
KBS TEKNISK RAPPORT

109

Lakningsbar spaltaktivitet

**Lennart Devell
Rolf Hesböl**

Studsvik Energiteknik AB oktober 1978

LAKNINGSBAR SPALTAKTIVITET

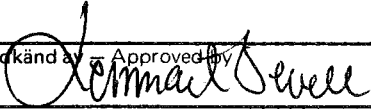
Lennart Devell
Rolf Hesböl

Studsvik Energiteknik AB oktober 1978

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.

Studsvik Arbetsrapport - Technical Report

Projektidentifikation – Project identification	Datum – Date 78-10-09	Org enh och nr – Report No. K2-78/38									
Titel och författare – Title and author LAKNINGSBAR SPALTAKTIVITET Lennart Devell, Rolf Hesböl											
Distribution											
Godkänd av – Approved by 	Kontonnr D9121	<input type="checkbox"/> Rapporten skall förhandsviseras – Internal notes									
<p style="text-align: center;">SUMMARY</p> <p>In the event of ground water penetration into fuel pins after ultimate disposal in crystalline rock a certain fraction of the volatile fission products iodine-129 and cesium-135 may be leached from the fuel within a shorter time period than the rest of the fuel. This fraction based on gap activities and leach experiments has been estimated to be as follows.</p> <table data-bbox="491 1675 1326 1854"> <thead> <tr> <th>Nuclide</th> <th>Leachable fraction (%) in the gap BWR-fuel</th> <th>in the gap PWR-fuel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I-129</td> <td>0.1 - 1</td> <td>1 - 10</td> </tr> <tr> <td>Cs-135</td> <td>0.1 - 1</td> <td>1 - 10</td> </tr> </tbody> </table>			Nuclide	Leachable fraction (%) in the gap BWR-fuel	in the gap PWR-fuel	I-129	0.1 - 1	1 - 10	Cs-135	0.1 - 1	1 - 10
Nuclide	Leachable fraction (%) in the gap BWR-fuel	in the gap PWR-fuel									
I-129	0.1 - 1	1 - 10									
Cs-135	0.1 - 1	1 - 10									

BL 4848 A

1978-10-09

1. INLEDNING

Vid slutlig direktförvaring av använt bränsle i berg kan vattenkontakt med skadat bränsle innebära en utlakning av lösliga ämnen som har frigjorts till sprick- och spaltutrymmen mellan bränslematrisen och kapslingen.

För slutförvaringen är jod-129 och cesium-135 av intresse i detta sammanhang eftersom det är känt att dessa ämnen är mer lätttrörliga än de flesta andra ämnen som stannar kvar i det täta och svår-lösliga urandioxidgittret och först kan frigöras i takt med att detta gitter eventuellt angrips på mycket lång sikt.

I denna rapport ges en bedömning av hur stor andel av dessa mer lättmigrerande nuklider som frigjorts till spaltutrymmena och som därmed kan vara lakbar.

Fysikaliska hinder, t ex små kapslingshål, trånga passager i bränslestaven, låga vattenbyten etc, innebär att lakprocesserna i realiteten blir starkt fördröjda.

Förutom ämnenas migrationsegenskaper, som sammanhänger med deras flyktighet, är bränslets temperatur under reaktordriften av största betydelse. I högbelastat PWR-bränsle kan frigjord andel fissionsgaser vara några procent, medan motsvarande i lågbelastat BWR-bränsle kan vara avsevärt lägre. Hög utbränning ger ökad frigörelse.

Några mätningar av spaltaktiviteten för jod-129 och cesium-135 finns inte utan bedömningar måste grunda sig på jämförelser med andra isotoper och ämnen.

1978-10-09

2. TILLGÄNGLIGA INFORMATIONSKÄLLOR

Följande typer av information finns tillgängliga. Framställningen koncentreras på svenska erfarenheter.

- A. Provtagning på bränslestavar från Oskarshamn 1, i hot-cells i Studsvik. Mätning på stabila ädelgaser.
- B. Punktering av bränslestavar i lagringsbassäng i Oskarshamn 1. Mätning på xenon-133.
- C. Läkningförsök på bränslefragment eller utskurna tunna stavskivor med bränsle och kapsling. Mätning på uran, cesium-137, strontium-90 och total- α .
- D. Beräknad spaltaktivitet av olika nuklider.
- E. Mätningar av läckage från bränsle under drift.

