

**Diffusivitetmätningar av metan och  
väte i våt lera**

Ivars Neretnieks  
Christina Skagius

Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-01-09

DIFFUSIVITETSMÄTNINGAR AV  
METAN OCH VÄTE I VÅT LERA

Ivars Neretnieks  
Christina Skagius  
Kungl Tekniska Högskolan  
Stockholm 1978-01-09

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.

## Diffusivitetmätningar av metan och väte i våt lera

### Sammanfattning

- 1 Bakgrund och målsättning
- 2 Experimentella arbetet
  - 2.1 Apparatur
  - 2.2 Försöksutförande
  - 2.3 Analyser
- 3 Beräkningar
- 4 Resultat
- 5 Diskussion och slutsatser

Ivars Neretnieks  
Christina Skagius  
1978-01-09

Diffusivity measurements of methane and hydrogen in wet compacted clay.

Summary

One possible way to store the waste from a nuclear power plant is to encapsulate the radioactive waste in copper and surround the capsules with a barrier of compacted clay in a repository far below the ground surface. Oxygen and other oxidizing agents must be hindered from reaching the copper capsules. One major barrier for this transport is the diffusion resistance in the compacted clay surrounding the capsules.

An experimental determination of the diffusivities of methane and hydrogen through a barrier of compacted clay at a temperature of 50°C has been made. The methane molecule is somewhat larger than oxygen, while hydrogen is smaller. Methane and hydrogen were used instead of oxygen in the experiments to circumvent the experimental difficulties in measuring oxygen.

The measured diffusivity of methane in compacted clay was  $3.9 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  and the diffusivity of hydrogen in compacted clay  $1.8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ . The ratio between the diffusivity of methane in water and in compacted clay was about 100 and the corresponding ratio for hydrogen was about 500. The clay was compacted to a density of  $2.1 \text{ g/cm}^3$  on an air dry basis.

The expected diffusivity of a molecule in a porous body of the same low porosity as that of the clay,

is more than 50 times lower than the diffusivity in free water.

The diffusivity of oxygen in the compacted clay is expected to be of the same magnitude as that for methane.

## SAMMANFATTNING

Ett tänkbart sätt att lagra kärnkraftavfall är att innesluta det radioaktiva avfallet i kopparcylindrar och omge dessa med ett lager kompakterad lera i bergförvaret. För att denna metod ska vara möjlig får det ej komma större mängder syre i kontakt med kopparcylindrarna vilka då kan oxideras. Syre kan genom diffusion transporteras från grundvattnet genom lerskiktet fram till kopparcylindrarna.

I detta arbete har diffusiviteten för metan respektive väte genom ett kompakterat lerskikt bestämts experimentellt vid ca 50°C. Metan är ur diffusionssynpunkt en molekyl av samma storleksordning som syre medan väte är en ur diffusionssynpunkt mindre molekyl än syre. På grund av analyssvårigheter kunde ej försök med syre utföras.

Resultaten av försöken gav ett värde på diffusionskoefficienten för metan i kompakterad lera på  $3,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ . Förhållandet mellan diffusiviteten för metan i vatten och i kompakterad lera beräknades till ca 100. Diffusionskoefficienten för väte i kompakterad lera blev  $1,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ , och förhållandet mellan diffusiviteten för väte i vatten och i kompakterad lera ca 500.

På grund av syres och metans ungefärligt lika molvolym bör man inrikta sig på de resultat som erhållits för metan. Man kan alltså dra den slutsatsen att förhållandet mellan diffusiviteten för syre i vatten och i kompakterad lera bör vara ca 100.

Bakgrund och målsättning

Ett tänkbart sätt att lagra kärnkraftavfall är att innesluta det radioaktiva avfallet i kopparcylindrar. Dessa kopparcylindrar skulle sedan omgivas av ett lager kompakterad lera och lagras i berggrunden.

För att denna metod ska vara möjlig får det ej komma större mängder syre i kontakt med kopparcylindrarna vilka då kan oxideras. Syre kan genom diffusion transporteras från grundvattnet genom lerlagret fram till kopparcylindrarna.

Målsättningen för detta arbete var att bestämma diffusiviteten för syre genom ett kompakterat lerskikt. På grund av svårigheten att göra analyser på syre utfördes istället diffusionsförsök med metan och väte. Metan är ur diffusionssynpunkt en molekyl i samma storleksordning som syre, medan väte ur diffusionssynpunkt är en mindre molekyl än syre.

