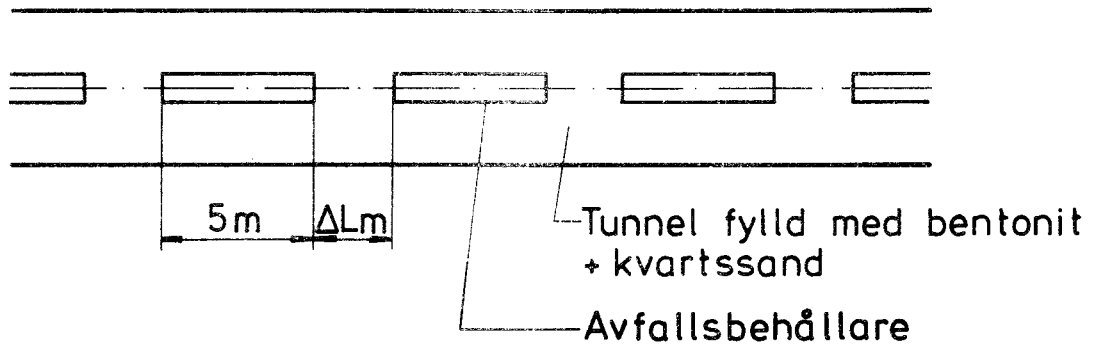


Bränsleinnehåll motsvarande 1 ton U
 Behållarediameter 0.85 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 10 år
 Värmeutveckling vid deponering 920 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 1.5 w/m°C
 granit 3.35 w/m°C
 Deponeringsområde 400 × 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter 4 m
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 5
 Avstånd mellan våningar 25 m

