

KBS TEKNISK RAPPORT

99

Lakning av högaktivt franskt glas Lägesrapport 1978-06-01

Göran Blomqvist

Studsvik Energiteknik AB 1978-06-19

LAKNING AV HÖGAKTIVT FRANSKT GLAS
LÄGESRAPPORT 1978-06-01

Göran Blomqvist
Studsvik Energiteknik AB
1978-06-19

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 78-06-19	Org enh och nr — Report No. M-78/381
Titel och författare — Title and author Lakning av högaktivt franskt glas. Lägesrapport 1978-06-01. Göran Blomqvist		
Distribution		
Godkänd av — Approved by <i>Lennart Nilsson</i>	Kontonr 5212024	<input type="checkbox"/> Rapporten skall förhandsviseras — Internal notes
<p>Leaching of active French glasses at Studsvik: Progress report 1978-06-01.</p> <p>SUMMARY</p> <p>The leaching of highly active French glasses at Studsvik, which have been described earlier, have continued. This report gives analytical data up to 1978-04-03. The leaching history covers several periods:</p> <ol style="list-style-type: none">1. 1977-07-18 to 1977-08-15 Temp 25°C Dynamic leaching2. 1977-08-15 to 1977-09-05 Temp 25°C Static leaching3. 1977-09-05 to 1977-12-25 Temp 60°C Static leaching4. 1977-12-23 to 1978-01-09 Temp 25°C Storage period5. 1978-01-09-- Temp 25°C Dynamic leaching <p>LWR glasses containing Cs and Sr show considerable differences in the beginning which tend to diminish during stage 5. Observed leach rates are $1-2 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ at the end of observations. They have a tendency to decrease further.</p>		

BL 4848 A

1978-06-19

Increase in temperature from 25°C to 60°C gave a leach rate increase with a factor of about 10. In all cases but one the leach rate at 60°C decreased considerably with time.

For Pu, the leach rate remained approximately constant at 5×10^{-7} g cm⁻² day⁻¹ during stages 1 - 3 and beginning of stage 5. After a few weeks of that stage there was a temporary strong increased of Pu leaching, that decayed back to about 5×10^{-6} g cm⁻² day after about a month. This effect is still unexplained but may be due to inhomogeneity.

1978-06-19

1. ALLMÄNT

Två glascylindrar av en sammansättning motsvarande den man avser att använda för inkorporering av högaktivt avfall från LWR-reaktorer har lakats i Studsvik under perioden 1977-07-18 till 1978-06-01. Analysdata föreligger hittills för perioden till 1978-04-03. Glascylindrarna har ett innehåll av fissionsprodukttoxider eller deras kemiska ekvivalenter motsvarande cirka 20 viktsprocent, varav en mindre del utgöres av verkliga fissionsprodukttoxider. Motiveringen till detta förfaringssätt har varit tvåfaldig: 1) Glascylindrar med så hög halt verkliga fissionsprodukter som motsvarar den i LWR-glas kommer att avge en så kraftig strålning att proverna är svåra att hantera i de cellutrymmen som står till buds. 2) Det radioaktiva avfall, som är tillgängligt i Marcoule, härstammar ej från lättvattenreaktorer utan väsentligen från andra typer som gaskylda reaktorer. Avfallslösningarna från dessa innehåller också andra komponenter som aluminium, som ej kommer att ingå i större halter i uppberedningslösningar från LWR-bränsle. Nackdelar med att studera glas med huvudsakligen inaktiva fissionsprodukter är att radiolyseeffekterna blir mindre än de man kan riskera vid omedelbar kapslingsskada. ^{90}Sr och ^{137}Cs -aktiviteterna motsvarar glas med 9 % fissionsprodukttoxider efter cirka 150 år efter uttag ur reaktor. Om man i stället väljer glas med drygt 20 % fissionsprodukttoxider som referens blev avklingningstiden cirka 200 år. Denna beräkning har givetvis ej tagit hänsyn till de kemiska förändringar som sker vid det radioaktiva sönderfallet av ^{137}Cs och ^{90}Sr utan avser endast att jämföra glaset med verkligt avfallsglas vad avser strålning och effektutveckling.

Sammansättningen hos dessa glascylindrar framgår av Appendix B. De data, som använts vid beräkningarna finns samlade i Appendix A. Man bör här observera att den angivna β -aktiviteten för Sr + Y endast till hälften

1978-06-19

utgörs av ⁹⁰Sr. De angivna glassammansättningarna är typiska för vad man nu uppfattar som sannolika val för inkorporering av cirka 20 % fissionsprodukter av lättvattenreakortyp (PWR). Någon slutlig glassammansättning har ej fastställts ännu utan man arbetar med flera parallella recept och planerar att göra så under ytterligare flera år. Man torde även slutgiltigt komma att arbeta med mer än en glassammansättning på grund av att kalcinatsammansättningen varierar bl a mellan PWR och BWR-reaktorer, vilka senare innehåller mera järn.

Förutom de ovan angivna cylindrarna har också en glassylinder innehållande cirka 20 % simulerade fissionsprodukter plus 3.2 % plutonium lakats för att studera aktinidutlakningen. Den angivna Pu-halten ligger nära den gräns, där glaset separerar i en Pu-rik och en Pu-fattig fas. En hög Pu-halt har valts för att underlätta analysen av lösningarna vid tillämpningen av lakningsdata från denna cylinder. Vid bedömningar av Pus uppträdande vid lakning av verkligt avfallsglas på grundval av lakningsdata från detta försök bör man observera att avfallsglas med 9 % fissionsprodukter innehåller cirka 80 g Pu/400 kg eller 0.02 % om man antar att 0.5 % av primärt förekommande Pu blir kvar i avfallet. Detta innebär en anrikning med 160 ggr i jämförelse med det verkliga fallet. Mera realistiska bedömningar av Pu-innehållet i avfallet är att endast cirka 0.15 % blir kvar, varför den sannolika anrikningsfaktorn överstiger 300. Dessa fakta måste beaktas när man tolkar de anomalier i Pu-utlakningen som beskrivs nedan.

Också beträffande Pu-cylindern finns relevanta data samlade i Appendix A och B.

1978-06-19

2. LAKNING

Lakningsutrustningen och dess funktioner har beskrivits i detalj i en tidigare rapport (1), och jag skall här endast ge en summarisk beskrivning. Lakningsutrustningens principiella uppbyggnad framgår av Figur E.11.

Två typer av lakningar har genomförts, dynamisk lakning och statisk lakning. Vid båda dessa metoder har lakmedlet bytts en gång per dygn. Vid dynamisk lakning pumpas lakmedlet med hjälp av vakuum i följande 3 steg:

1. Vattnet pumpas upp i den övre behållaren och glaskropparna torrläggs
2. Vattnet rinner ner i lakkärlet och glaskropparna dränks
3. Glaskropparna är dränkta i vatten under en viloperiod.

Varje steg tar vid utrustningen i Studsvik cirka 1 minut, vilket gör att cykeln upprepas med en period av 3 min i Studsvik jämfört med 1.5 min i Marcoule. Vid statisk lakning förekommer ingen pumpning utan glaskropparna är kontinuerligt nedsänkta i lakvätskan mellan lakmedelsbytena.

Sammansättningen hos den använda lakvätskan framgår av Appendix C. Principerna för valet av sammansättningen har angivits i referens (1). Fransmännen har använt vattenledningsvatten som lakmedel.

För att under relativt kort tid skapa en bild av de olika glasens egenskaper under de temperaturbetingelser som blir aktuella vid förvaring av inglasat avfall i svensk berggrund har lakningen skett i flera steg, som är gemensamma för samtliga prover:

1978-06-19

1. Dynamisk lakning vid cirka 25°C
1977-07-18--1977-08-15
2. Statisk lakning vid cirka 25°C
1977-08-15--1977-09-05
3. Statisk lakning vid 60° ± 1°C
1977-09-05--1977-12-23
4. Statisk lakning utan byte av lösning vid 25°C
1977-12-23--1978-01-09
5. Dynamisk lakning vid cirka 25°C
1978-01-09--tills vidare

3. LAKNINGSKURVOR FÖR FISSIONSPRODUKTER

Utlakningens hastighet mäts med hjälp av utlakningsraten ℓ , som definieras med ekvationen

$$\ell = \frac{a}{A} \cdot \frac{P}{S} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$$

där a är den utlakade mängden av en nuklid M per dygn, A den totala mängden av M i glaskroppen, P glaskroppens vikt i g och S dess yta i cm^2 . a och A måste uttryckas i samma enhet, som kan vara vikt eller radioaktivitetsinnehåll. Även andra uttryck för lakningsraten förekommer. Dess dimension blir längd/tidsenhet om man anger glaskroppens volym i stället för vikt. Som framgår av formeln erhålles den mängd M , som avges till laklösningen per ytenhet genom multiplikation av ℓ med halten $\frac{A}{P}$.

Utlakningsraten finns angiven för de två glasen A63 och A64 i Tabell 2 - 5. Den finns också återgiven i Figur E.3 - E.6 för de resultat, som erhållits i Studsvik och i Figur E.7 - E.10 för motsvarande lakningar i Frankrike, som företagits på glaskropparna före omsmältning vid leverans till Studsvik. Vid konstruktionen av kurvorna över mätningarna i Studsvik har också mätosäkerheten lagts in.

1978-06-19

3.1 Lakning av glas A64

Såväl kurvorna för Cs som Sr-utlakningen (Figur E.3, E.4) visar att övergången från dynamisk lakning till statisk lakning inte hade någon skönjbar effekt på utlakningsraten. Cs-utlakningen sjönk först relativt snabbt för att efter någon månad gå ned till cirka 7×10^{-7} , vilket är högre än de värden som angivits av Marcoule med ungefär en faktor 3 efter samma utlakningstid. Kurvan var emellertid fortfarande sjunkande, och lägre värden hade sannolikt uppnåtts om lakningen fortsatts. Beträffande Sr-utlakningen är den ungefär sex gånger så hög som i Marcoule med ett gränsvärde vid temperaturhöjningen på $1.5 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$. Detta värde befann sig också på sänkning men det är osäkert om det kunnat närma sig det värde som angivits av fransmännen på $2 \times 10^{-7} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$.

Vid temperaturhöjningen till 60° ökade såväl Cs- som Sr-utlakningen med en faktor på cirka 10, vilket står i överensstämmelse med franska erfarenheter och motsvarar det värde KBS har antagit för konsekvensanalysen. För både Cs och Sr kunde man konstatera en ökad spridning i analysdata, som till en stor del men inte helt motiverades av analysosäkerheten. Kurvornas förlopp är helt olika för Cs och Sr. Cs-utlakningen stiger under hela perioden från $9 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$ till cirka $1.25 \times 10^{-5} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$, medan Sr-utlakningen sjunker från cirka $1.7 \times 10^{-5} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$ till $1.25 \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}$. Detta innebär att Cs- och Sr-utlakningen var ungefär lika stora när lakningen vid högre temperatur avslutades 1977-12-23.

Under perioden 1977-12-23 till 1978-01-09 lakades glas-kropparna utan byte av lakmedel vid rumstemperatur. Man kunde konstatera en låg medelutlakning för såväl Cs som Sr, men dessa värden har inte tagits med här. De utgör en indikation på att byte av lakmedel med längre tids mellanrum medför en reduktion av utlakningsraten. Motsvarande franska försök antyder dock en högre utlakningsrat än vad som annars skulle ha varit fallet när lakmedelsbytena börjar i normal omfattning igen.