3. PROVTAGNING PÅ BRÄNSLESTAVAR FRÅN OSKARSHAMN 1 I HOT-CELLS I STUDSVIK

Varje år alltsedan 1973 har utbrända bränslestavar i Oskarshamn 1 tagits ut ur reaktorn och transporterats till Studsvik för bl a fissionsgasprovtagning. Förutom dessa sk högeffektstavar har ytterligare ett antal bränslestavar utsatts för liknande undersökningar. Stavutbränningen var det första året knappt 7 000 MWd/ton U, medan den 1977 för de högst utbrända stavarna var 24 000 MWd/ton U. Samtliga resultat avseende frigörelse på hittills mätta stavar, 11 st, ligger i intervallet 0.04 - 0.17 % för såväl krypton som xenon (1).

Medelbelastningen och maxbelastningen på stavarna som punkterades låg inom områdena 14 - 20 kW/m respektive 25 - 27 kW/m.

1978-10-09

Vad beträffar krypton, frigörs vid punktering isotoperna krypton-83, krypton-84, krypton-85 och krypton-86. Av sammansättningen på gasblandningen och produktionen av krypton-85 har frigörelseandelen för krypton-85 vid en punktering beräknats till $7 \cdot 10^{-4}$.

Antas frigörelsen vara diffusionskontrollerad gäller förenklat för en stabil nuklid.

$$F = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \sqrt{D' t} \quad (1)$$

F = frigörelseandel
 D' = diffusionsparameter
 t = bestrålningsstid

För en frigörelseandel på 7×10^{-4} och bestrålningsstid på 10^8 s erhålls en diffusionsparameter på

$$D' = 9.6 \cdot 10^{-16} \quad (2)$$

4. PUNKTERING AV BRÄNSLESTAVAR I LAGRINGSBASSÄNG I OSKARSHAMN 1

Tre stavar punkterades (2). Utbränningen låg i området 7 000 - 20 000 MWd/ton uran och värmebelastningen i området 13 - 17 kW/m.

Resultaten framgår av nedanstående tabell.

Stav nr	Belastning kW/m	Utbränning MWd/ton U	Frigörelse % Xe-133
1	13	7 000	0.002
2	17	7 000	0.003
3	14	20 000	0.002

1978-10-09

Från värdet på D' ovan har frigörelsen av Xe-133 beräknats enligt

$$F = 3 \sqrt{\frac{D'}{\lambda}} \quad (3)$$

där λ = sönderfallskonstant.

Frigörelseandelen blir då $F = 8 \cdot 10^{-5}$ vilket kan jämföras med det experimentella värdet $F = 3 \cdot 10^{-5}$.

5. LAKNINGSFÖRSÖK PÅ BRÄNSLEFRAGMENT

Eklund och Forsyth (3) har rapporterat utlakningsförsök i Studsvik på stavskivor och Katayama BNWL (4) på bränslefragment.

Efter omkring 100 dagar har vid riklig vattentillförsel följande andelar cesium-137 lakats ut (avrundade siffror) i Studsviksförsöken.

Prov nr	Belastning kW/m	Utbränning bestråln dagar	Utlakad andel %
1	11	900	0.03
2	11	900	0.03
3	24	900	0.7
4	24	900	0.7

Utlakningen av cesium för de lågbelastade stavarna var av samma storleksordning som för strontium-90 och uran. För de högbelastade stavarna ökade frigörelsen av cesium-137 som framgår av tabellen omkring 20 gånger medan strontium-90 och uran låg kvar oförändrade.

I experimenten vid BNWL erhöles följande för cesium-137:

1978-10-09

Belastning kW/m	Utbränning MWD/ton U	Utlakad andel % eft 1 dag eft 500 dagar	
28 - 29	54 000	0.05 - 1	0.8 - 2

Mätningar på Pu-239 + Pu-240 och Cm-244 gav
1 - 2 tiopotenser lägre värden än för Cs-137.