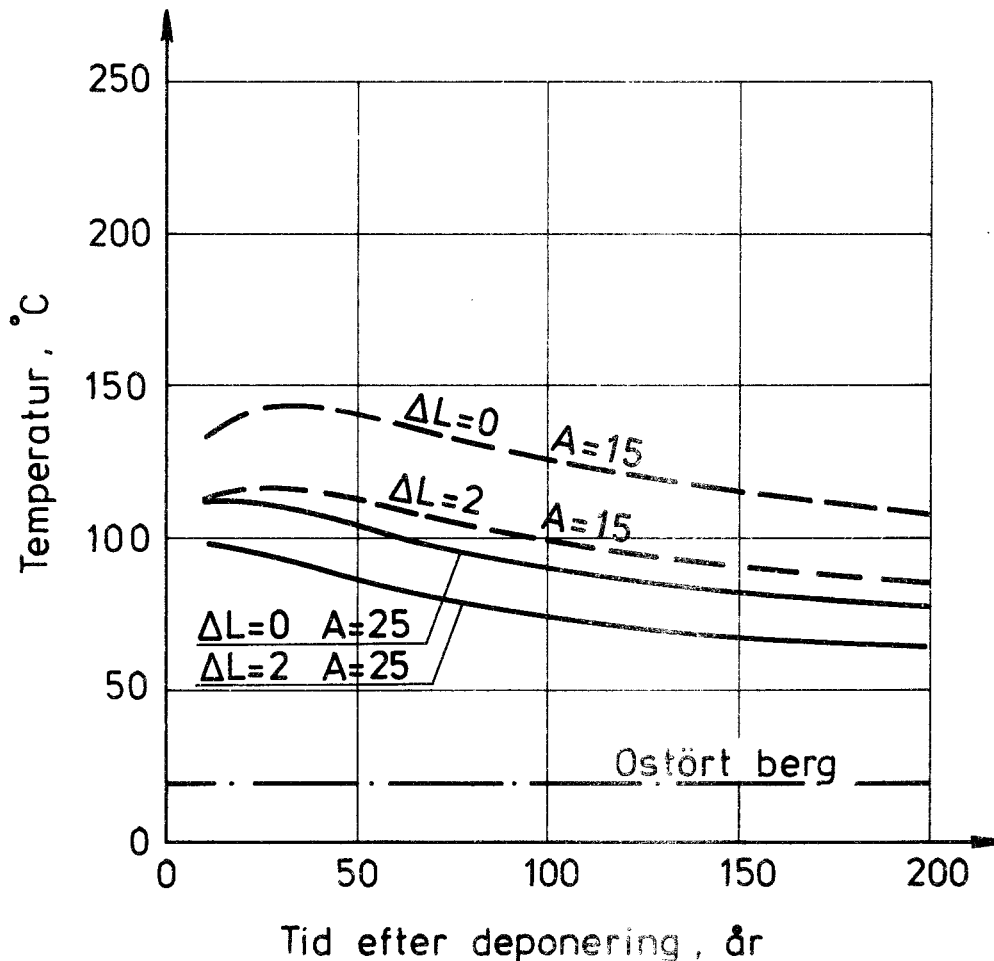


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
 Fig. 21

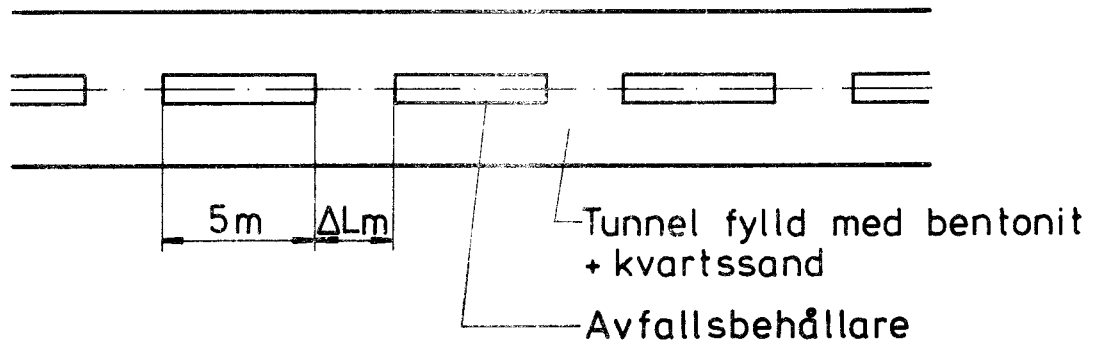


Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
 Behållarediameter 0.95 m
 Behållarelängd 5 m
 Avstånd mellan behållare = ΔL m
 Deponering efter 10 år
 Värmeutveckling vid deponering 1565 w/beh
 Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand 1.5 w/m °C
 granit 3.35 w/m °C
 Deponeringsområde 400 x 400 m
 Tunnellängd 400 m
 Tunneldiameter 4 m
 Hor avstånd mellan tunnlar A m
 Antal våningar 1
 Avstånd mellan våningar