1978-06-19

Lakningen efter 1978-01-09 skedde i form av dynamisk lakning vid cirka 25°C. Lakningsförloppet för Cs och Sr är också här helt olika. För Cs sker en omedelbart abrupt sänkning av raten till cirka $1.5 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$, varefter den sjunker linjärt fram till det sista datum för vilket observationer föreligger. Dess värde är då cirka $1 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$. Tendensen är fortfarande sjunkande, varför det är sannolikt att man på sikt kommer att uppnå en lakningsrat på några gånger $10^{-7} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$. För Sr är den direkta sänkningen endast cirka 25 %, medan man senare får en relativt snabbt sjunkande kurva. Det synes ej osannolikt att utfällning av SrCO_3 vid den högre temperaturen på glasytan och/eller väggarna spelar en roll vid detta förlopp. Inga åtgärder har vidtagits för att ändra glaskropparnas miljö under lakningen, vilket medför att utfällning på kärnväggarna inte kan uteslutas. Också för Sr närmar sig utlakningsvärdena vid observationen 1978-04-03 det värde på $1.5 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$ som gällde vid höjningen av temperaturen till 60°C.

3.2 Lakning av glas A63

Utlakningsförloppet i Studsvik för glas A63 (Figur E.5, E.6) skiljer sig starkt från det som gäller för A64. Detta är möjligen en indikation på differenser man har anledning att vänta när glas utsätts för ej helt reproducerande processer. Som tidigare nämnts har dessa glas smälts om före leveransen till Sverige för att möjliggöra transport med tillgängliga faciliteter.

Vid lakningens början var utlakningsraten för Cs $8 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$, vilket är ett mycket högt värde. Den sjönk sedan snabbt till $2.5 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$ strax före höjningen av temperaturen till 60°C 1977-09-05. Sr-lakningen låg nästan konstant vid 3.5×10^{-6} under den första utlakningsperioden. Ej heller för prov A63 kunde man iaktta någon effekt av den övergång från dynamisk till statisk lakning som skedde 1977-08-15.

1978-06-19

Vid höjningen av temperaturen från 25°C till 60°C ökade lakningsraten med knappt en faktor 10. Omedelbart efter temperaturhöjningen började lakningsraten sjunka och den nådde efter cirka 2 månader $7 - 9 \times 10^{-6}$ för såväl Sr som Cs; spridningen i mätvärdena är dock väsentligt större än analysfelen, och man har för både Cs och Sr ett intryck av ett ostabilt förlopp. Mot slutet av perioden finns en antydning om en svag ökning av utlakningsraten för såväl Cs som Sr. På grund av spridningen i mätresultaten är det dock tveksamt om denna uppgång är signifikant.

På samma sätt som för glas A64 sänktes temperaturen till 25°C 1977-12-23, och glaskroppen fick laka utan lakmedelsbyte till 1978-01-09.

Vid den återupptagna dynamiska lakningen kunde man konstatera en snabb minskning av lakningsraten för Cs till cirka $1.8 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$, vilket är ett lägre värde än det som förelåg vid inledningen av lakningen vid 60°C. Lakningsraten för Cs har sedan sjunkit till cirka 1.3×10^{-6} fram till 1978-04-03, fortfarande dock med relativt stor spridning i värdena. Eftersom sänkningen fortsätter verkar ett lägre slutvärde sannolikt.

Beträffande Sr (Figur E.6) visar de första lakningsresultaten efter temperatursänkningen en praktiskt taget oförändrad lakningsrat i jämförelse med tiden närmast före temperatursänkningen. Detta kan knappast tolkas på annat sätt än att en upplösning av ett Sr-rikt material dominerar utlösningsskivan. Vid den nu rapporterade lakningsperiodens slut är lakningsraten av samma storleksordning som före temperaturhöjningen i början av september.

3.3 Jämförelse mellan lakningsresultaten för A64 och A63

Redan en flyktig blick på Figur E.3 - E.6 visar att utlakningsegenskaperna hos glascylindrarna A63 och A64 är starkt olika. De mest framträdande olikheterna är:

1978-06-19

1. I det första utlakningskedet vid rumstemperatur är lakningsraterna genomgående högre för glas A63 än för A64. Glas A64 visar ett initialskede med relativt snabb sänkning i utlakningen av såväl Sr som Cs på ungefär 10 dagar, som följs av en långsamt fallande kurva. För glas 63 är Sr-utlakningen konstant, medan Cs-utlakningen sjunker ganska kraftigt hela tiden.
2. Under lakningen vid 60°C stiger utlakningsraten för Cs med tiden, för A64, medan den sjunker för A63. För Sr sjunker utlakningsraten med tiden för båda glasen.

Följande likheter i utlakningsförloppet kan konstateras:

1. Under det sista utlakningsskedet vid 25°C sjunker Cs-utlakningarna lineärt till värden, som för båda glasen ligger nära 10^{-6} g cm⁻² dygn⁻¹ och som för båda synes vara på nedgående 1978-04-03.
2. Utlakningskurvan för Sr under det sista skedet visar för båda glasen en eftersläpning i förhållande till Cs som antyder utlakning av en Sr-rik fas. Man når 1978-04-03 värden som motsvarar Sr-utlakningen före temperaturhöjningen till 60°C.
3. Förhållandena mellan utlakningsraterna för Sr och Cs vid slutet av utlakningsperioden vid 60°C är nära 1 för båda glasen. De båda Cs- och Sr-raterna är också sinsemellan ganska lika.

Med utgångspunkt från ovanstående och det faktum att fransmännen fått ett likartat utlakningsbeteende för de båda glasen verkar det sannolikt att egenskaperna hos ett relativt tunt ytskikt varit avgörande för skillnaderna mellan glasen. När detta eroderats bort synes lakningsraterna bli mer likartade.

4. UTLAKNING AV Pu-GLAS A51

Som framgår av Figur E.1 är lakningsraten för plutoniumhaltigt glas frånsett ett stigande inledningsskede relativt konstant cirka 5×10^{-7} g cm⁻² dygn⁻¹ under lakningen vid rumstemperatur fram till 1977-09-05. Detta värde ligger något över vad man uppmätt i Marcoule för mot-

1978-06-19

svarande glas, men avvikelserna är knappast uppseende-
väckande stora. Spridningen i analysvärden från dag
till dag är betydande, vilket dels motiveras med en rela-
tivt stor osäkerhet i analysmetoden men också av att
lösningarna är väsentligt mera instabila än Cs- och Sr-
lösningarna. Franska erfarenheter har visat att dessa
lösningar omedelbart måste försättas med syra för att
undvika en "uppskiktning", där den andra delen av lös-
ningen kommer att få högre koncentration än den övre.

Vid temperaturhöjningen 1977-09-05 sänktes först utlak-
ningsraten. Detta står i överensstämmelse med samtidigt
genomförda franska försök med lakning av glas innehållande
plutonium vid förhöjd temperatur, där man kunnat registrera
upp till en faktor 3 lägre lakningsrat än vid rumstemperatur,
d v s ett i förhållande till fissionsproduktutlakningen
kraftigt avvikande temperaturberoende. I vårt fall steg
emellertid utlakningsraten till ett värde på (6 - 7)
 $\times 10^{-7} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$ också vid 60°C och låg kvar där under
hela utlakningsperioden, om också fortfarande med stora
variationer mellan observationspunkterna.

Den statistiska lakningen vid 60°C avbröts 1977-12-23 och
glaset lakades vid rumstemperatur utan byte av lakmedel
fram till 1978-01-09, då dynamisk lakning vid rumstempe-
ratur startade på samma sätt som för glasen A63 och A64.
De första analyserna gav inga anmärkningsvärda resultat.
Med början vid observationspunkten 1978-01-27 erhöles en
serie analyser med utomordentligt starkt förhöjda Pu-värden
(cirka 300 ggr högre än de tidigare normala). Utlaknings-
förloppet under denna period, som åskådliggörs i Figur E.2,
är utomordentligt ojämnt, och man kunde också visa att
förhållandet Pu/Am i stort sett följde ojämnheter. Efter
cirka en månad minskade Pu-utlakningen snabbt och låg vid
den sista tillgängliga analysen vid cirka $5 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-2}$
 dygn^{-1} . Försök med utlakning av det tomma lakkärlet sedan
Pu-glaset lyfts ut antyder att det Pu som kunde ha avsatts

1978-06-19

där lakas ut inom något dygn, vilket gör det osannolikt att plutoniet skulle ha avsatts på lakningskärlet under den del av försöket, som skedde vid 60°C.

Såväl erfarenheterna från Marcoule som våra observationer i Studsvik antyder en radikalt annorlunda mekanism vid utlakning av plutonium än den som gäller vid utlakning av fissionsprodukter. Detta har tidigt visats av att man för Pu ej har det karakteristiska utlakningsförloppet som funktion av tiden. Detta utgör för exempelvis Cs en relativt snabb sänkning av lakningsraten under de första 10 dygnens lakning, varefter man får en långsam mer eller mindre lineär sänkning. Detta tolkas i allmänhet så att man under den första perioden har en väsentligen diffusionsstyrd process, varefter glaskorrosionen blir den hastighetsbestämmande faktorn. För Pu saknas den snabba sänkningen i början av utlakningsförloppet, och man kan ofta observera en lakningsrat, som långsamt stiger med tiden. Detta antyder ett rent glaskorrosionsförlopp. En ytterligare avvikelse mellan utlakningsförloppen för Pu och fissionsprodukterna är att man inte kan observera den ökning av utlakningsraten vid en förhöjning av temperaturen som är karakteristisk för utlakningen av fissionsprodukterna och som också gäller vid korrosion av glas. Man har i Marcoule observerat en sänkning av utlakningsraten med upp till en faktor 3, medan vi i Studsvik observerat ett oförändrat värde. Detta har tolkats som att Pu vid högre temperatur faller ut på glasytan (Bonniaud, priv comm). Vi har ännu inte tillfredsställande lyckats tolka den utomordentligt starka ökningen av lakningsrat, som observerats vid sänkningen av temperaturen från 60°C till 25°C. Förklaringen kan möjligen vara trivial så till vida att effekten skulle bero på att en fassetparation skulle ha uppstått vid omsmältningen av Pu-glaset, som enligt uppgift skall ha mött vissa svårigheter som att glasets "fastnat" i den degel, i vilken gjutningen skedde, vilket inte är vanligt. På denna förklaring tyder också att utlakningen av Am i stort sett följer Pu, vilket det knappast borde göra om man haft en kemisk process på grund av olikheterna i de båda ämnenas kemiska egenskaper.

1978-06-19

En annan möjlighet, som är av större teoretiskt och praktiskt intresse är att man får en upplösning av det Purika skikt, som möjligen har avsatts på glaskroppen vid lakningen vid högre temperatur. Detta synes endast kunna avgöras genom ytterligare experiment med en liknande temperaturcykel.

5. SLUTSATSER

Ovanstående utgör en delrapport av ett pågående försök. Detta gör att de slutsatser man kan dra endast är preliminära. Man torde dock kunna fastslå följande:

1. Glas med nära lika sammansättning kan visa stora variationer i lakningsegenskaperna beroende på varierande ytstruktur. Det yttersta skiktet på glaset är sannolikt inte representativt för kroppen som helhet. Lakning vid högre temperatur, som snabbare attackerar yt-skiktet, är sannolikt ett säkrare mått på glaskvaliteten än lakning vid rumstemperatur. Skall lakningen ske vid rumstemperatur bör man försöka laka en hydratiserad yta, som uppkommit genom behandling vid högre temperatur eller längre tids förvaring vid rumstemperatur för att nå relevanta resultat.
2. Relativt långa tider är nödvändiga för att nå stationära förhållanden för Cs/Sr (storleksordningen månader). Detta beror möjligen på den valda vattensammansättningen då fransmännen kommit till snabbare jämvikt. En fortsättning av nu pågående lakningar är önskvärd för att bekräfta att lakningsraten på sikt gått ner till tillräckligt låga värden för båda glasen.
3. De olikheter, som konstaterats mellan de två LWR-glas, som lakas i Studsvik, tenderar att utjämnas ju längre lakningen fortskrider.
4. Utlakningsförloppet för Pu vid olika temperaturer visar påtagliga anomalier, som måste göras till föremål för vidare studier.