2 Experimentella arbetet2.1 Apparatur

Apparaturen bestod av en diffusionscell, en provcell, två membranpumpar, ett termostatbad samt en flaska i vilken vatten mättades med metan respektive vätgas.

Diffusionscellen (figur 1) bestod av en tjockväggig cylindrisk behållare samt en kolv. Innerdiametern på behållaren var 50 mm.

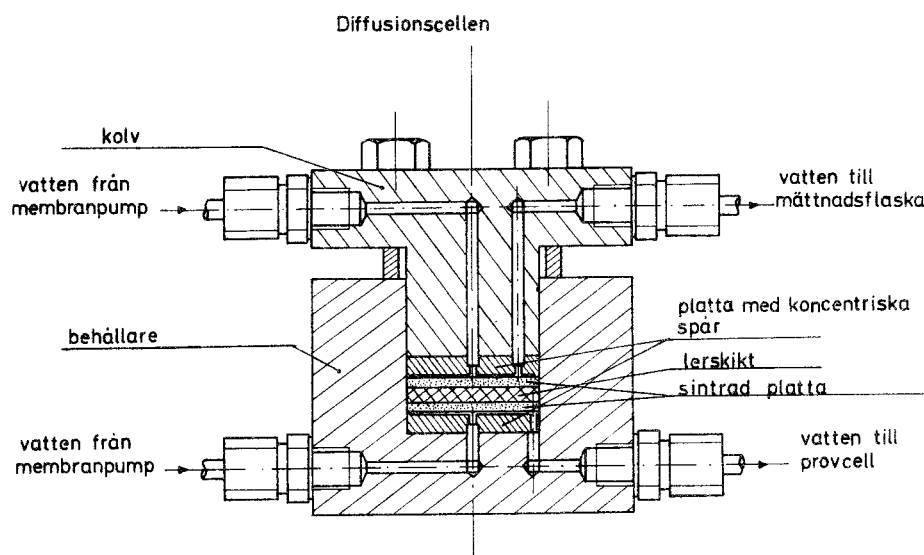


Fig. 1. Diffusionscellen

Kolven drogs fast i behållaren med fyra bultar. Både kolven och behållaren var försedda med genomborrade hål för vattengenomströmning. I botten på behållaren fanns en bricka försedd med koncentriska spår, därefter en sintrad bricka och



sedan själva lerskiktet. På ovansidan av lerskiktet fanns ytterligare en sintrad bricka samt en bricka försedd med koncentriska spår. Den senare var fästad på själva kolven. På detta sätt kunde vatten cirkulera på båda sidor om lerskiktet. De sintrade brickorna var till för att hindra lerpartiklar att följa med det cirkulerande vattnet.

Kolven i diffusionscellen samt flaskan i vilken vatten mättades med metan respektive väte (se figur 2) bildade tillsammans med en av membranpumparna ett system i vilket det cirkulerade vatten mättat med avseende på metan respektive väte. Detta system kallas i fortsättningen mättnads- sidan. Behållardelen i diffusionscellen bildade tillsammans med provcellen och den andra membranpumpen ett system i vilket det från början cirkulerade rent destillerat vatten. Detta system kallas i fortsättningen analys- sidan.