6. BERÄKNAD SPALTAKTIVITET AV OLIKA NUK- LIDER

I FSAR för R3/R4 anges spaltaktiviteten för olika nuklider i andelar av inventariet. För hela härden vid 2 900 MWt och en medelbelastning på 18 kW/m och maxbelastning på 41 kW/m, under 650 dagar anges bl a:

Nuklid	Spaltaktivitet %
I-131	0.9
Xe-133	0.7
Kr-85	18

Under förutsättning att transporten i bränslet är diffusionskontrollerad visar egna beräkningar att spaltaktiviteten 0.7 % för Xe-133 korresponderar med en spaltaktivitet på 5 % för Kr-85 (jfr s 8).

För högst belastat bränsleknippe (medelbelastning 26 kW/m) vid shutdown anges bl a:

Nuklid	Spaltaktivitet %
I-131	1.6
Xe-133	1.5
Kr-85	8

Devell och Gebert (5) och Stenquist (6) har med ledning av experimentella data beräknat spaltaktiviteten som ett genomsnitt över hela härdar för olika maximala belastningar.

1978-10-09

För Xe-133 och I-131 anger Stenquist:

Maximal belastning kW/m	Frigörelse av endera Xe-133 och I-131 (%)
57	3
45	0.06
35	0.02

I FSAR för R3/R4 är beräkningarna utförda för en maximal belastning av 41 kW/m.

Aktuella belastningar för R2 är 20.2 kW/m i medel med variationen 28 - 39 kW/m i maxbelastning beroende på utbränning.

Temperaturfördelningen i FSAR för R3/R4 överensstämmer i området 1 100 - 1 650, ganska väl med den som Stenquist använt vid beräkningen med 57 kW/m som maximalbelastning.

Bränslefördelningen i procent för olika temperaturintervall i FSAR för R3/R4 och i Stenquists beräkningar framgår av följande:

Temperatur	FSAR R3/R4	Stenquist	
		45 kW/m	57 kW/m
< 1 000	81	97	79
1 000-1 650	18	2.8	15
> 1 650	1	0.1	6

Frigörelseandelarna för Xe-133 och I-131 för olika temperaturintervall anges av Stenquist enligt

1978-10-09

Temperatur- intervall	Frigörelseandel	
	I-131	Xe-133
600 - 700	2.1 E-5	2.2 E-5
700 - 800	8.0 E-5	7.7 E-5
800 - 900	2.1 E-4	3.5 E-4
900 - 1 000	8.0 E-4	7.7 E-4
1 000 - 1 100	2.5 E-3	1.2 E-3
1 100 - 1 200	5.2 E-3	6.9 E-3
1 200 - 1 300	1.0 E-2	1.3 E-2
1 300 - 1 400	1.6 E-2	2.3 E-2
1 400 - 1 500	2.3 E-2	4.2 E-2
1 500 - 1 600	4.3 E-2	6.5 E-2
1 600 - 1 700	8.0 E-2	7.7 E-2
1 700 - 1 800	0.3	1.5 E-1
1 800 - 1 900	1	2.3 E-1
1 900 - 2 000	1	0.6
> 2 000	1	1

Utgående från temperaturfördelningen i FSAR R3/R4 och ovanstående frigörelseandelar blir totalfrigörelsen omkring $0.3 \cdot 0.01 + 0.18 \cdot 0.02$, dvs omkring 0.7 % vilket överensstämmer med uppgifterna i FSAR.

Med $F = 0.007$ och $\lambda = 1.5 \times 10^{-6}$ blir

$$D' = \frac{4.9 \times 10^{-5} \times 1.5 \times 10^{-6}}{9} = 0.82 \times 10^{-11}$$

För Kr-85 blir då

$$F = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \sqrt{0.82 \times 10^{-11} \times 5.6 \times 10^7}$$

$$F = 0.05$$

vilket är något lägre än uppgifterna i FSAR.

1978-10-09

7. MÄTNINGAR AV LÄCKAGE FRÅN BRÄNSLE UNDER DRIFT

Diskussionen omfattar frigörelsen av Xe-133, Cs-137 och I-131 från skadade bränslestavar i Oskarshamn 1 under en viss driftperiod. Frigörelseandelen med avseende på transporten av respektive nuklider från bränslet till kapslingsspalten har beräknats utifrån driftsdata och antalet kapslingsskador i härden. Enligt ASEA-ATOM var 50 stavar skadade vilket betyder en skadeomfattning på ca 0.2 %.