1978-06-19

REFERENSFÖRTECKNING

BLOMQVIST GÖRAN
Läckningsförsök med högaktivt franskt glas
i Studsvik.
KBS Teknisk Rapport 50 (1977).

2. Konstanter

2.1 Glaskropparnas geometriska dimensioner

Enligt uppgift från Marcoule är samtliga glaskroppars geometriska dimensioner lika. De utgörs av cylindrar med höjden 14 cm och diametern 8.5 cm. Den totala vikten är 1885 g. Detta medför att man för samtliga aktuella cylindrar har ytan $S = 2 \pi (r + h) = 487.3 \text{ cm}^2$. Följaktligen får (1) utseendet

$$I = \frac{a}{A} \cdot \frac{1885}{487.3} = 3.868 \cdot \frac{a}{A} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1} \quad (1)$$

2.2 Halveringstider

Följande halveringstider har använts

$$^{137}\text{Cs} = 30.1 \text{ år}$$

$$^{90}\text{Sr} = 29 \text{ år}$$

källa: Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall.

Betänkande av AKA-utredningen Del II (SOU 1976:3) Tabell 3:3 Klyvningsprodukter i använt kärnbränsle.

2.3 Glaskropparnas aktiviteter per 1977-10-01

2.3.1. Cylinder A64 (Prov 2)

Cs-137:

Aktivitet	1976-02-01	15.9 Ci
	1977-10-01	15.3 Ci

Sr-90:

Aktivitet	1976-02-01	14.4 Ci
	1977-10-01	13.84 Ci

2.3.2. Cylinder A63 (Prov 3)

Cs-137

Aktivitet	1976-01-15	13.5 Ci
	1977-10-01	13.0 (12.98) Ci

PROGRAM FÖR BERÄKNING AV UTLAKNINGEN AV AKTIVT GLAS

1. Bakgrund

F n lakas i Studsvik bl a två glaskroppar med aktivt LWR-glas innehållande fissionsprodukterna ^{90}Sr och ^{137}Cs samt en glaskropp innehållande bl a Pu. Dessa glaskroppar lakas f n på så sätt att 740 ml vatten, som byts varje dygn, lakar glaskroppens hela yta. Sedan laklösningen tappats av försätts den med 10 ml konc HCl för det fall att vi har Cs-137/Sr-90-lösningar; i fallet Pu-haltig glaskropp försätts lösningen med konc HCl till 850 ml för att undvika förändringar i laklösningens sammansättning på grund av hydrolys och bildning av polymera Pu-föreningar.

Som ett led i utvärderingen av utlakningsdata beräknas utlakningsraten l i $\text{g cm}^{-2} \text{dygn}^{-1}$. Man använder härvid formeln

$$l = \frac{a}{A} \cdot \frac{P}{S} \text{ g cm}^{-2} \text{dygn}^{-1}$$

där a är den totalt utlakade kvantiteten av ämnet M (i Ci), A den totala mängden M i glaskutsen (i Ci) P glaskutsens vikt i g och S kutsens yta i cm^2 . Beräkningarna förutsätter implicit en homogen fördelning av M i glaset.

Vid beräkningarna har antagits att samtliga mätningar skett per 77-10-01. På grund av de långa halveringstiderna är denna approximation tillräcklig under lakningsperioden 77-07-15 till 78-06-30.

Sr-90

Aktivitet	1976-01-15	11.75 Ci
	1977-10-01	11.28 Ci

3. Beräkningsformler

Beräkningsformlerna är avsedda för direkt insättning av analysresultatet i pCi/ml för att få utlakningsraten i $\text{g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$. För A 63 och A 64 (Prov 3 och 2) utgörs den analyserade mängden av 750 ml. Detta innebär att ekvation (2) i detta fall kan skrivas

$$I = \frac{3.868 \cdot 750 \text{ b}}{A} = \frac{2901 \text{ b}}{A} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1} \quad (3a)$$

För A 51 är den analyserade mängden 850 ml.

I detta fall får nu

$$I = \frac{3288 \text{ h}}{A} \text{ g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1} \quad (3b)$$

Insättningar av relevanta konstanter ger (A uttryckes i p Ci).

A 64 (Prov 2) Cs-137

$$I = \frac{2901 \text{ b}}{15.30 \times 10^{12}} = 1.896 \times 10^{-10} \text{ b g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$$

Sr-90

$$I = \frac{2901 \text{ b}}{13.48 \times 10^{12}} = 2.100 \times 10^{-10} \text{ b g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$$

A 63 (Prov 3) Cs 137

$$I = \frac{2901 \text{ b}}{12.98 \times 10^{12}} = 2.235 \times 10^{-10} \text{ b g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$$

Sr-90

$$I = \frac{2901 \text{ b}}{11.28 \times 10^{12}} = 2.576 \times 10^{-10} \text{ b g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$$

A 51 Pu

$$I = \frac{3288 \text{ b}}{12.50 \times 10^{12}} = 2.630 \times 10^{-10} \text{ b g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$$

Appendix B

Sammanställning av data för franska glas i Studsvik. Enligt uppgift från Marcoule har de lakade franska glasen följande sammansättning:

A64

SiO ₂	46 %
Na ₂ O	9.8 %
B ₂ O ₃	16.8 %
Al ₂ O ₃	1.8 %
UO ₂	3.4 %
Fissionsprodukttoxider	21.1 %
Diverse (Fe ₂ O ₃ etc)	1.1 %
Aktivitet 1976-02-01:	
¹⁰⁶ Ru-Rh	1.55 Ci
¹³⁷ Cs	15.9 Ci
¹⁴⁴ Ce-Pr	21.9 Ci
⁹⁰ Sr + Y	28.8 Ci

A63

SiO ₂	42.9 %
Na ₂ O	9.6 %
B ₂ O ₃	18.7 %
Al ₂ O ₃	1.8 %
UO ₂	3.5 %
Fissionsprodukttoxider	22.4 %
Diverse (Fe ₂ O ₃ etc)	1.1 %
Aktivitet 1976-01-15	
¹⁰⁶ Ru-Rh	1.84 Ci
¹³⁷ Cs	13.5 Ci
¹⁴⁴ Ce-Pr	18.35 Ci
⁹⁰ Sr + Y	23.5 Ci

Plutoniumglas (A51)	
SiO ₂	44.1 %
Na ₂ O	9.6 %
B ₂ O ₃	19.7 %
PuO ₂	3.6 %
Fissionsprodukttoxider	22.3 %
Diverse (Fe ₂ O ₃ etc)	0.7 %

Med fissionsprodukter avses i detta glas simulerade inaktiva fissionsprodukter.

Plutonet har följande isotopsammansättning:

Pu-238	0.16 %
Pu-239	42.32 %
Pu-240	43.11 %
Pu-241	9.38 %
Pu-242	4.17 %
Am-241	0.85 %

Den totala aktiviteten hos de alfastrålande ämnena är 12.5 Ci.

Följande lakningsrater har uppmätts i Frankrike (25°C):

A64 (83 dygn)	⁹⁰ Sr	3 x 10 ⁻⁷ g cm ⁻² dygn ⁻¹
	¹³⁷ Cs	1.5 x 10 ⁻⁷ g cm ⁻² dygn ⁻¹
A63 (83 dygn)	⁹⁰ Sr	2 x 10 ⁻⁷ g cm ⁻² dygn ⁻¹
	¹³⁷ Cs	2 x 10 ⁻⁷ g cm ⁻² dygn ⁻¹
A51 (Pu) (110 dygn)		2 x 10 ⁻⁷ g cm ⁻² dygn ⁻¹

Appendix C

Lakmedlets sammansättning:

HCO_3^-	300 mg/l
Cl^-	27 mg/l
SO_4^{2-}	9 mg/l
F^-	1.5 mg/l
Na^+	125 mg/l
Ca^{2+}	6 mg/l
K^+	2 mg/l
Mg^{2+}	3 mg/l
SiO_2	8 mg/l
pH = 8.5	.

För tillverkning av lakmedel med pH = 10.5 tillsättes erforderlig mängd NaOH.

Tabell 1. Utlakning av Pu från glasblock

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
770718	ca 25	1.69 x 10 ⁻⁷	dynamisk lakning
770720		1.81 x 10 ⁻⁷	
771021		1.37 x 10 ⁻⁷	
771022		3.2 x 10 ⁻⁷	
770723		2.0 x 10 ⁻⁷	
770724		2.7 x 10 ⁻⁷	
770725		2.7 x 10 ⁻⁷	
770726		3.0 x 10 ⁻⁷	
770727		3.7 x 10 ⁻⁷	
770728		3.4 x 10 ⁻⁷	
770729		4.4 x 10 ⁻⁷	
770730		4.1 x 10 ⁻⁷	
770731		4.1 x 10 ⁻⁷	
770802		6.1 x 10 ⁻⁷	
770804		4.6 x 10 ⁻⁷	
770806		5.5 x 10 ⁻⁷	
770808		6.4 x 10 ⁻⁷	
770810		4.9 x 10 ⁻⁷	
770812		6.0 x 10 ⁻⁷	
770814		4.1 x 10 ⁻⁷	
770816		5.3 x 10 ⁻⁷	statisk lakning
770817		6.6 x 10 ⁻⁷	
770818		3.7 x 10 ⁻⁷	
770819		5.7 x 10 ⁻⁷	
770820		5.5 x 10 ⁻⁷	
770822		4.8 x 10 ⁻⁷	
770824		6.0 x 10 ⁻⁷	
770826		5.0 x 10 ⁻⁷	
770828		4.8 x 10 ⁻⁷	
770830		5.3 x 10 ⁻⁷	
770901		5.1 x 10 ⁻⁷	
770905		5.5 x 10 ⁻⁷	
770906	60	6.0 x 10 ⁻⁷	statisk lakning

Tabell 1. Forts.