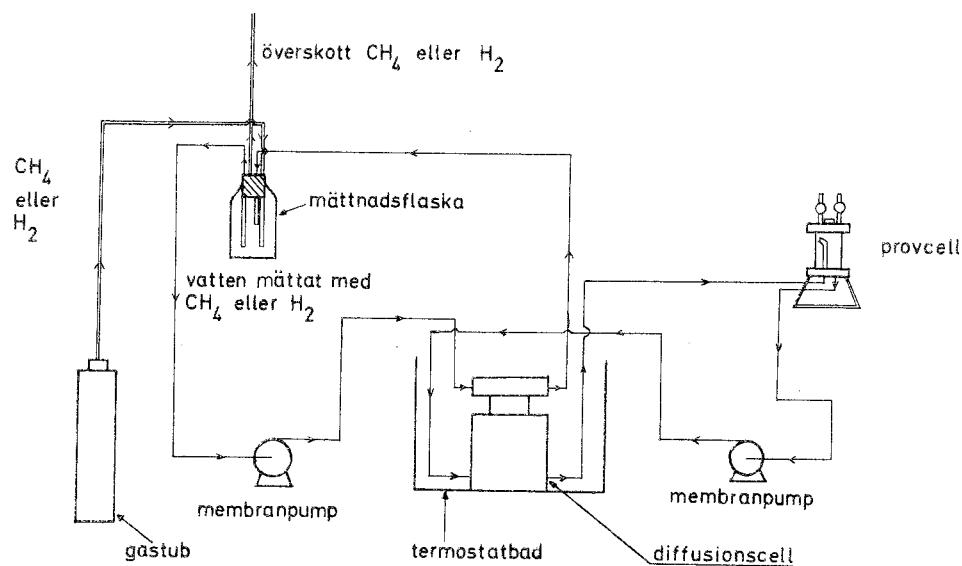


Fig. 2. Apparatuppställning

Mätcellen (figur 3) bestod av en glascylinder med över- och underdel av rostfritt stål. Tätning mellan cylindern och över- respektive underdelen erhöles med hjälp av teflonpackningar.

Överdelen var försedd med två ventiler samt ett hål vilket var täckt med ett gummimembran. Genom detta membran togs prov för analys under försöken. Cellen

hade en tillledning samt en frånledning. In till cellen kom vatten som passerat diffusionscellen. Tilledningen mynnade nästan uppe i toppen av provcellen. Från provcellen transporterades vatten till membranpumpen, vilken sedan pumpade vattnet vidare in i diffusionscellen. Alla förbindelser på analysidan utgjordes av rostfria rör.

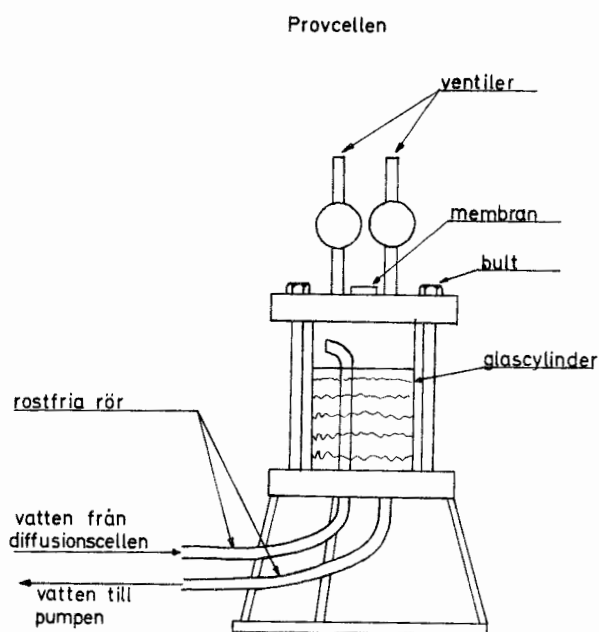


Fig. 3. Provcellen

## 2.2 Försöksutförande

Försöken utfördes med en tjocklek på lerskiktet i diffusionscellen på 5 mm. Leran bestod av bentonit. Man ville ha en täthet av  $2.15 \text{ g/cm}^3$  på leran. För att erhålla denna täthet vägdes 21.11 g bentonit upp och fördes ner i diffusionscellen ovanpå den undre sintrade brickan. Bentonitpulvret fördelades

så jämnt som möjligt och därefter lades den andra sintrade brickan ovanpå bentoniten. Kolven med en bricka försedd med koncentrisk spår pressades därefter ned ovanpå den övre sintrade brickan så att höjden på bentonitskiktet blev 5 mm. Detta gjordes med en hydraulisk press, och krävde ett presstryck på ca 12 ton. När man erhållit en bentonit-tjocklek på 5 mm drogs kolvdelen i diffusionscellen fast i behållardelen med fyra bultar.

Diffusionscellen kopplades därefter ihop med övrig apparatur enligt figur 2. Diffusionscellen placerades i ett termostaterat vattenbad, som under hela försöket höll en temperatur på ca 50°C. Destillerat vatten fylldes på i mättnadsflaskan på mättnadssidan samt i provcellen på analysidan. Pumparna sattes igång, och rent destillerat vatten fick cirkulera på både mättnads- och analysidan i ca ett dygn. Detta gjordes för att bentoniten skulle ta upp vatten och bilda det egentliga lerskiktet.

Efter ca ett dygn kopplades gasen på, och man började mäta vattnet på mättnadssidan med avseende på metan respektive väte.