Läckagetakten av Xe-133 har beräknats till $1 \cdot 10^{-4}$ Ci/s (8) vilket motsvarar en frigörelseandel $F = 6 \cdot 10^{-4}$. Frigörelseandelen är ca en tiopotens högre än motsvarande resultat från punkteringsförsöken i bränslebassänger. Frigörelseandelen $F = 6 \cdot 10^{-4}$ för Xe-133 korresponderar mot en frigörelseandel $F = 0.005$ för stabila ädelgaser och Kr-85. För jod-131 gav motsvarande beräkningar $F = 1.1 \cdot 10^{-4}$, vilket korresponderar mot $F = 7 \cdot 10^{-4}$ för jod-129.

Läckagetakten och frigörelseandelen av Cs-137 är tidsberoende. Läckagetakten kan uttryckas genom:

Läckagetakt	= $V_f \times f_y \times \lambda T \times V$
V_f	= fissionshastighet
f_y	= fissionsutbyte
λ	= sönderfallskonstant
T	= bestrålningstid
V	= läckfaktor

Under förutsättning att läckagefaktorn är konstant ger ovanstående ekvation integrerad från 0 - T spaltaktiviteten

1978-10-09

$$\text{Spaltaktiviteten} = \frac{1}{2} V_f \cdot f_y \cdot \lambda T^2 V$$

Frigöringsandelen är förhållandet mellan spaltaktiviteten och härdinventariet, alltså:

$$F = \frac{1}{2} TV$$

Läckagetakten av Cs-137 i Oskarshamn har beräknats till 1.8×10^{-6} Ci/s motsvarande en läckfaktor på $1.8 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$. Frigörelseandelen för Cs-137 efter en tid $T = 10^8$ s blir $F = 0.005$. Det är intressant att notera att frigörelseandelen är av samma storleksordning som lakbarheten av Cs-137 från bränslet (se sid 3).

8. DISKUSSION

Av ovanstående framgår att belastningen har en avgörande betydelse för andelen mer flyktiga klyvningsprodukter som ansamlas i spaltutrymmen. Eftersom direkta mätningar saknas av andelen spaltaktivitet för I-129 och Cs-135 måste en bedömning av denna ske med ledning av uppgifter om motsvarande för I-131, Xe-133, Kr-85 och stabila isotoper av xenon och krypton samt Cs-137.

Från resultaten av tidigare arbeten och som framgått av redovisningen ovan är

- frigörelsen av xenon och krypton till spalten likvärdig. Korrigeringar måste dock ske med hänsyn till halveringstider
- frigörelsen av I-131 till spalten är ungefär likvärdig med motsvarande för Xe-133. Frigörelsen till kylmedlet kan vara lägre för I-131 på grund av retentionseffekter.

1978-10-09

Starka skäl talar för att frigörelsen av I-129 kan jämföras med frigörelsen av Kr-85 och torde numeriskt vara ganska likvärdig. Lakbarheten torde inte vara större än spaltaktiviteten.

Cs-135 frigörs förmodligen i samma utsträckning som Cs-137. Forsyth (7) har för mycket högbelastat bränsle funnit att Cs-137 frigörs i ungefär samma utsträckning som ädelgaserna. Detta är naturligt eftersom huvuddelen härrör från de varmaste kutsdelarna, som har så hög temperatur att såväl cesium som ädelgaserna i det närmaste helt frigörs. Vid lägre belastningar vore det naturligt om en viss diskriminering skedde av cesium eftersom frigörelseprocesserna då mer sker i diffusionskontrollerat temperaturområde där skillnader i diffusionskoefficient inverkar.

För Oskarshamn 1-bränsle ligger ädelgasfrigörelsen vid torr punktering inom intervallet 0.04 - 0.17 %, för belastningarna 14 - 20 kW/m (medel) och 25 - 27 kW/m (max).

Punktering av en stav karakteriserad genom en medelbelastning på 20 kW/m och en högsta belastning på 24 kW/m, resulterade i en ädelgasfrigörelse på 0.1 %. Från samma stav togs bränslebitar för urlakning av Cs-137. Urlakningen blev som tidigare nämnts 0.03 och 0.7 % från en lågbelastad respektive högbelastad bränslebit från samma stav. En analys av data från reaktordriften i Oskarshamn 1 visar att stavläckaget, räknat som frigörelseandelar, av xenon och cesium är av samma storleksordning och något lägre för jod.

