

Sis - 1985:8

MALING AV RADIOAKTIVITET I NEDBØR

UTPRØVING AV METODE OG IGANG-
SETTING AV RUTINEMÅLINGER.

T. EIVINDSON

"MÅLING AV RADIOAKTIVITET I NEDBØR"

Utprøving av metode og igangsetting av rutinemålinger.

INNHOOLD:

1. Beskrivelse av oppgaven.

- 1.1 Opprinnelig fremdriftsplan
- 1.2 Kort oppsummering

2. Utprøving av ionebytter.

- 2.1 Ionebyttermasse
- 2.2 Mekaniske barrierer i ionebytterkolonnen
- 2.3 Elueringshastighet
- 2.4 Kolonnens effektivitet
 - 2.4.1 Kvalitativ undersøkelse av aktivitetsfordeling på kolonnen.
 - 2.4.2 Beregning av adsorpsjonskoeffisienten.
 - 2.4.3 Konklusjon.

3. Kalibrering for registrering av aktivitet på Ge(Li)-krystallen.

- 3.1 Tellegeometri og telleeffektivitetskonstanter.
- 3.2 Måling av radioaktivitet i nedbør ved SIS i juni og juli 1984.

4. Tilrettelegging for rutinemålinger.

5. Forslag til videre undersøkelser.

6. Annex.

Vedlegg 1. Bestilling og levering av utstyr.

Vedlegg 2. Preparering av kolonne.

Vedlegg 3. Kolonnebytte.

Vedlegg 4. Prøvebehandling.

Referanser

1. Beskrivelse av oppgaven.

1.1 Opprinnelig fremdriftsplan.

Ved Statens Institutt for Strålehygiene (SIS) ønsket man å etablere en målestasjon for løpende kontroll av radioaktiv forurensning av nedbør. Første del av dette arbeidet ble utført av gjandreal Rune Jemland som i løpet av et 1,5 måneders engasjement (oktober 1983 - januar 1984) foretok et grundig studium over metoder som benyttes for bestemmelse av radioaktiv forurensning i nedbør. Basert på dette studium valgte instituttet en metode med ionebytting av oppsamlet nedbør og registrering av radioaktiviteten ved gammaspespektroskopi. Videre leverte Jemland de arbeidstegninger som nedbørssamleren med tilhørende ionebytter kolonner ble bygget etter. Det henvises forøvrig til Jemlands rapport. (12)

For det videre arbeidet med å etablere en målestasjon ved SIS for radioaktivitet i nedbør satte instituttet opp følgende fremdriftsplan:

1. Montere nedbørssamleren på taket av SIS' bygning.
2. Utprøve ionebytteren. Dette omfatter undersøkelse av aktivitetsfordeling og effektivitet ut fra gjennomstrømningshastighet og temperatur.
3. Utføre kalibreringer for registrering av aktiviteten på Ge(Li) krystallene.
4. Tilrettelegge for rutinemålinger av radioaktiv forurensning i nedbør.

Det er stipulert med at gjennomføringen av punktene 1-4 ovenfor vil kreve arbeidsinnsats av en fysiker i 2-3 måneder. Arbeidet vil være utmerket *egnet som korttidsengasjement* på linje med det vi hadde for cand.real Jemtland. (Sitat slutt.)

I et tre måneders vikariat ved S15 (mar-august 1984) ble underlegnede satt til å løse denne oppgaven.