Prov på luften i provcellen togs ca en gång per dygn. Proven erhöles med hjälp av en spruta som stacks ned genom membranet i provcellen. Vid varje provtagning uttogs 4 ml luft. För att utjämna trycket i provcellen öppnades den ena ventilen på provcellen något just under själva provtagningen. Proven analyserades därefter med avseende på metan respektive väte. Någon hänsyn till mängden metan respektive väte som var löst i vattnet i provcellen togs ej. Denna mängd kunde försummas eftersom lösligheten för metan och väte är väldigt liten (se tabell 1). Detta förutsätter dock att mängden vatten i provcellen ej är för stor.

Lösligheten X för metan och vätegas

temperatur °C		20	25	30	35	40	45	50
CH <sub>4</sub>	X·10 <sup>6</sup> kmol/kmol	26.6	24.2	22.3	20.6	19.2	18.1	17.3
	X·10 <sup>6</sup> kg/kg	23.6	21.5	19.8	18.3	17.1	16.1	15.4
H <sub>2</sub>	X·10 <sup>6</sup> kmol/kmol	14.6	14.1	13.7	13.5	13.3	13.2	13.1
	X·10 <sup>6</sup> kg/kg	1.63	1.57	1.52	1.50	1.48	1.47	1.46

Tabell 1. Lösligheter för metan och väte  
(enligt Chemical Engineers Handbook,  
fifth edition, 3-97,98)

Under försökens gång togs även prov på vattnet i mättnadsflaskan. Detta gjordes för att kontrollera att vattnet på mättnadssidan var mättat med avseende på metan respektive väte.

Under de första dygnen som försöken pågick kunde man iaktta en gulbrun färgning av vattnet i provcellen. Detta var särskilt märkbart vid försöket med metan. Det visade sig att färgningen berodde på närvaron av små, små partiklar. Dessa sedimenterade så småningom och stannade kvar i botten på provcellen.

När försöken var avslutade och diffusionscellen hade demonterats, kunde man se att leran var helt igenom blöt.

### 2.3 Analyser

Samtliga prov analyserades med hjälp av gaskromatografi. Till proven från metanförsöket användes en gaskromatograf med flamjonisationsdetektor. Bärgasen som användes var kvävgas. Vid analys av proven från väteförsöket användes en gaskromatograf med en molekylsiktKolonn och en varmtrådsdetektor. Bärgasen var i det fallet argon.

Felet i analysresultaten har uppgivits kunna uppgå till 10 %.

3 Beräkningar

Med analysresultaten från proven som tagits i provcellen som grund beräknades den totala mängden metan respektive väte som från försökens start fram till varje provtagnings-tillfälle diffunderat genom lerskiktet. Vid dessa beräkningar togs alltså hänsyn till den mängd metan respektive väte som tagits ur provcellen vid varje tidigare provtagningsstillfälle. Den på analysidan ackumulerade mängden metan respektive väte avsattes i diagram som funktion av tiden. Med hjälp av dessa diagram beräknades diffusionskoefficienten i den aktuella lertypen för metan respektive väte med sambandet

$$N = A \cdot D \cdot \frac{dx}{dz} \quad (1)$$

$N$  = mängden diffunderat material per tidsenhet, kg/s

$A$  = lerskiktets tvärsnittsarea,  $m^2$

$D$  = diffusionskoefficienten,  $m^2/s$

$x$  = halt,  $kg/m^3$

$\frac{dx}{dz}$  = koncentrationsgradienten över lerskiktet  $kg/m^3, m$ .

De sintrade plattorna som i försöken fanns på vardera sidan om lerskiktet utgjorde ett visst motstånd mot diffusionen. Detta motstånd kunde dock vid beräkningarna försummas i förhållande till själva lerskiktets motstånd mot diffusion.

Vid beräkning av diffusionskoefficienterna antogs stationärt förlopp. Halten av respektive komponent på analysidan kunde under hela försökens gång försummas i förhållande till halten på mättnadssidan. Man kunde alltså räkna med en konstant drivande kraft över lerskiktet.

4 Resultat

I tabell 2 och 3 redovisas analysresultat samt den beräknade ackumulerade mängden metan respektive väte vid samtliga provtagningstillfällen.

Den ackumulerade mängden metan respektive väte är avsatta som funktion av tiden i diagram 1 och 2. Efter en inledningsperiod ser man av punkternas lägen i diagrammen att förloppet har blivit stationärt.