1978-10-09

För högre belastat bränsle (28 - 29 kW/m) har observerats en lakbarhet av Cs-137 på omkring 1 % efter drygt ett år.

I PWR-bränsle får man räkna med att flera procent Cs-137 och Cs-135 är tillgängligt för lakning.

Sammanfattningsvis kan man säga att variationsområdet är stort och starkt beroende av belastningen.

Följande är en preliminär bedömning som får revideras när mer fakta föreligger.

Nuklid	Lakbar andel i spalten (%)	
	BWR	PWR
I-129	0.1 - 1	1 - 10
Cs-135 (Cs-137)	0.1 - 1	1 - 10

1978-10-09

REFERENSFÖRTECKNING

1. VÄRNILD, O
ASEA-ATOM, personlig information.
2. HESBÖL, R
Fissionsgasfrigörelse vid punktering
av bränslestavar i förvaringsbassäng.
STUDSVIK/SM-78/26.
3. EKLUND, U-B och FORSYTH, R
Läkning av bestrålat UO_2 -bränsle.
KBS Teknisk rapport 70 (1978).
4. KATAYAMA, Y B
Leaching of irradiated LWR fuel pellets
in deionized and typical ground water.
BNWL-2057 (July 1976).
5. DEVELL, L och GEBERT, G
Beräkningar för Närförläggningsutred-
ningen.
NÄR 112.
6. STENQUIST, C
Beräkningar av jod och ädelgasfrigörelse
från urandioxidkutsar under reaktordrift.
AB Atomenergi, TPM-DS-94 (1974).
7. FORSYTH, R
Personlig information.
8. CHRISTENSEN, H och LUNDQUIST
Fissionsproduktsläckage.
STUDSVIK/MC-78/1.

FÖRTECKNING ÖVER KBS 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
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
- 03 Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
- 04 Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
- 05 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall, Rapport 1
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 studier för KBS
Del 1 Litteraturgenomgång
Del 2 Beräkningar
Kim Ekberg
Nils Kjellbert
Göran 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 Urlakning 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
Roland 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 augusti 1977
- 18 Rörelser och instabilitet i den svenska berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet augusti 1977
- 19 Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
Sveriges Geologiska Undersökning september 1977

- 20 Tektonisk analys av södra Sverige, Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
Lunds Universitet och Högskolan Luleå september 1977
- 21 Earthquakes of Sweden 1891 - 1957, 1963 - 1972
Ota Kulhánek
Rutger Wahlström
Uppsala Universitet september 1977
- 22 The influence of rock movement on the stress/strain
situation in tunnels or bore holes with radioactive con-
sistors 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 akti-
nider från en cylinder av franskt glas
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27
- 25 Blekinge kustgnejs, Geologi och hydrogeologi
Ingemar Larsson KTH
Tom Lundgren SGI
Ulf Wiklander SGU
Stockholm, augusti 1977
- 26 Bedömning av risken för fördröjt brott i titan
Kjell Pettersson
AB Atomenergi 1977-08-25
- 27 A short review of the formation, stability and cementing
properties of natural zeolites
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå 1977-10-03
- 28 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av bentonit/pitesilt
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-09-20
- 29 Deformationer i sprickigt berg
Ove Stephansson
Högskolan i Luleå 1977-09-28
- 30 Retardation of escaping nuclides from a final depository
Ivars Neretnieks
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm 1977-09-14
- 31 Bedömning av korrosionsbeständigheten hos material avsedda
för kapsling av kärnbränsleavfall. Lägesrapport 1977-09-27
samt kompletterande yttranden.
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp

- 32 Egenskaper hos bentonitbaserat buffertmaterial
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-06-10
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer masses
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-10-19
- 34 Tillverkning av bly-titan kapsel
Folke Sandelin AB
VBB
ASEA-Kabel
Institutet för metallforskning
Stockholm november 1977
- 35 Project for the handling and storage of vitrified high-level waste
Saint Gobain Techniques Nouvelles October, 1977
- 36 Sammansättning av grundvatten på större djup i granitisk berggrund
Jan Rennerfelt
Orrje & Co, Stockholm 1977-11-07
- 37 Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts
Hans Fagerström, VBB
Björn Lundahl, Stabilator
Stockholm oktober 1977
- 38 Utformning av bergrumsanläggningar
Alf Engelbrektson, VBB
Arne Finné, KBS
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering
ASEA-ATOM
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna radioaktiva ämnen
Ronny Bergman
Ulla Bergström
Sverker Evans
AB Atomenergi 1977-12-20
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.
Lagar, normer och bedömningsgrunder
Christina Gyllander
Siegfried F Johnson
Stig Rolandson
AB Atomenergi och ASEA-ATOM 1977-10-13