Datum	Temp °C	Utläkningsrat $\text{g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$
770907	60	$4,1 \times 10^{-7}$
770909		$2,3 \times 10^{-7}$
770912		$2,4 \times 10^{-7}$
770914		$2,9 \times 10^{-7}$
770916		$5,0 \times 10^{-7}$
770919		$4,2 \times 10^{-7}$
770921		$5,0 \times 10^{-7}$
770923		$3,7 \times 10^{-7}$
770926		$4,7 \times 10^{-7}$
770928		$4,7 \times 10^{-7}$
770930		$4,5 \times 10^{-7}$
771003		$4,7 \times 10^{-7}$
771005		$5,8 \times 10^{-7}$
771007		$5,8 \times 10^{-7}$
771010		$6,6 \times 10^{-7}$
771012		$4,7 \times 10^{-7}$
771014		$5,3 \times 10^{-7}$
771017		$7,4 \times 10^{-7}$
771019		$7,6 \times 10^{-7}$
771021		$6,3 \times 10^{-7}$
771024		$7,6 \times 10^{-7}$
771026		$6,6 \times 10^{-7}$
771028		$5,8 \times 10^{-7}$
771031		$4,7 \times 10^{-7}$
771102		$7,4 \times 10^{-7}$
771103		$8,0 \times 10^{-7}$
771107		$5,8 \times 10^{-7}$
771109		$1,00 \times 10^{-6}$
771111		$2,9 \times 10^{-7}$
771114		$5,5 \times 10^{-7}$

Tabell 1. Forts

Datum	Temp °C	Utlakningsrat $\text{g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$	
771118	60	5.3×10^{-7}	Statisk lakning
771121		6.8×10^{-7}	
771125		6.6×10^{-7}	
771128		8.4×10^{-7}	
771202		6.8×10^{-7}	
771205		7.4×10^{-7}	
771209		6.3×10^{-7}	
771212		7.6×10^{-7}	
771216		7.4×10^{-7}	
771219		6.8×10^{-7}	
771223		5.3×10^{-7}	
780109	25	-	Första provbytet efter 2 veckor uppehåll. Dynamisk lakning på- börjas.
780113		1.84×10^{-6}	
780120		5.3×10^{-7}	
780127		1.58×10^{-4}	
780130		7.9×10^{-5}	
780203		2.6×10^{-5}	
780206		1.18×10^{-4}	
780210		2.4×10^{-5}	
780213		1.05×10^{-4}	
780222		1.18×10^{-4}	
780223		6.8×10^{-5}	
780224		2.9×10^{-5}	
780227		1.05×10^{-5}	
780303		5.3×10^{-6}	
780306		5.3×10^{-6}	
780310		5.5×10^{-6}	
780313		5.5×10^{-6}	
780328		8.2×10^{-6}	Uppehåll för kontroll om Pu fastnat i kärn- väggarna.

Tabell 2. Utlakning av Cs-137 från glasblock A64.

Datum	Temp °C	Utlakningsrat $\text{g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$	
770718	25	$1,71 \times 10^{-6}$	dynamisk lakning
770720		$1,43 \times 10^{-6}$	
770721		$1,08 \times 10^{-6}$	
770722		$1,07 \times 10^{-6}$	
770723		$1,06 \times 10^{-6}$	
770724		$1,10 \times 10^{-6}$	
770725		$1,06 \times 10^{-6}$	
770726		$9,2 \times 10^{-7}$	
770727		$8,7 \times 10^{-7}$	
770728		$8,7 \times 10^{-7}$	
770729		$8,6 \times 10^{-7}$	
770730		$8,8 \times 10^{-7}$	
770731		$7,8 \times 10^{-7}$	
770802		$8,6 \times 10^{-7}$	
770804		$1,18 \times 10^{-6}$	
770806		$7,6 \times 10^{-7}$	
770808		$7,4 \times 10^{-7}$	
770810		$7,3 \times 10^{-7}$	
770812		$6,9 \times 10^{-7}$	
770814		$6,2 \times 10^{-7}$	
770816		$6,4 \times 10^{-7}$	statisk lakning
770817		$6,5 \times 10^{-7}$	
770818		$7,2 \times 10^{-7}$	
770819		$7,8 \times 10^{-7}$	
770820		$6,5 \times 10^{-7}$	
770822		$5,9 \times 10^{-7}$	
770824		$7,1 \times 10^{-7}$	
770826		$7,3 \times 10^{-7}$	
770828		$5,4 \times 10^{-7}$	
770830		$6,0 \times 10^{-7}$	
770909	60	$9,6 \times 10^{-6}$	statisk lakning
770912		$8,9 \times 10^{-6}$	
770914		$9,1 \times 10^{-6}$	
770919		$9,8 \times 10^{-6}$	

Tabell 2. Forts.

Datum	Temp °C	Utlakningsrat $\text{g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$	
770921	60	9.7×10^{-6}	statisk lakning
770923		9.5×10^{-6}	
770926		9.5×10^{-6}	
770928		9.4×10^{-6}	
770930		1.01×10^{-5}	
771003		1.01×10^{-5}	
771005		1.04×10^{-5}	
771007		1.00×10^{-5}	
771010		1.06×10^{-5}	
771012		1.03×10^{-5}	
771014		1.01×10^{-5}	
771017		1.08×10^{-5}	
771019		1.07×10^{-5}	
771020		1.06×10^{-5}	
771024		1.19×10^{-5}	
771026		1.09×10^{-5}	
771028		1.07×10^{-5}	
771031		1.13×10^{-5}	
771102		1.18×10^{-5}	
771103		1.19×10^{-5}	
771107		1.22×10^{-5}	
771109		1.11×10^{-5}	
771111		1.11×10^{-5}	
771114		1.12×10^{-5}	
771118		9.3×10^{-6}	
771121		1.57×10^{-5}	
771125		1.08×10^{-5}	
771128		1.79×10^{-5}	
771202		1.24×10^{-5}	
771205		1.28×10^{-5}	
771209		1.13×10^{-5}	
771212		1.30×10^{-5}	
771216		1.23×10^{-5}	
771219		1.21×10^{-5}	
771223	25	1.23×10^{-5}	Statisk lakning 25° C börjar

Tabell 2. Forts

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
780109	25	-	Dynamisk lakning 25°C börjar.
780113		1.86 x 10 ⁻⁶	
780120		1.65 x 10 ⁻⁶	
780127		1.78 x 10 ⁻⁶	
780130		1.63 x 10 ⁻⁶	
780203		1.28 x 10 ⁻⁶	
780206		1.39 x 10 ⁻⁶	
780210		1.32 x 10 ⁻⁶	
780213		1.19 x 10 ⁻⁶	
780222		1.27 x 10 ⁻⁶	
780223		1.52 x 10 ⁻⁶	
780227		1.23 x 10 ⁻⁶	
780303		1.29 x 10 ⁻⁶	
780306		1.08 x 10 ⁻⁶	
780310		9.9 x 10 ⁻⁷	
780313		9.3 x 10 ⁻⁷	
780320		8.9 x 10 ⁻⁷	
780328		-	
780403		8.5 x 10 ⁻⁷	

Tabell 3. Utlakning av Cs-137 från glas A63.

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
770718	25	8.9 x 10 ⁻⁶	dynamisk lakning
770720		7.6 x 10 ⁻⁶	
770721		7.1 x 10 ⁻⁶	
770722		6.4 x 10 ⁻⁶	
770723		5.9 x 10 ⁻⁶	
770724		6.4 x 10 ⁻⁶	
770725		1.2 x 10 ⁻⁵	
770726		6.0 x 10 ⁻⁶	
770727		5.4 x 10 ⁻⁶	
770728		5.8 x 10 ⁻⁶	
770729		5.8 x 10 ⁻⁶	
770730		5.2 x 10 ⁻⁶	
770731		4.8 x 10 ⁻⁶	
770802		4.4 x 10 ⁻⁶	
770804		5.2 x 10 ⁻⁶	
770806		3.1 x 10 ⁻⁶	
770808		2.7 x 10 ⁻⁶	
770810		2.8 x 10 ⁻⁶	
770812		2.5 x 10 ⁻⁶	
770814		2.8 x 10 ⁻⁶	
770816		2.3 x 10 ⁻⁶	statisk lakning
770817		2.3 x 10 ⁻⁶	
770818		2.7 x 10 ⁻⁶	
770819		3.1 x 10 ⁻⁶	
770820		2.6 x 10 ⁻⁶	
770822		2.3 x 10 ⁻⁶	
770826		2.7 x 10 ⁻⁶	
770828		2.3 x 10 ⁻⁶	
770830		2.2 x 10 ⁻⁶	
770901		2.3 x 10 ⁻⁶	
770905	60	1.3 x 10 ⁻⁶	statisk lakning
770906		5.3 x 10 ⁻⁶	
770907		8.0 x 10 ⁻⁶	
770909		2.2 x 10 ⁻⁵	

Tabell 3. Forts.

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹
770912		1.48 x 10 ⁻⁵
770914		1.34 x 10 ⁻⁵
770916		1.21 x 10 ⁻⁵
770919		1.19 x 10 ⁻⁵
770921		1.05 x 10 ⁻⁵
770923		1.06 x 10 ⁻⁵
770926		1.02 x 10 ⁻⁵
770928		1.06 x 10 ⁻⁵
770930		1.14 x 10 ⁻⁵
771003		9.1 x 10 ⁻⁶
771005		8.6 x 10 ⁻⁶
771007		8.2 x 10 ⁻⁶
771010		9.9 x 10 ⁻⁶
771012		4.9 x 10 ⁻⁶
771014		1.06 x 10 ⁻⁵
771017	60	8.6 x 10 ⁻⁶
771019		8.4 x 10 ⁻⁶
771021		6.1 x 10 ⁻⁶
771024		8.0 x 10 ⁻⁶
771026		7.8 x 10 ⁻⁶
771028		5.3 x 10 ⁻⁶
771031		7.6 x 10 ⁻⁶
771102		7.7 x 10 ⁻⁶
771103		7.6 x 10 ⁻⁶
771107		7.7 x 10 ⁻⁶
771109		7.5 x 10 ⁻⁶
771111		7.5 x 10 ⁻⁶
771114		9.0 x 10 ⁻⁶
771118		7.4 x 10 ⁻⁶
771121		7.3 x 10 ⁻⁶
771125		9.0 x 10 ⁻⁶
771128		1.62 x 10 ⁻⁶
771202		9.9 x 10 ⁻⁶
771205		1.00 x 10 ⁻⁵
771209		7.8 x 10 ⁻⁶

Tabell 3. Forts

Datum	Temp °C	Utlakningsrat $\text{g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$	
771212	60	9.1×10^{-6}	Statisk lakning
771216		9.6×10^{-6}	
771219		9.4×10^{-6}	
771223	25	8.9×10^{-6}	Statisk lakning vid 25°C börjar
780109		-	Dynamisk lakning vid 25°C börjar.
780113		1.94×10^{-6}	
780120		1.21×10^{-6}	
780127		1.68×10^{-6}	
780130		2.02×10^{-6}	
780203		1.19×10^{-6}	
780206		1.37×10^{-6}	
780210		1.30×10^{-6}	
780213		1.66×10^{-6}	
780222		2.26×10^{-6}	
780223		1.63×10^{-6}	
780224		1.39×10^{-6}	
780227		1.16×10^{-6}	
780303		1.25×10^{-6}	
780306		1.14×10^{-6}	
780310		1.07×10^{-6}	
780313		9.8×10^{-7}	
780320		9.6×10^{-7}	
780328		-	
780403		1.59×10^{-6}	

Tabell 4. Utlakning av Sr-90 från glasblock A64.