x

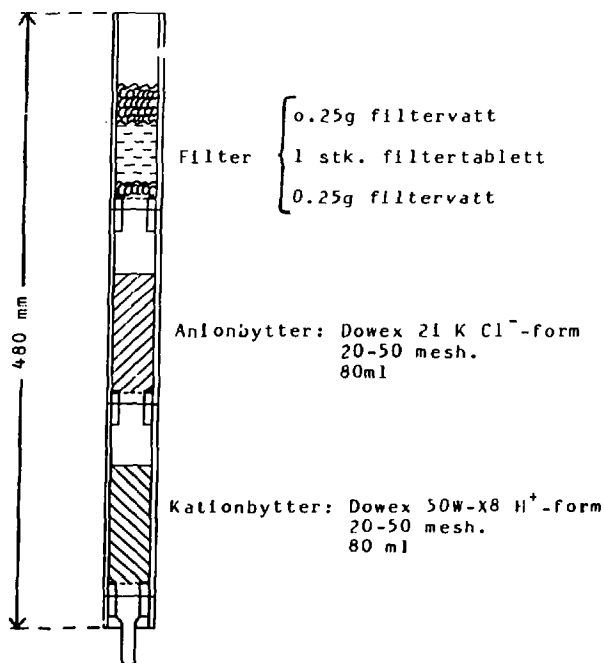
1.2 Kort oppsummering.

Følgende arbeider og undersøkelser er utført:

1. Montert nedbør samleren med elektriske installasjoner på taket av S15's bygning.
2. Pakket og montert *lonebytterkolonne* i nedbørssamleren for prøveoppsamling i juni og juli 1984.
3. Bestilt nødvendig utstyr (vedlegg 1).
4. *Utprøving* av lonebytter (kp.2).
5. Kalibrering for registrering av aktivitet på Ge(11) krystallen (kp. 3.1).
6. Måling av radioaktivitet i nedbør ved S15 for juni og juli måned 1984 (kp.3.2).
7. Tilrettelegging for rutinemålinger (kp.4)

Kp. 2. Utprøving av Ionebytteren.

Ionebytterkolonne (fig. 1) er levert (sammen med vannsamleren) av firma A/S Industrimontasje, Kolbuhn (ref. 1).



Figur 1. Ionebytterkolonne

diameter var ikke mulig å fremskaffe innen rimelig tid. Ved samtale med dr. scient Marit Lægereid (ref.5), ble det anbefalt å benytte planktonduk som mekanisk barriere i kolonnen.

Planktonduk (Nytal) med ønsket porestørrelse (100 µm) kunne skaffes hos NIVA (ref. 6).

Planktonduken er laget av nylon. Duken er svært slitesterk, og barrierer kan skjæres ut i ønsket størrelse. Planktonduken gir liten væskemotstand, og fungerer svært bra som barriere i ionebytterkolonnen. Nylondukene holdes på plass av trange plast ringer som presses ned i hver seksjon i ionebytterkolonnen.

Nylon tåler ikke konsentrerte syrer (pH < 1) eller baser (pH > 11). Dette er en ulempe dersom man ønsker å eluere ionebytterene med konsentrerte syrer eller baser (f.eks. eluere Sr med 4,5 M HCl fra kationbytter, ref. 2). Dersom man ønsker å eluere ionebytterene med konsentrerte syrer eller baser, må glass sinter eller polyetylen/polypropylen-skiver benyttes som barrierer i kolonnen.

2.3 Elueringshastighet.

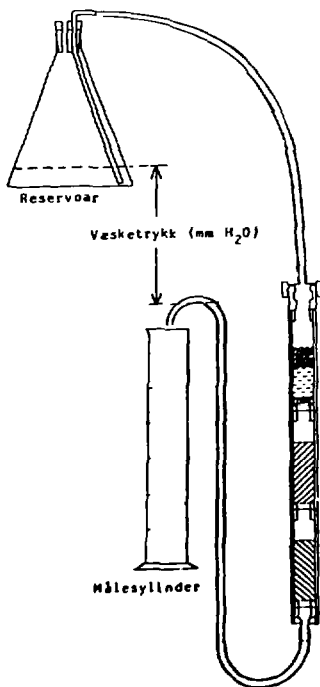
Elueringshastigheten (gjennomstrømningshastigheten) for ionebytterkolonnen ble undersøkt som funksjon av væsketrykket over kolonnen.

Oppstilling av kolonne og vannreservoar er vist i figur 2, og resultater fra undersøkelsen er gitt i tabell 1, og figur 3.