- 42 Säkerhet vid hantering, lagring och transport av använt kärnbränsle och förglasat högaktivt avfall
Ann-Margret Ericsson
Kemakta november 1977
- 43 Transport av radioaktiva ämnen med grundvatten från ett bergförvar
Bertil Grundfelt
Kemakta november 1977
- 44 Beständighet hos borsilikatglas
Tibor Lakatos
Glasteknisk Utveckling AB
- 45 Beräkning av temperaturer i ett envånings slutförvar i berg för förglasat radioaktivt avfall Rapport 3
Roland Blomquist
AB Atomenergi 1977-10-19
- 46 Temperaturberäkningar för slutförvar för använt bränsle
Taivo Tarandi
Vattenbyggnadsbyrån Stockholm 1978
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser
John Stokes
Roger Thunvik
Inst för kulturteknik KTH maj 1978
- 48 The mechanical properties of the rocks in Stripa, Kråkemåla, Finnsjön and Blekinge
Graham Swan
Högskolan i Luleå 1977-09-14
- 49 Bergspänningsmätningar i Stripa gruva
Hans Carlsson
Högskolan i Luleå 1977-08-29
- 50 Lakningsförsök med högaktivt franskt glas i Studsvik
Göran Blomqvist
AB Atomenergi november 1977
- 51 Seismotectonic risk modelling for nuclear waste disposal in the Swedish bedrock
F Ringdal
H Gjøystdal
E S Husebye
Royal Norwegian Council for scientific and industrial research
- 52 Calculations of nuclide migration in rock and porous media, penetrated by water
H Häggblom
AB Atomenergi 1977-09-14
- 53 Mätning av dissusionshastighet för silver i lera-sand-blandning
Bert Allard
Heino Kipatsi
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15

- 54 Groundwater movements around a repository
- 54:01 Geological and geotechnical conditions
Håkan Stille
Anthony Burgess
Ulf E Lindblom
Hagconsult AB september 1977
- 54:02 Thermal analyses
Part 1 Conduction heat transfer
Part 2 Advective heat transfer
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:03 Regional groundwater flow analyses
Part 1 Initial conditions
Part 2 Long term residual conditions
Anthony Burgess
Hagconsult AB oktober 1977
- 54:04 Rock mechanics analyses
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:05 Repository domain groundwater flow analyses
Part 1 Permeability perturbations
Part 2 Inflow to repository
Part 3 Thermally induced flow
Joe L Ratigan
Anthony S Burgess
Edward L Skiba
Robin Charlwood
- 54:06 Final report
Ulf Lindblom et al
Hagconsult AB oktober 1977
- 55 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg,
Del 1
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-10
- 56 Radiolys av utfyllnadsmaterial
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15
- 57 Stråldoser vid haveri under sjötransport av kärnbränsle
Anders Appelgren
Ulla Bergström
Lennart Devell
AB Atomenergi 1978-01-09
- 58 Strålrisker och högsta tillåtliga stråldoser för människan
Gunnar Walinder
FOA 4 november 1977