Inledningsförloppet var ca 200 timmar för metanfallet samt ca 100 timmar för vätefallet.

En anpassning till en rät linje med hjälp av minsta kvadratmetoden har utförts för de punkter i diagrammet som erhållits efter den tidigare nämnda inledningsperioden.

Lutningen på den räta linjen är i metanfallet

$$N = 0.89 \mu\text{g/h}$$

och i vätefallet

$$N = 3.69 \cdot 10^{-2} \mu\text{g/h}$$

Dessa lutningar gav direkt mängden diffunderat metan respektive väte per tidsenhet. Därefter kunde diffusionskoefficienten för metan och väte beräknas med ekv (1). Det värde på drivande kraften som användes vid beräkningarna var det ur litteraturen erhållna värdet på lösligheten för metan respektive väte vid 50°C (se tabell 1.)

Resultat av provtagningen för metanförsöket

tid från start [timmar]	halt i det uttagna provet [ $\mu\text{g}/\text{ml}$ ]	ackumulerad mängd [ $\mu\text{g}$ ]
4.1	0.015	0.25
27.9	0.36	5.96
99.8	2.98	50.37
123.7	3.67	73.61
148.0	3.25	81.40
165.5	2.56	83.08
188.3	3.10	102.18
195.5	2.28	101.13
268.0	4.39	144.86
291.3	5.31	177.50
315.2	5.27	198.09
332.7	4.69	209.66
338.7	3.97	216.61
357.2	3.90	231.34
362.9	3.10	233.78
445.2	7.45	317.56
466.0	6.70	335.06
488.8	6.20	341.74
513.0	6.10	364.90

Tabell 2. Metanförsöket

Resultat av provtagningen för väteförsöket

tid från start [timmar]	halt i det uttagna provet		ackumulerad mängd [ $\mu\text{g}$ ]
	[vol-%]	[ $\mu\text{g}/\text{ml}$ ]	
69.7	0.03	0.022	0.47
93.0	0.04	0.030	0.72
117.3	0.06	0.045	1.15
140.5	0.10	0.076	1.99
165.0	0.16	0.121	3.25
237.7	0.28	0.212	6.27
260.6	0.26	0.197	6.75
284.7	0.25	0.190	7.37
308.5	0.25	0.190	8.13
329.0	0.26	0.197	9.06

Tabell 3. Väteförsöket



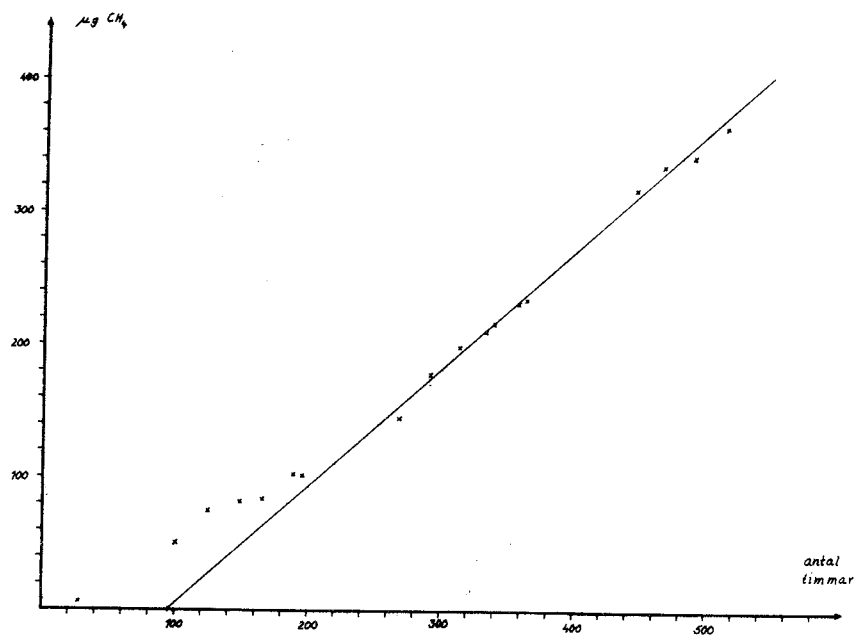


Diagram 1. Ackumulerade mängden  $\text{CH}_4$  som funktion av tiden.