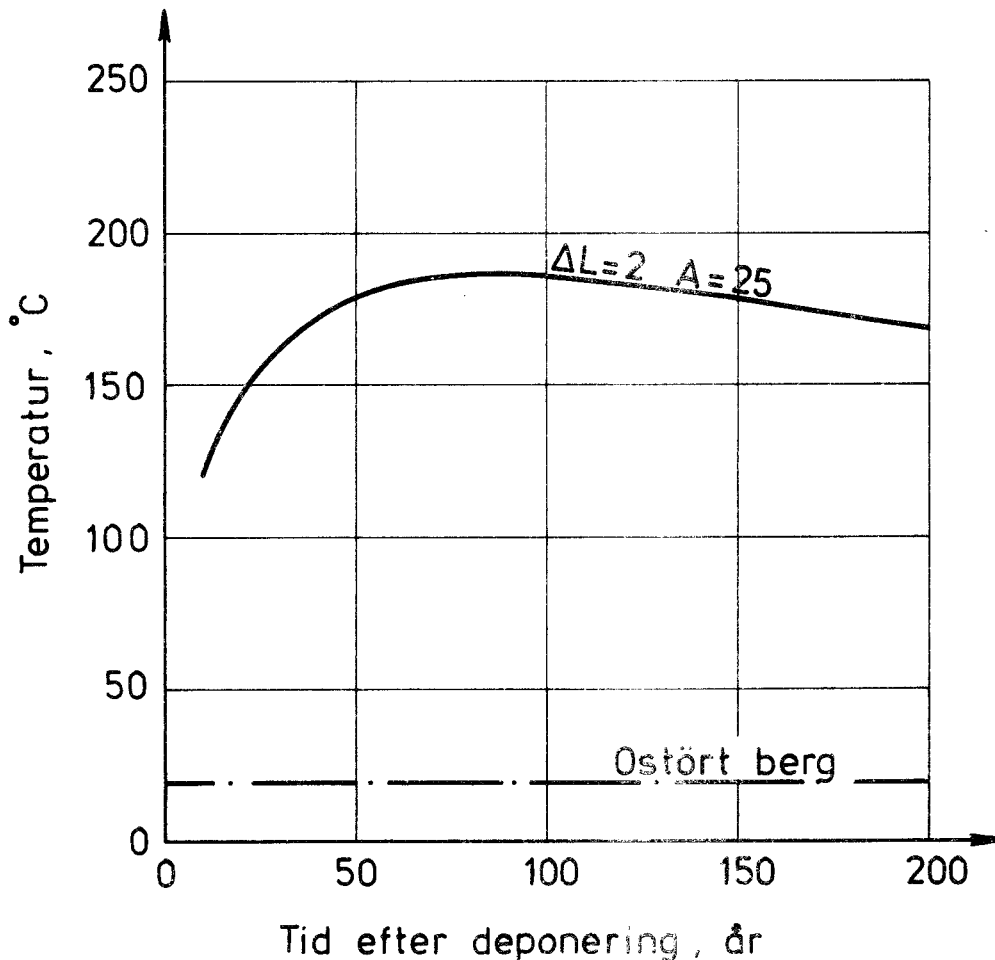


Varmaste behållarens yttemperatur
via direktdeponering i lerfyllda
tunnlar i berget.

TPM-RV-465
Fig. 22



Bränsleinnehåll motsvarande 1.7 ton U
Behållarediameter 0.95 m
Behållarelängd 5 m
Avstånd mellan behållare = ΔL m
Deponering efter 10 år
Värmeutveckling vid deponering 1565 w/beh
Värmeledningsförmåga, bentonit + kvartssand $1.5 \text{ w/m}^\circ\text{C}$
granit $3.35 \text{ w/m}^\circ\text{C}$
Deponeringsområde 400×400 m
Tunnellängd 400 m
Tunneldiameter 4 m
Hor avstånd mellan tunnlar A m
Antal våningar 5
Avstånd mellan våningar 25 m



Förteckning över tekniska rapporter

01. Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 77-04-05
02. PM angående värmeledningstal hos jordmaterial
Sven Knutsson och Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
03. Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
A Jacobsson och R Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
04. Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
A Jacobsson, R Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
05. Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Roland Blomqvist
AB Atomenergi 77-03-17
06. Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan
Ulf Lindblom
Hagconsult AB 77-02-28
07. Resteffekt för KBS del 1
Litteraturgenomgång Del 2 Beräkningar
K Ekberg, N Kjellbert, G Olsson
AB Atomenergi 77-04-19

08. Utlakning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 77-05-20
09. Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium
Hans Häggblom
AB Atomenergi 77-03-24
10. Translation and development of the BNWL-Geosphere Model
Bertil Grundfelt
Kemakta Konsult AB 77-02-05
11. Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall
Sture Henriksson
AB Atomenergi 77-04-18
12. Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg
Sven G. Bergström
Göran Fagerlund
Lars Rombén
Cement och Betonginstitutet 77-06-22
13. Utlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering
Ragnar Gelin
AB Atomenergi 77-06-08
14. Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance
R. Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-20

15. Orienterande temperaturberäkningar för
slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Rapport 2
Roland Blomquist
AB Atomenergi 77-05-17
16. Översikt av utländska riskanalyser samt
planer och projekt rörande slutförvaring
Åke Hultgren
AB Atomenergi Augusti 1977
17. The gravity field in Fennoscandia and
postglacial crustal movements
Arne Bjerhammar
Stockholm 1977
18. Rörelser och instabilitet i den svenska
berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet 1977
19. Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta
och norra Sverige, flygbildsgenomgång och
geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
20. Tektonisk analys av södra Sverige
Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
21. Earthquakes of Sweden 1891-1957
1913-1972
Ota Kulhànek
Rutger Wahlström

22. The influence of rock movement on the stress/strain situation in tunnels or bore holes with radioactive conisters embedded in a bentonite/quartz buffer mass.
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
23. Water uptake in a bentonite buffer mass.
A model study.
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
24. Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och aktinider från en cylinder av franskt glas.
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27