- 59 Tectonic Lineaments in the Baltic from Gävle to Simrishamn
Tom Flodén
Stockholms Universitet 1977-12-15
- 60 Förarbeten för platsval, berggrundsundersökningar
Sören Scherman
- Berggrundvattenförhållande i Finnsjöområdets
nordöstra del
Carl-Erik Klockars
Ove Persson
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 61 Permeabilitetsbestämningar
Anders Hult
Gunnar Gidlund
Ulf Thoregren
- Geofysisk borrhålsmätning
Kurt-Åke Magnusson
Oscar Duran
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 62 Analyser och åldersbestämningar av grundvatten på stora
djup
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning 1978-02-14
- 63 Geologisk och hydrogeologisk grunddokumentation av
Stripa försöksstation
Andrei Olkiewicz
Kenth Hansson
Karl-Erik Almén
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1978
- 64 Spänningsmätningar i Skandinavisk berggrund - förutsättningar
resultat och tolkning
Sten G A Bergman
Stockholm november 1977
- 65 Säkerhetsanalys av inkapslingsprocesser
Göran Carleson
AB Atomenergi 1978-01-27
- 66 Några synpunkter på mekanisk säkerhet hos kapsel för
kärnbränsleavfall
Fred Nilsson
Kunl Tekniska Högskolan Stockholm februari 1978
- 67 Mätning av galvanisk korrosion mellan titan och bly samt
mätning av titans korrosionspotential under γ -bestrålning
3 st tekniska PM
Sture Henrikson
Stefan Poturaj
Maths Åsberg
Derek Lewis
AB Atomenergi januari-februari 1978

- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänlagring och hantering av
utbränt kraftreaktorbränsle
Gunnar Vesterlund
Torsten Olsson
ASEA-ATOM 1978-01-18
- 69 A three-dimensional method for calculating the hydraulic
gradient in porous and cracked media
Hans Häggblom
AB Atomenergi 1978-01-26
- 70 Lakning av bestrålat UO_2 -bränsle
Ulla-Britt Eklund
Roland Forsyth
AB Atomenergi 1978-02-24
- 71 Bergspricktätning med bentonit
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-11-16
- 72 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av kompakterad
bentonit
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-11-18
- 73 Self-injection of highly compacted bentonite into rock
joints
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 74 Highly compacted Na bentonite as buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 75 Small-scale bentonite injection test on rock
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 76 Experimental determination of the stress/strain situation in
a sheared tunnel model with canister
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 77 Nuklidvandring från ett bergförvar för utbränt bränsle
Bertil Grundfelt
Kemakta konsult AB, Stockholm 1978-08-31
- 78 Bedömning av radiolys i grundvatten
Hilbert Christenssen
AB Atomenergi 1978-02-17
- 79 Transport of oxidants and radionuclides through
a clay barrier
Ivar Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20

- 80 Utdiffusion av svåriösliga nuklider ur kapsel efter kapselgenombrott
Karin Andersson
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-07
- 81 Tillverkning av kopparkapsel för slutförvaring av använt bränsle
Jan Bergström
Lennart Gillander
Kåre Hannerz
Liberth Karlsson
Bengt Lönnerberg
Gunnar Nilsson
Sven Olsson
Stefan Sehlstedt
ASEA, ASEA-ATOM juni 1978
- 82 Hantering och slutförvaring av aktiva metalldelar
Bengt Lönnerberg
Alf Engelbrektsson
Ivars Neretnieks
ASEA-ATOM, VBB, KTH Juni 1978
- 83 Hantering av kapslar med använt bränsle i slutförvaret
Alf Engelbrektsson
VBB Stockholm april 1978
- 84 Tillverkning och hantering av bentonitblock
VBB
ASEA
ASEA-ATOM
Gränges Mineralprocesser
Juni 1978
- 85 Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje innehållande en glaskropp under inverkan av tyngdkraften
Anders Samuelsson
- Förändring av krypegenskaperna hos ett blyhölje som följd av en mekanisk skada
Göran Eklund
Institutet för Metallforskning september 1977 - april 1978
- 86 Diffusivitetmätningar av metan och väte i våt lera
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-01-09
- 87 Diffusivitetmätningar i våt lera Na-lignosulfonat, Sr^{2+} , Cs^+
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-16
- 88 Ground water chemistry at depth in granites and gneisses
Gunnar Jacks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm april 1978