Ved denne undersøkelsen ble Dowex 50 W x 8 50 100 mesh benyttet. Ionebyttermasse med kornstørrelse 20 50 mesh (tabell 2) ble benyttet ved tracerforsøk (kp 2 4) og ved målinger av radioaktivitet i nedbør for juli måned (kp 1).

Målinger av elueringshastighet som funksjon av væsketrykk ved tracerforsøk (kp 2 4) og ved nedbørundersøkelser i juli og august er også merket av på figur 3.

Elueringshastigheten vil øke med økende diameter på
ionebytterkorn (dvs. minkende meshstørrelse) hvor trykket holdes
konstant.

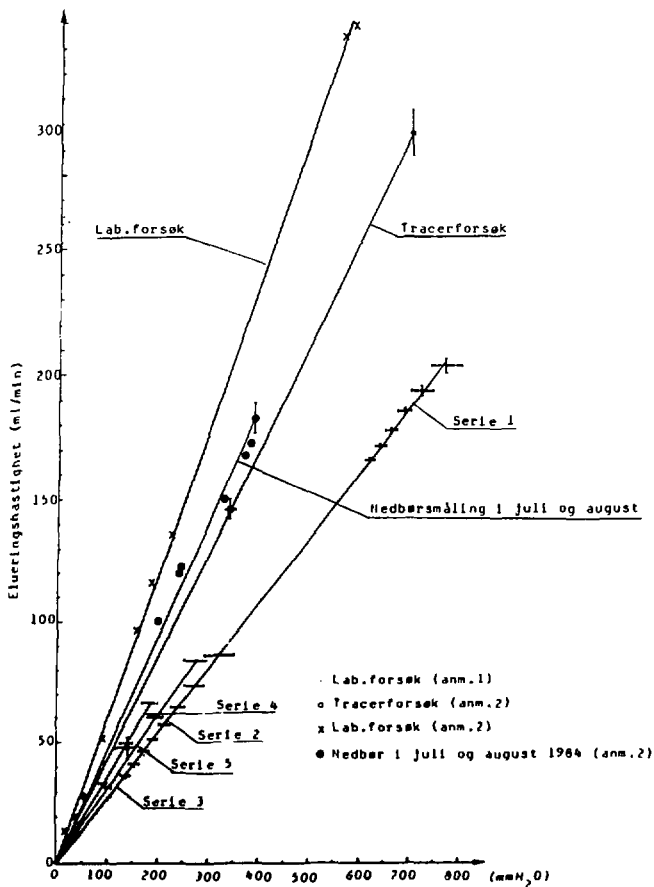


Figur 2. Skjematisk oppstilling av ionebytterkolonne og
reservoar ved elueringsforsøk.

Trykk på kolonnen	Variasjon i trykk	Gjennomsnittlig elueringshastighet		Parallele forsøk	Prøveserie
P (mm H ₂ O)	ΔP (mm H ₂ O)	F (ml/min) ± Δ F			
770	30	204	3	4	1
721	20	194	2	4	
661	13	178	1	4	
638	11	172	1	4	
618	10	166	1	4	
321	30	86,1	0,4	4	2
273	19	73,5	0,0	4	
240	15	64,6	0,3	4	
213	12	57,6	0,3	4	
191	10	51,6	0,3	4	
172	10	46,4	0,3	4	
153	9	41,4	0,2	4	
135	10	36,9	0,2	4	
214	9	57,1		1	3
173	5	44,8		1	
153	5	40,0		1	
136	4	35,5		1	
109	3	28,6		1	
102	3	26,8		1	
91	3	24,1		1	
81	3	21,4		1	
71	3	19,0		1	
57	2	15,5		1	
45	1	12,8		1	
32	2	9,4		1	
21	2	5,7		1	
10	2	3,8		1	
6	2	2,7		1	
2	2	1,9		1	
184	16	66,1	0,8	4	4
137	13	49,6	0,2	3	
91	9	33,6	0,1	4	
46	4	17,5	0,2	3	
275	15	84,6	0,3	3	5
195	16	60,5	0,1	3	
102	9	32,3	0,1	3	
36	4	12,0	0,1	3	