Datum	Temp °C	Utlakningsrat $\text{g cm}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$	
770718	25	2.8×10^{-6}	dynamisk lakning
770720		2.8×10^{-6}	
770721		2.0×10^{-6}	
770722		2.0×10^{-6}	
770723		1.87×10^{-6}	
770724		2.2×10^{-6}	
770725		2.1×10^{-6}	
770726		1.95×10^{-6}	
770727		1.81×10^{-6}	
770728		1.89×10^{-6}	
770729		1.83×10^{-6}	
770730		1.95×10^{-6}	
770731		1.52×10^{-6}	
770802		1.91×10^{-6}	
770804		2.5×10^{-6}	
770806		1.63×10^{-6}	
770808		1.55×10^{-6}	
770810		1.63×10^{-6}	
770812		1.64×10^{-6}	
770814		1.48×10^{-6}	
770816		1.47×10^{-6}	statisk lakning
770817		1.32×10^{-6}	
770818		1.63×10^{-6}	
770819		1.86×10^{-6}	
770820		1.54×10^{-6}	
770822	25	1.30×10^{-6}	
770824		1.76×10^{-6}	
770826		1.55×10^{-6}	
770828		1.43×10^{-6}	
770830		1.46×10^{-6}	
770909	60	2.1×10^{-5}	statisk lakning

Tabell 4. Forts

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
770912	60	1.68 x 10 ⁻⁵	Statisk lakning
770904		1.78 x 10 ⁻⁵	
770916		1.19 x 10 ⁻⁵	
770919		1.60 x 10 ⁻⁵	
770921		1.56 x 10 ⁻⁵	
770923		1.63 x 10 ⁻⁵	
770926		1.56 x 10 ⁻⁵	
770928		1.62 x 10 ⁻⁵	
770930		1.68 x 10 ⁻⁵	
771003		1.51 x 10 ⁻⁵	
771005		1.61 x 10 ⁻⁵	
771007		1.46 x 10 ⁻⁵	
771014		1.44 x 10 ⁻⁵	
771017		1.43 x 10 ⁻⁵	
771019		1.44 x 10 ⁻⁵	
771021		1.45 x 10 ⁻⁵	
771024		1.47 x 10 ⁻⁵	
771026		1.36 x 10 ⁻⁵	
771028		1.41 x 10 ⁻⁵	
771031		1.36 x 10 ⁻⁵	
771102		1.42 x 10 ⁻⁵	
771103		1.54 x 10 ⁻⁵	
771107		1.33 x 10 ⁻⁵	
771109		1.65 x 10 ⁻⁵	
771111		6.2 x 10 ⁻⁶	
771113		1.71 x 10 ⁻⁵	
771118		1.02 x 10 ⁻⁵	
771121		1.33 x 10 ⁻⁵	
771125		1.25 x 10 ⁻⁵	
771128		1.35 x 10 ⁻⁵	
771202		1.18 x 10 ⁻⁵	
771205		1.32 x 10 ⁻⁵	
771209		1.28 x 10 ⁻⁵	
771212		1.17 x 10 ⁻⁵	
771216		1.27 x 10 ⁻⁵	

Tabell 4. Forts

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
771219	60	1.23 x 10 ⁻⁵	Statisk lakning
771223	25	1.30 x 10 ⁻⁵	Statisk lakning vid 25°C börjar.
780109		-	Dynamisk lakning vid 25°C börjar.
780113		8.8 x 10 ⁻⁶	
780120		5.7 x 10 ⁻⁶	
780127		5.3 x 10 ⁻⁶	
780130		4.8 x 10 ⁻⁶	
780203		4.4 x 10 ⁻⁶	
780206		4.6 x 10 ⁻⁶	
780210		3.8 x 10 ⁻⁶	
780213		2.9 x 10 ⁻⁶	
780222		2.9 x 10 ⁻⁶	
780223		3.2 x 10 ⁻⁶	
780224		3.2 x 10 ⁻⁶	
780227		2.7 x 10 ⁻⁶	
780303		2.9 x 10 ⁻⁶	
780306		2.9 x 10 ⁻⁶	
780310		2.1 x 10 ⁻⁶	
780313		2.5 x 10 ⁻⁶	
780320		2.0 x 10 ⁻⁶	
780328		-	
780403		1.97 x 10 ⁻⁶	

Tabell 5. Utlakning av Sr-90 från glasblock A63.

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
770718	25	4.3 x 10 ⁻⁶	dynamisk lakning
770720		4.5 x 10 ⁻⁶	
770721		3.6 x 10 ⁻⁶	
770722		3.7 x 10 ⁻⁶	
770723		3.5 x 10 ⁻⁶	
770724		3.6 x 10 ⁻⁶	
770725		1.02 x 10 ⁻⁵	
770726		3.2 x 10 ⁻⁶	
770727		3.0 x 10 ⁻⁶	
770728		3.8 x 10 ⁻⁶	
770729		3.5 x 10 ⁻⁶	
770730		3.7 x 10 ⁻⁶	
770731		3.8 x 10 ⁻⁶	
770802		3.6 x 10 ⁻⁶	
770804		4.4 x 10 ⁻⁶	
770806		3.2 x 10 ⁻⁶	
770810		3.2 x 10 ⁻⁶	
770812		3.2 x 10 ⁻⁶	
770814		3.6 x 10 ⁻⁶	
770816		3.3 x 10 ⁻⁶	statisk lakning
770817		2.5 x 10 ⁻⁶	
770818		3.9 x 10 ⁻⁶	
770819		4.1 x 10 ⁻⁶	
770820		3.8 x 10 ⁻⁶	
770822		3.5 x 10 ⁻⁶	
770824		3.7 x 10 ⁻⁶	
770826	25	4.0 x 10 ⁻⁶	
770828		3.4 x 10 ⁻⁶	
770830		3.2 x 10 ⁻⁶	
770901		3.5 x 10 ⁻⁶	
770905		1.79 x 10 ⁻⁶	
770906	60	6.7 x 10 ⁻⁶	statisk lakning
770907		9.8 x 10 ⁻⁶	

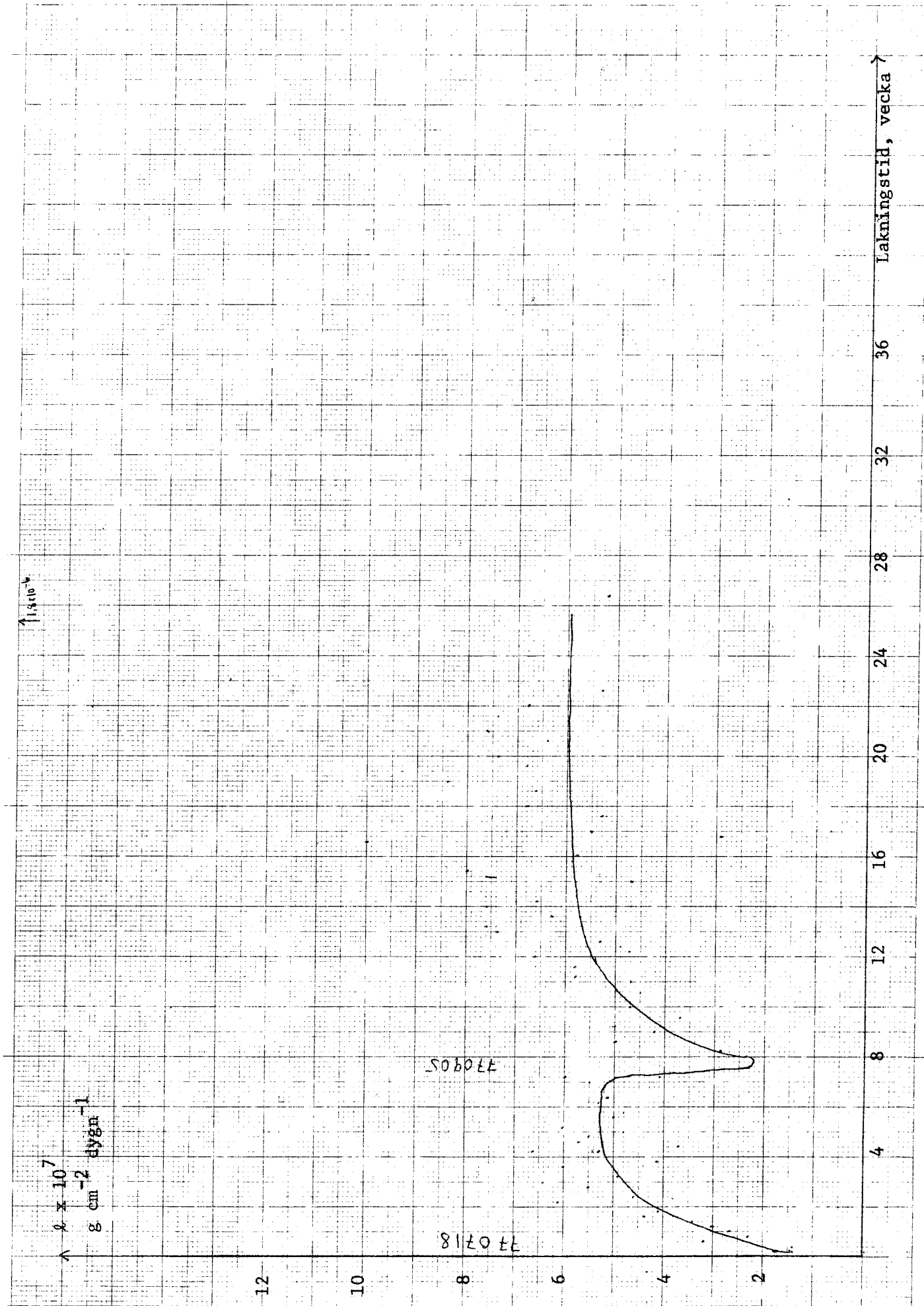
Tabell 5. Forts

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
770912	60	2.0 x 10 ⁻⁵	Statisk lakning
770914		1.89 x 10 ⁻⁵	
770916		1.73 x 10 ⁻⁵	
770919		1.89 x 10 ⁻⁵	
770921		1.54 x 10 ⁻⁵	
770923		1.47 x 10 ⁻⁵	
770926		1.28 x 10 ⁻⁵	
770928		1.49 x 10 ⁻⁵	
770930		1.54 x 10 ⁻⁵	
771003		1.11 x 10 ⁻⁵	
771005		1.23 x 10 ⁻⁵	
771007		1.10 x 10 ⁻⁵	
771010		1.19 x 10 ⁻⁵	
771012		6.3 x 10 ⁻⁶	
771014		1.42 x 10 ⁻⁵	
771017		1.13 x 10 ⁻⁵	
771019		1.19 x 10 ⁻⁵	
771021		8.0 x 10 ⁻⁶	
771024		9.6 x 10 ⁻⁶	
771026		1.06 x 10 ⁻⁵	
771028		1.01 x 10 ⁻⁵	
771031		8.6 x 10 ⁻⁶	
771102		9.8 x 10 ⁻⁶	
771103		9.8 x 10 ⁻⁶	
771107		8.7 x 10 ⁻⁶	
771109		1.11 x 10 ⁻⁵	
771111		3.0 x 10 ⁻⁶	
771114		1.28 x 10 ⁻⁵	
771118		8.6 x 10 ⁻⁶	
771121		-	
771125		1.16 x 10 ⁻⁵	
771128		1.84 x 10 ⁻⁵	
771202		1.49 x 10 ⁻⁵	
771205		1.49 x 10 ⁻⁵	
771209		1.16 x 10 ⁻⁵	