- 89 Inverkan av glaciation på en deponeringsanläggning belägen i urberg 500 m under markytan
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-16
- 90 Koppar som kapslingsmaterial för icke upparbetat kärnbränsleavfall - bedömning ur korrosionssynpunkt
Lägesrapport 1978-03-31
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp
- 91 Korttidsvariationer i grundvattnets trycknivå
Lars Y Nilsson
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm september 1977
- 92 Termisk utvidgning hos granitoida bergarter
Ove Stephansson
Högskolan i Luleå april 1978
- 93 Preliminary corrosion studies of glass ceramic code 9617 and a sealing frit for nuclear waste canisters
I D Sundquist
Corning Glass Works 78-03-14
- 94 Avfallsströmmar i upparbetningsprocessen
Birgitta Andersson
Ann-Margret Ericsson
Kemakta mars 1978
- 95 Separering av C-14 vid upparbetningsprocessen
Sven Brandberg
Ann-Margret Ericsson
Kemakta mars 1978
- 96 Korrosionsprovning av olegerat titan i simulerade deponeringsmiljöer för upparbetat kärnbränsleavfall
Sture Henrikson
Marian de Pourbaix
AB Atomenergi 1978-04-24
- 97 Colloid chemical aspects of the "confined bentonite concept"
Jean C Le Bell
Ytkemiska Institutet 1978-05-07
- 98 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg
Del 2
Bert Allard
Heino Kipatsi
Börje Torstenfelt
Chalmers Tekniska Högskola 1978-04-20
- 99 Lakning av högaktivt franskt glas
Lägesrapport 1978-06-01
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1978-06-19

- 100 Dos och dosintekning från grundvattenburna radioaktiva ämnen vid slutförvaring av använt kärnbränsle
Ronny Bergman
Ulla Bergström
Sverker Evans
AB Atomenergi
- 101 Utläckning av Ni-59 från ett bergförvar
Ivars Neretnieks
Karin Andersson
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-04-24
- 102 Metod att bocka bestrålade bränslestavar
Torsten Olsson
ASEA-ATOM 1978-03-29
- 103 Some aspects on colloids as a means for transporting radio nuclides
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-08-08
- 104 Finit elementanalys av bentonitfyllt bergförvar
Ove Stephansson
Kenneth Mäki
Tommy Groth
Per Johansson
Högskolan i Luleå
- 105 Neutroninducerad aktivitet i bränsleelementdetaljer
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 1978-03-30
- 106 Strålningsnivå och till vatten deponerad strålningsenergi utanför kapslar i slutförvaret
Klas Lundgren
ASEA-ATOM 1978-05-29
- 107 Blyinfodrad titankapsel för upparbetat och glasat kärnbränsleavfall - Bedömning ur korrosionssynpunkt
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp. Slutrapport
1978-05-25
- 108 Criticality in a spent fuel repository in wet crystalline rock
Peter Behrenz
Kåre Hamnerz
ASEA-ATOM 1978-05-30
- 109 Lakningsbar spaltaktivitet
Lennart Devell
Rolf Hesböl
AB Atomenergi

- 110 In situ experiments on nuclide migration in fractured crystalline rocks
Ove Landström
Carl-Erik Klockars
Karl-Erik Holmberg
Stefan Westerberg
Studsvik Energiteknik and
The Geological Survey of Sweden juli 1978
- 111 Nuklidhalter i använt LWR-bränsle och i högaktivt avfall från återcyklning av plutonium i PWR
Nils Kjellbert
Studsvik Energiteknik AB 1978-07-26
- 112 Säkerhetsanalys av hanteringsförfarandet vid inkapsling av utbränt bränsle i kopparkapsel
Erik Nordesjö
ASEA-ATOM 1978-03-20
- 113 Studier av keramiska material för inkapsling av högaktivt avfall
Lennart Hydén et al
ASEA-ATOM september 1978
- 114 γ -radiolysis of organic compounds and α -radiolysis of water
Hilbert Christensen
Studsvik Energiteknik AB 1978-09-07
- 115 Accelererad utlösning av uran från α -aktivt UO_2
Gösta Nilsson
Studsvik Energiteknik AB 1978-04-27
- 116 Lakning av Al_2O_3 under simulerande deponeringsbetingelser
Britt-Marie Svensson
Lennart Dahl
Studsvik Energiteknik AB 1978-06-02
- 117 Lakning av Al_2O_3 i dubbeldestillerat vatten
Britt-Marie Svensson
Göran Blomqvist
Studsvik Energiteknik AB 1978-05-29
- 118 Slutrapport Al_2O_3 kapsel
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp
- 119 Slutförvaring av aktiverade ståldetaljer
Lars Rombén
Kyösti Tuutti
Cement- och Betonginstitutet 1978-07-14
- 120 Some notes in connection with the KBS studies of final disposal of spent fuel
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan september 1978