Tabell 1 Måleresultater fra elueringsforsøk

1. ombyttermasser: 80 ml Dowex 21 K 20 50 mesh Cl form
 80 ml Dowex 50 W - 8 50 100 mesh K⁺ form



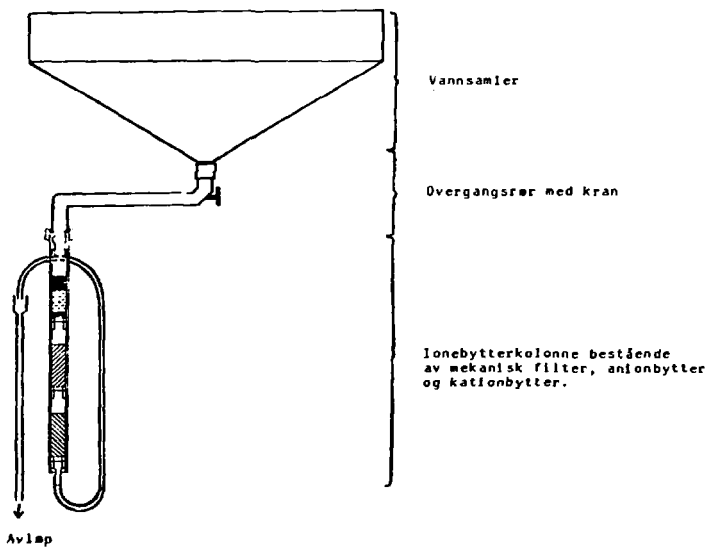
Figur 3. Elueringshastighet gitt som funksjon av væsketrykk

anm.1 : Dowses 50W- t8 50-100 mesh ble benyttet
 anm.2 : Dowses 50W- t9 20-50 mesh ble benyttet

Wet Mesh (U.S. Standard)	16	20	40	50	80	100	140	200	270	325	400
Micron Diameter	1190	840	420	297	177	149	105	74	53	44	37

$1\mu = 0.001 \text{ mm}$

Tabell 2. (ref.3) Wet Mesh and Equivalent Micron Diameters.



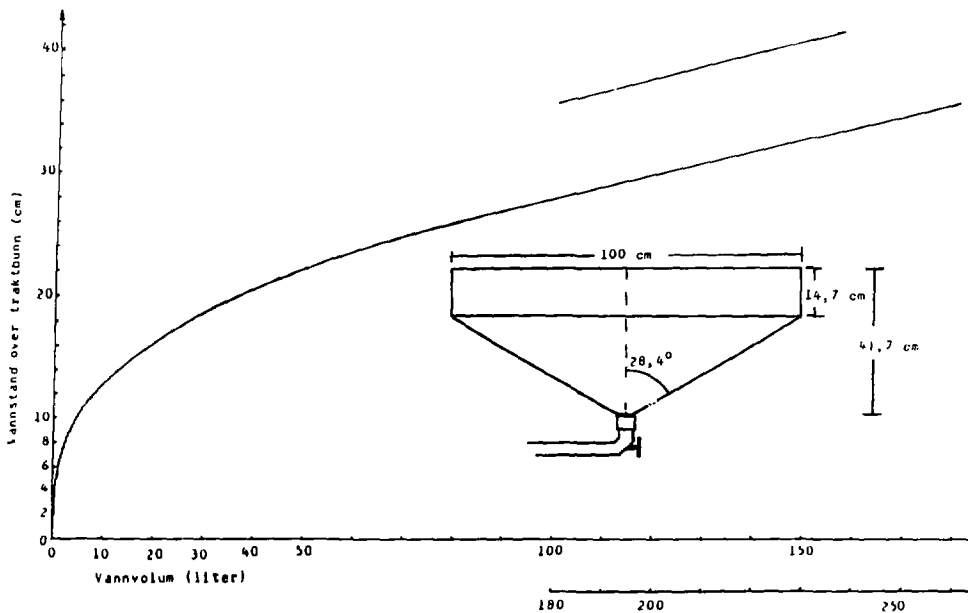
Figur 4. Prinsippskisse av vannsømler tilkoblet ionbytterkolonne med vannlås og avløpsrør.