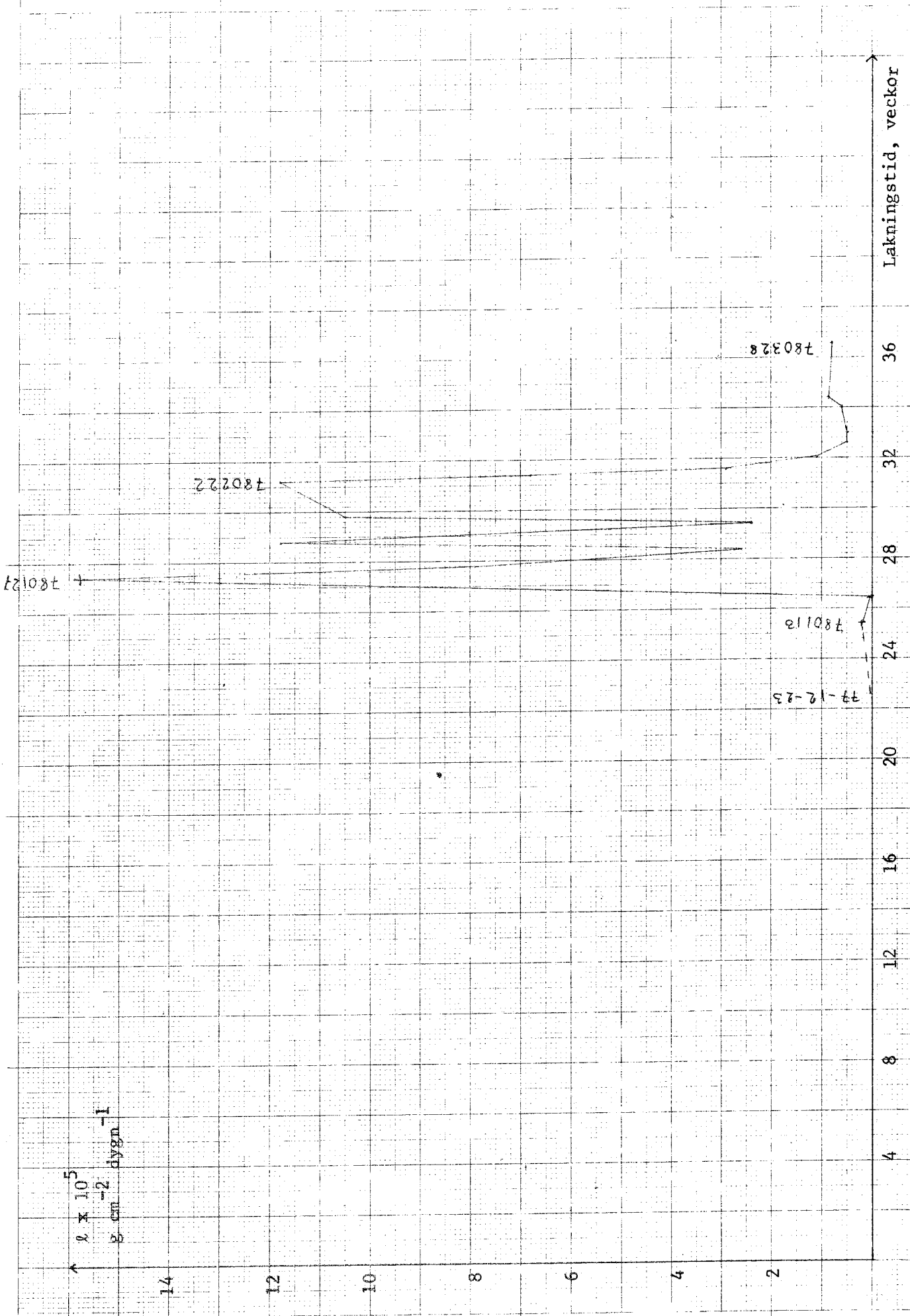
Tabell 5. Forts

Datum	Temp °C	Utlakningsrat g cm ⁻² dygn ⁻¹	
771212	60	1.21 x 10 ⁻⁵	Statisk lakning
771216		1.13 x 10 ⁻⁵	
771219		1.34 x 10 ⁻⁵	
771223	25	1.08 x 10 ⁻⁵	Statisk lakning vid 25°C börjar.
780109		-	Dynamisk lakning vid 25°C börjar.
780113		9.8 x 10 ⁻⁶	
780120		4.9 x 10 ⁻⁶	
780127		1.03 x 10 ⁻⁵	
780130		9.3 x 10 ⁻⁵	
780203		7.2 x 10 ⁻⁶	
780206		7.0 x 10 ⁻⁶	
780210		5.2 x 10 ⁻⁶	
780213		5.7 x 10 ⁻⁶	
780222		7.2 x 10 ⁻⁶	
780223		6.4 x 10 ⁻⁶	
780224		6.2 x 10 ⁻⁶	
780227		4.6 x 10 ⁻⁶	
780303		4.4 x 10 ⁻⁶	
780306		4.1 x 10 ⁻⁶	
780310		3.1 x 10 ⁻⁶	
780313		2.6 x 10 ⁻⁶	
780320		2.5 x 10 ⁻⁶	
780328		(7.2 x 10 ⁻⁶)	
780403		4.1 x 10 ⁻⁶	