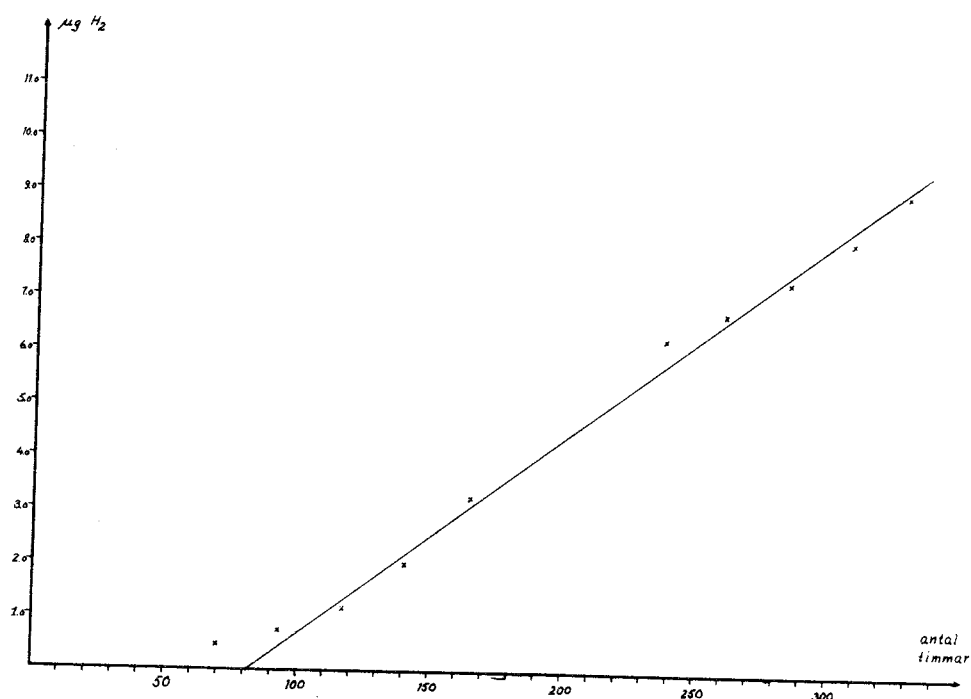


Diagram 2. Ackumulerade mängden  $\text{H}_2$  som funktion av tiden.

Beräkningarna gav ett värde för diffusionskoefficienten på  $3.9 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  för metan samt  $1.8 \cdot 10^{-11}$  för väte i den aktuella leran.

Som tidigare nämnts togs några prov på lösningen i mättnadsflaskan under försökens gång. Vid försöket med metan gav analysen av dessa prov ett något högre värde på mängden löst metan än lösligheten enligt litteraturen. Detta kan möjligen förklaras med att det vid provtagningen följt med mikroskopiska bubblor av metangas.

Vid analysen av provet taget i mättnadsflaskan vid väteförsöket erhöles ett värde på  $1.15 \cdot 10^{-6} \text{ kg/kg}$  för lösligheten. Detta värde är lägre än lösligheten enligt litteraturen som är  $1.46 \cdot 10^{-6} \text{ kg/kg}$  (enligt tabell 1). Orsaken till att värdet på lösligheten blev lägre kan vara den att vattnet i mättnadsflaskan ej var helt mättat. Det är också möjligt att det erhållna värdet ej är korrekt. Det förelåg nämligen en del svårigheter vid själva provtagningen på den mättade lösningen samt vid analysen av densamma.

Om man räknar med en drivande kraft på  $1.15 \cdot 10^{-6} \text{ kg/kg}$  istället för det enligt litteraturen erhållna värdet på lösligheten, fås diffusionskoefficienten till  $2.3 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  för väte.

Diskussion och slutsatser

Molvolymen för metan är  $29.6 \text{ cm}^3/\text{mol}$  och för väte  $7.4 \text{ cm}^3/\text{mol}^*$ . Man skulle på basis av dessa värden förvänta sig en större diffusionskoefficient för väte än för metan. Vid försöken erhöles emellertid ett högre värde på diffusionskoefficienten för metan,  $D = 3.9 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ , än för väte,  $D = 1.8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Molvolymen för syre är  $25.6 \text{ cm}^3/\text{mol}^*$ . Syrets molvolym ligger alltså ganska nära molvolymen för metan. Diffusionskoefficienten för syre bör därmed vara ganska lika den diffusionskoefficient som erhöles för metan.

Diffusionskoefficienten för metan i vatten har beräknats med sambandet

$$\frac{D_L \cdot \mu}{T} = 7.4 \cdot 10^{-8} \frac{(X \cdot M)^{0.5}}{V_b^{0.6}} \quad (\text{enligt Chemical Engineers Handbook, fifth edition, 3-234})$$

$D_L$  = diffusionskoefficienten  $\text{cm}^2/\text{s}$

$\mu$  = vattnets viskositet  $\text{cP}$

$T$  = temperatur  $^{\circ}\text{K}$

$X$  = associationsparameter (ur Chemical Engineers Handbook, tabell 3-311)

$M$  = vattnets molekylvikt  $\text{kg}/\text{kmol}$

$V_b$  = molvolymen för metan  $\text{cm}^3/\text{mol}$

Det beräknade värdet på diffusionskoefficienten för metan i vatten vid  $50^{\circ}\text{C}$  blev ca  $4 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ . Vid jämförelse med diffusionskoefficienten för metan i leran som användes vid försöket ser man att diffusiviteten för metan är ca 100 ggr större i vatten än i den aktuella leran. Vid samma jämförelse för väte fås ett förhållande på ca 500 mellan diffusiviteten i vatten

\* enligt Chemical Engineers Handbook, fifth edition, 3-229.

och leran. Diffusiviteten för väte i vatten är ca  $10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s.

För att kunna säga något om diffusiviteten för syre genom den aktuella leran bör man inrikta sig på de resultat som erhållits vid metanförsöket. Detta på grund av likheten i molvolym mellan metan och syre. Förhållandet mellan diffusiviteten för syre i vatten och i leran bör därför vara omkring 100.

Någon rimlig förklaring till varför diffusiviteten för väte blev lägre än diffusiviteten för metan i den aktuella leran har vi inte kunnat finna.

## 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 radiøaktivt 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, flygbildsgenombgång 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 constituents 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
- 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 Long term mineralogical properties of bentonite/quartz  
buffer substance  
Preliminär rapport november 1977  
Slutrapport februari 1978  
Roland Pusch  
Arvid Jacobsson  
Högskolan i Luleå
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer masses  
Roland Pusch  
Högskolan 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  
Arne Finné, KBS  
Alf Engelbrektson, VBB  
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering  
ASEA-ATOM  
VBB  
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna  
radioaktiva ämnen  
Ronny Bergman  
Ulla Bergström  
Sverker Evans  
AB Atomenergi
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.  
Lagar, normer och bedömningsgrunder  
Christina Gyllander  
Siegfried F Johnson  
Stig Rolandson  
AB Atomenergi och ASEA-ATOM



- 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 envänings slutförvar i berg för förglasat radioaktivt avfall Rapport 3  
Roland Blomquist  
AB Atomenergi 1977-10-19
- 46 Temperaturberäkningar för använt bränsle  
Taivo Tarandi  
VBB
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser  
Preliminär rapport oktober 1977  
Slutrapport februari 1978  
Lars Y Nilsson  
John Stokes  
Roger Thunvik  
Inst för kulturteknik KTH
- 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 Hysebye  
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 diffusionshastighet 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 Bestämning av fördelningskoefficienter  
Del 2 Litteraturgenomgång  
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  
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  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm februari 1978

- 67 Mätning av galvanisk korrosion mellan titan och bly samt mätning av titans korrosionspotential under  $\gamma$ -bestrålning. 3 st tekniska PM.  
Sture Henrikson  
Stefan Poturaj  
Maths Åsberg  
Derek Lewis  
AB Atomenergi januari-februari 1978
- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänklagring 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  
Ronald 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 of oxidants and radionuclides  
through a clay barrier  
Ivars Neretnieks  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20
- 80 Utdiffusion av svårösliga nuklider ur kapsel  
efter kapselgenombrott  
Karin Andersson  
Ivars Neretnieks  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-07
- 81 Tillverkning av kopparkapsel  
Kåre Hannerz  
Stefan Sehlstedt  
Bengt Lönnberg  
Liberth Karlson  
Gunnar Nilsson  
ASEA, ASEA-ATOM
- 82 Hantering och slutförvaring av aktiva metalldelar  
Bengt Lönnberg  
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  
Alf Engelbrektsson  
Ulf Odebo  
ASEA, VBB
- 85 Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje inne-  
hållande 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<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup>  
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