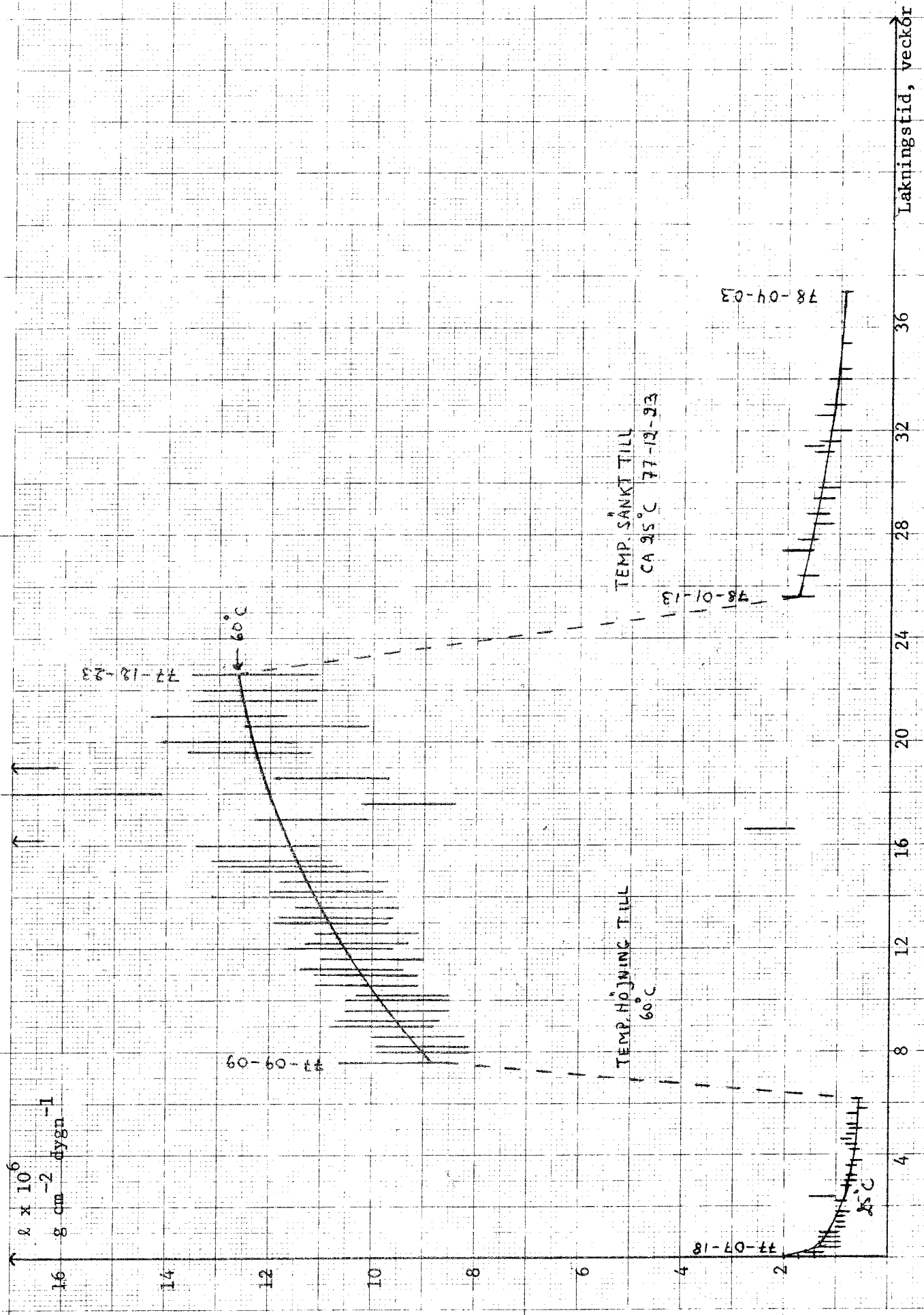
Utlakning av glas A51: Pu



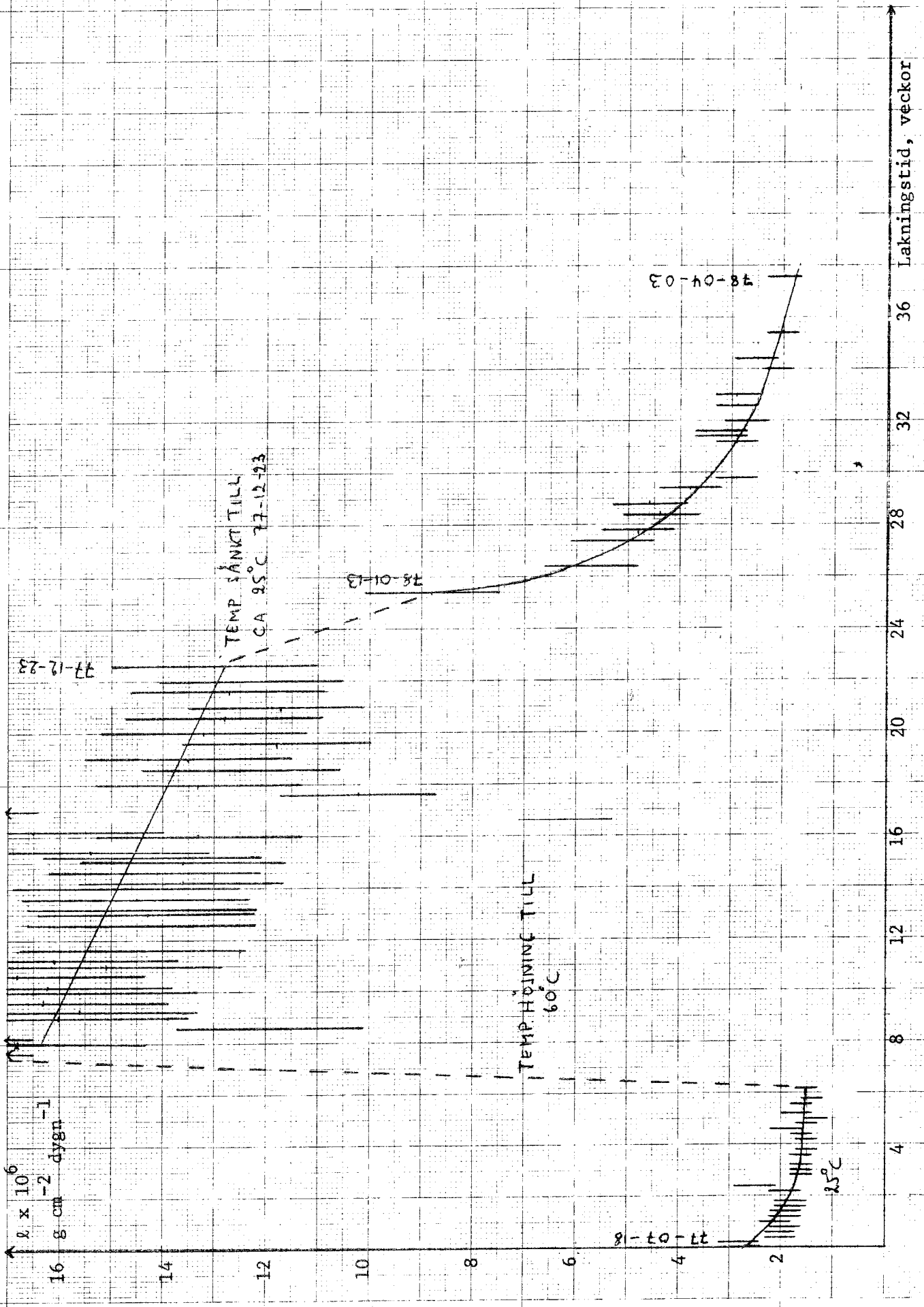
Utlakning av glas A51: Pu

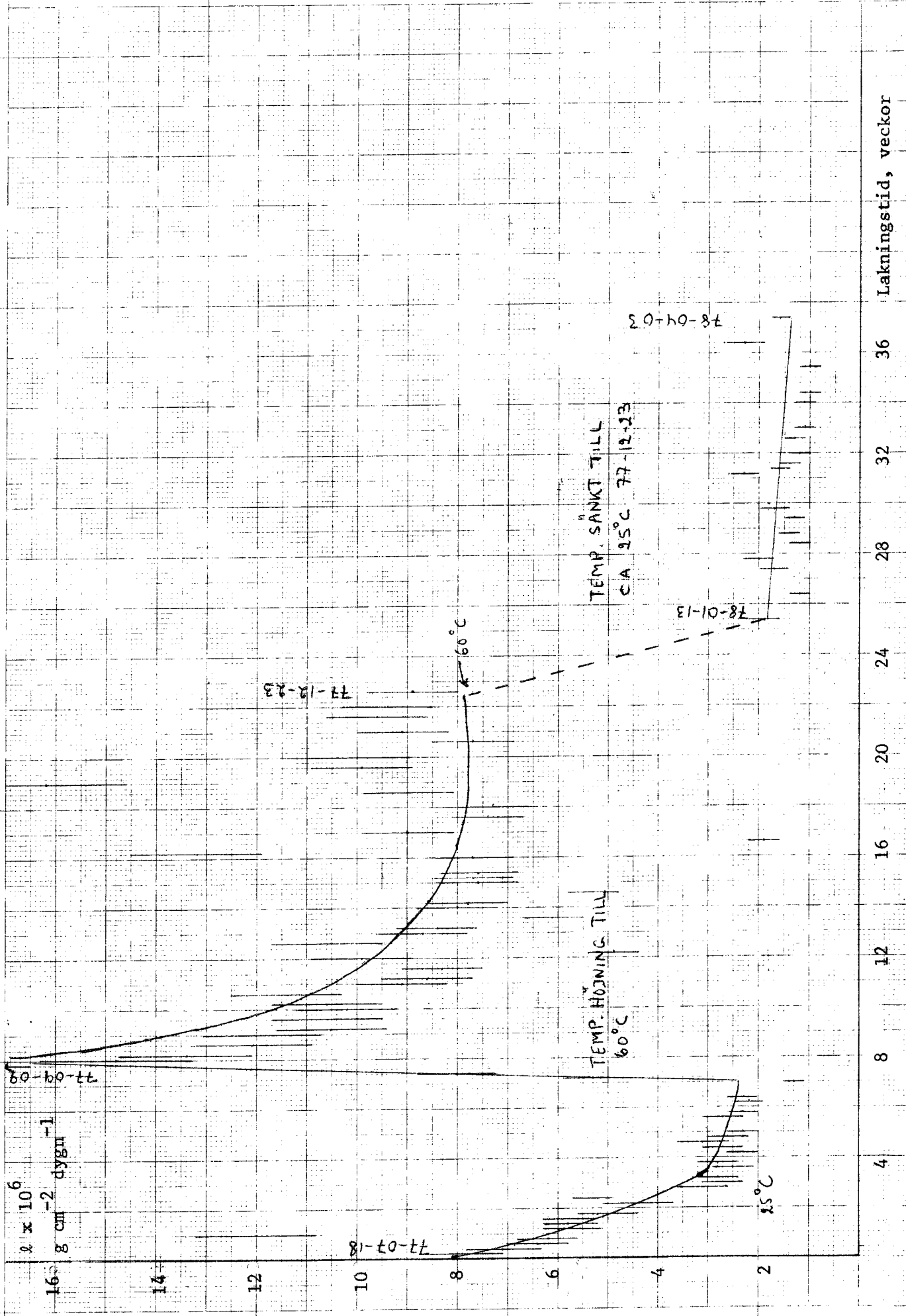


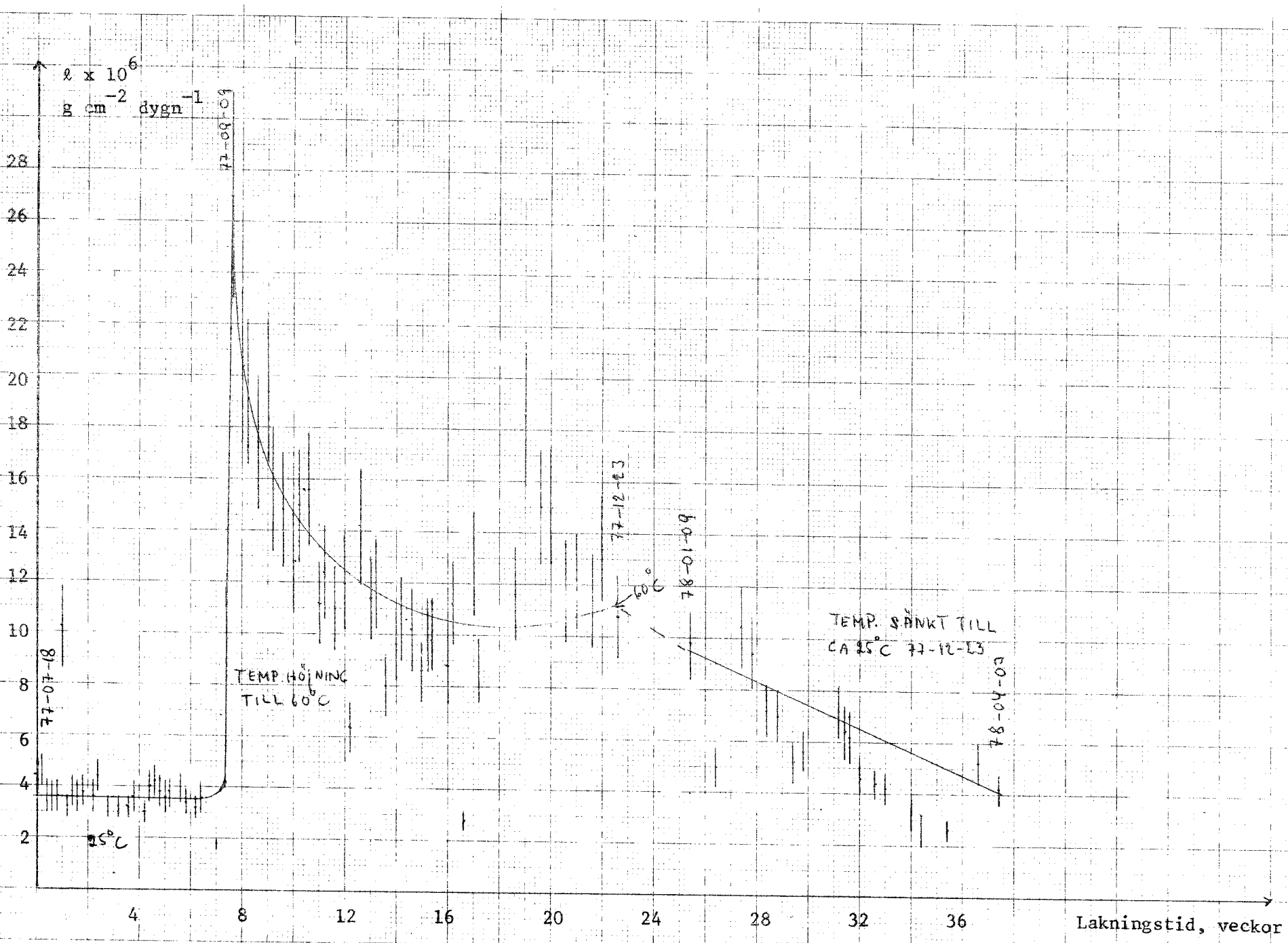
Utlakning av glas A64: Cs



Utlakning av glas A64: Sr







Utfäknings av Glas A63: Sr

APPENDIX E.6
 Figur E.6

Figur 7

LIXIVIATION du VERRE A 64

SON 60 28 18

Lakning av glas A64 med avseende på Cesium.

ACTIVITE EN CESIUM

STUDSVIK ENERGI TEKNIK AB

Taux de lixiviation

10⁴
10³
10²
10¹
10⁰
10⁻¹
10⁻²
10⁻³
10⁻⁴

les points repérés WE sont la moyenne de 3 jours de lixiviation (Week-end)
Durant ces 3 jours, lixiviation dynamique, sans renouvellement d'eau

WE betyder veckoslut.
Lakningsraten g cm⁻² dygn⁻¹.

WE

WE

WE

APPENDIX E.7

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75

JOURS

10⁻⁴
10⁻³
10⁻²
10⁻¹
10⁰
10¹
10²
10³
10⁴

Figur 8

LIXIVIATION du VERRE A 63

SON 58 30 20

Lakning av glas A63 med avseende på strontium.

ACTIVITE EN STRONTIUM

Taux de lixiviation

$5 \cdot 10^{-4}$

$5 \cdot 10^{-5}$

$4 \cdot 10^{-5}$

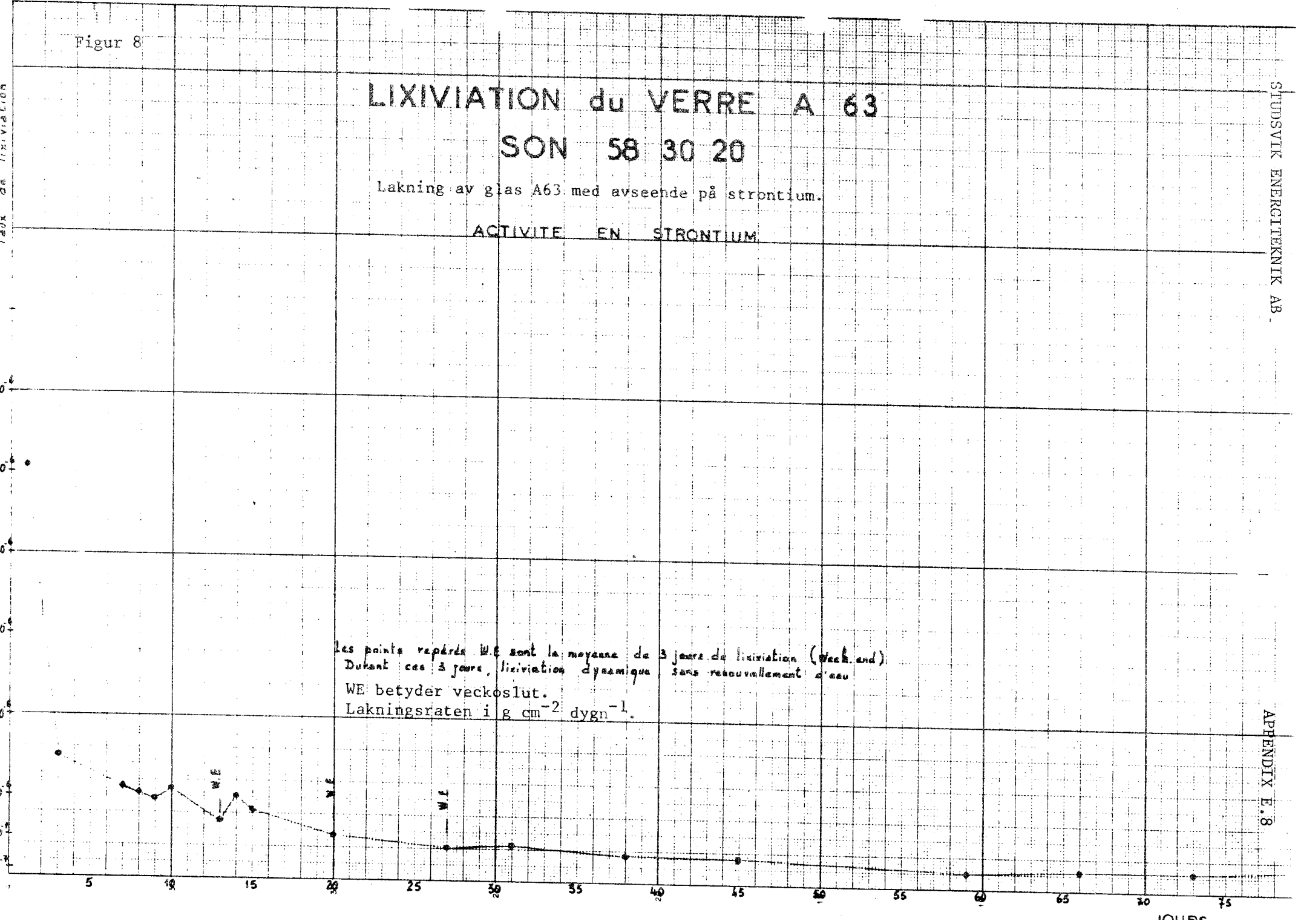
$3 \cdot 10^{-5}$

$2 \cdot 10^{-5}$

10^{-5}

10^{-6}

Les points repérés WE sont la moyenne de 3 jours de lixiviation (Week end).
Durant ces 3 jours, lixiviation dynamique sans renouvellement d'eau.
WE: betyder veckoslut.
Lakningsraten i $g \cdot cm^{-2} \cdot dygn^{-1}$.



Figur 9

LIXIVIATION du VERRE A 64 SON 60 28 18

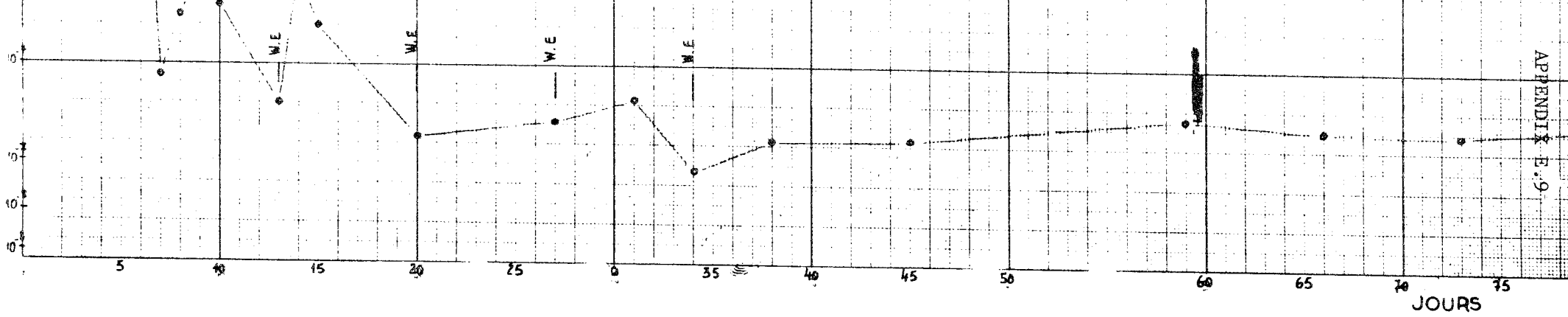
Lakning av glas A64 med avseende på Cesium.

ACTIVITE EN CESIUM

Taux de lixiviation

les points repérés W.E sont la moyenne de 3 jours de lixiviation (Week-end)
Durant ces 3 jours, lixiviation dynamique, sans renouvellement d'eau

WE betyder veckoslut.
Lakningsraten $g\ cm^{-2}\ dygn^{-1}$.



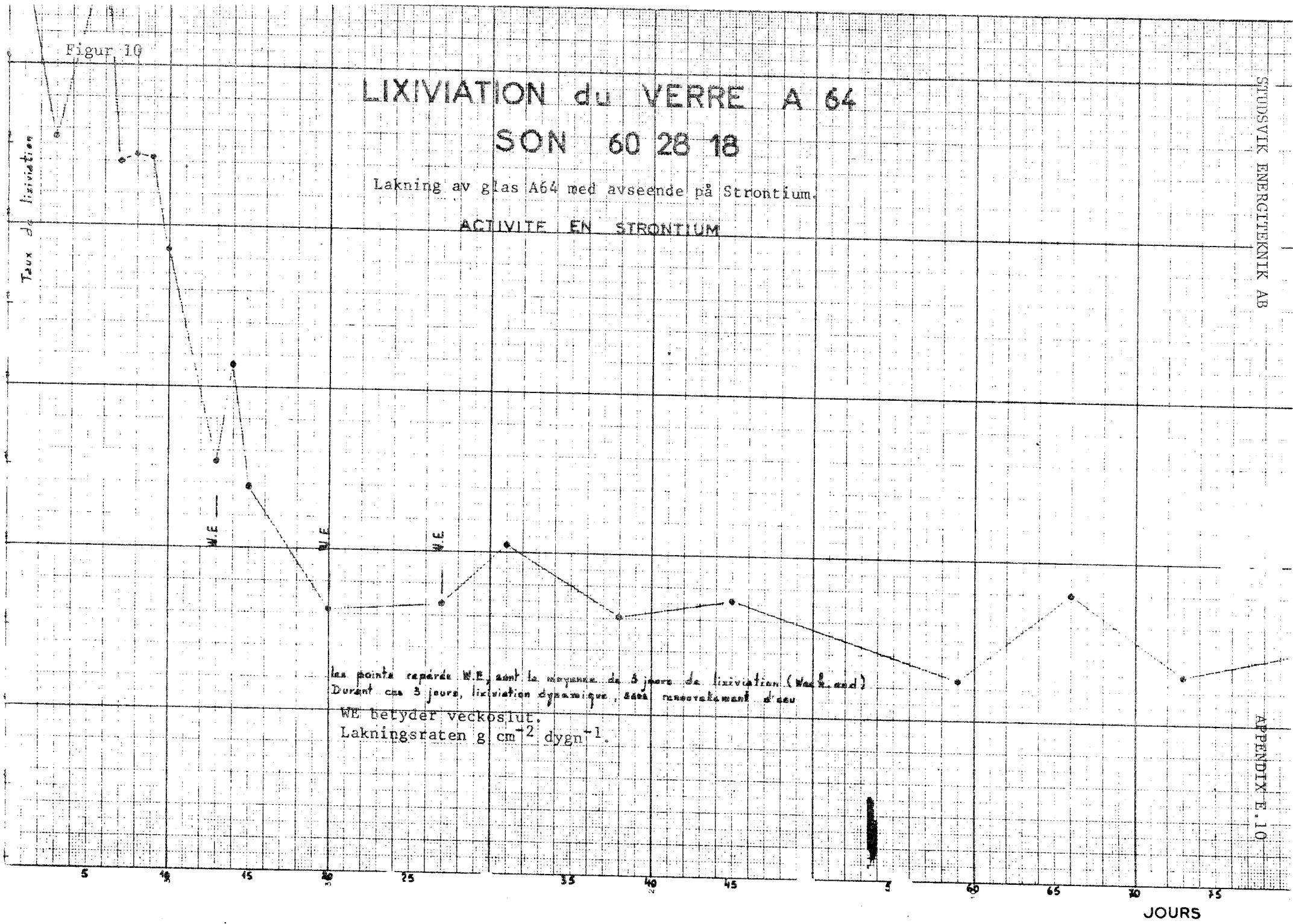
Figur 10

LIXIVIATION du VERRE A 64 SON 60 28 18

Lakning av glas A64 med avseende på Strontium.

ACTIVITE EN STRONTIUM

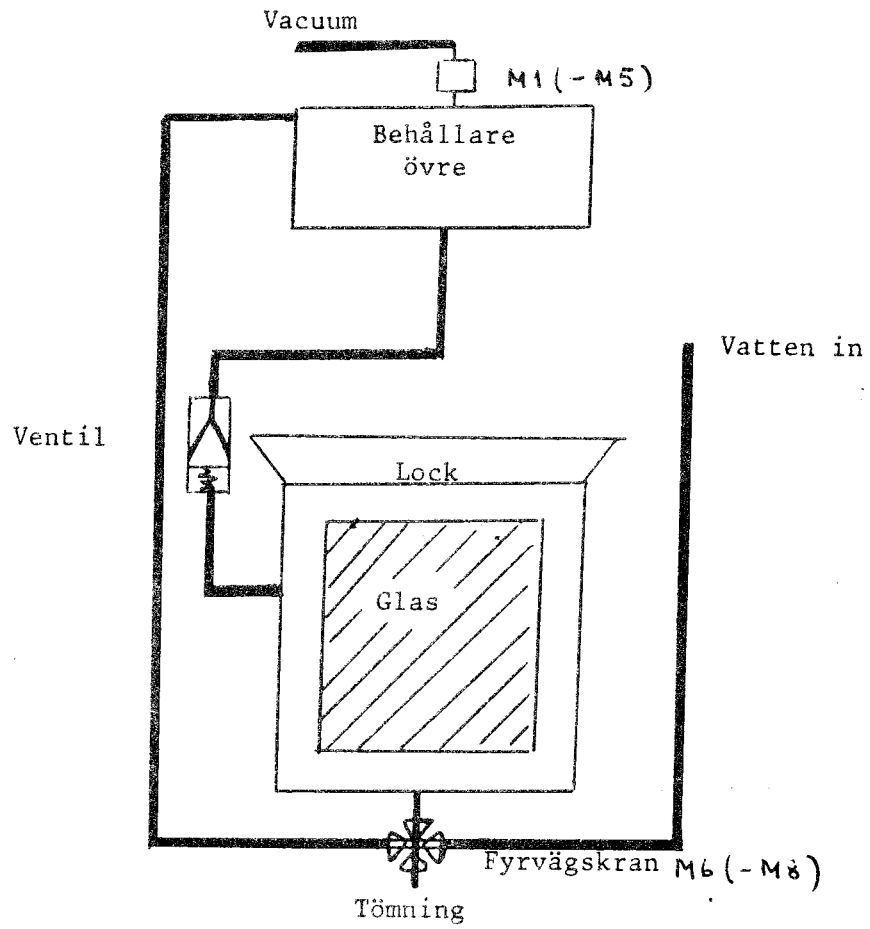
Taux de lixiviation



les points repérés W.E. sont la moyenne de 3 jours de lixiviation (Week end)
Durant ces 3 jours, lixiviation dynamique, avec renouvellement d'eau

WE betyder veckoslut.
Lakningsraten g cm⁻² dygn⁻¹.

JOURS



Principiell försöksupställning vid aktiv lakning

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
Töm 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
Orrije & 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 Lagningsförsök 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 dissolutionshastighet 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 Finnsjöområdet
nordöstra del
Carl-Erik Klockars
Ove Persson
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 61 Permeabilitetsbestämningar
Anders Hult
Gunnar Gidlund
Ulf Thoregren
- Geofysisk borrhålmätning
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
Kent 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
Kungl 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 bassänglagring 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
- 78 Bedömning av radiolys i grundvatten
Hilbert Christenssen
AB Atomenergi 1978-02-17
- 79 Transport av oxidants and radionuclides through
a clay barrier
Ivar Neretnieks
Kungsl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20

- 80 Utdiffusion av svårlösliga 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
- 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