Elueringshastigheten for en ferdigpreparert kolonne er proporsjonal med væsketrykket over kolonnen. Proporsjonalitetsfaktoren ser ut til å variere noe mellom parallelle forsøk. Dette skyldes sannsynligvis at ionebyttermassen blir pakket litt forskjellig fra et forsøk til det neste.

Filtertabletter (cellulosemasse) i kolonnen ble først tatt i bruk ved nedbørsmålinger for august (p.g.a. sein levering, se vedlegg 1). Cellulosemassen ser ikke ut til å redusere elueringshastigheten merkbart. Det er allikevel sannsynlig at elueringshastigheten vil avta noe etter hvert som filteret fanger opp partikler.

Føløekene viser at elueringshastigheten er tilstrekkelig, selv ved store nedbørmengder over relativt kort tid.

Et eksempel fra 3. august 1984 viste at et kraftig regnvær, som varte i ca. to og en halv time, fikk vannet til å stige 15 cm over bunnen i oppsamlingstrakta (figur 5). Dette tilsvarer 16 liter vann, som passerte kolonnen i løpet av 3 timer.



Figur 5. Vannvolum i nedbørstrakt gitt som funksjon av vannstand i trakta.

2.4 Kolonnens effektivitet.

En av hovedoppgavene ved dette prosjektet var å undersøke aktivitetsfordeling på kolonnen og ionebyttereffektivitet som funksjon av elueringshastighet (gjennomstrømningshastighet) og temperatur.

Radioaktive tracere ^{85}Sr , ^{131}I og ^{137}Cs ble benyttet ved undersøkelse av kolonnens effektivitet. Disse isotopene er gamma-utsendere og derfor enkle å måle, og dessuten er ^{90}Sr , ^{131}I og ^{137}Cs organsøkende (henholdsvis: knokler, skjoldbruskkjertel og muskler) og bidrar mest til befolkningens dosebelastning fra kunstig, radioaktivt nedfall.

De radioaktive tracerene (bærefrie) ble tilsatt filtrert regnvann. (Regnvannet var på forhånd filtrert gjennom Whatman no. 40 filterpapir.)

Regnvann tilsatt tracere ble lagret i ca. 1 uke før elueringsforsøkene. Dette ble gjort for at utbytting og kjemiske likevekter i størst mulig grad skulle finne sted.

I tabell 2 er det gitt en oversikt over tracermengder som ble tilsatt regnvannet.

Tracer	Ioneform	Nuklidens halverings tid t _{1/2}	Aktivitet tilsatt 6,00 liter filtrert regnvann	Dato
^{85}Sr	..	64,9 d	12,8 μCi ($47,3 \cdot 10^4$ Bq)	12/7-84
^{131}I	-	8,04 d	20,4 μCi ($75,5 \cdot 10^4$ Bq)	12/7-84
^{137}Cs	.	30,1 år	13,2 μCi ($48,8 \cdot 10^4$ Bq)	12/7-84

Tabell 2. Tracertilsetning i filtrert regnvann.

Elueringsforsøkene ble utført ved at 500 ml regnvann med tracer ble eluert gjennom en nypakket kolonne. Når reservoaret var nesten tomt for tracervann, ble 500 ml filtrert regnvann uten tracer tilsatt reservoaret porsjonsvis. Dette ble gjort for at hele tracerløsningen skulle elueres gjennom kolonnen. Dermed ble 1000 ml regnvann eluert gjennom kolonnen ved konstant elueringshastighet. Figur 2 viser kolonneoppstillingen ved elueringen.

Tracerforsøk	Elueringshastighet		Temperatur på tracervann i kolonnen ($^{\circ}\text{C}$).
	\bar{F} (ml/min)	ΔF	
1	28,5	51,5	25
2	297	9	25
3	48	5	0- 10 *)

Tabell 3. Forsøksbetingelser ved tracerforsøk.

*) Temp. på tracervann i reservoar var 0°C .
Temp. på eluatet var 10°C .

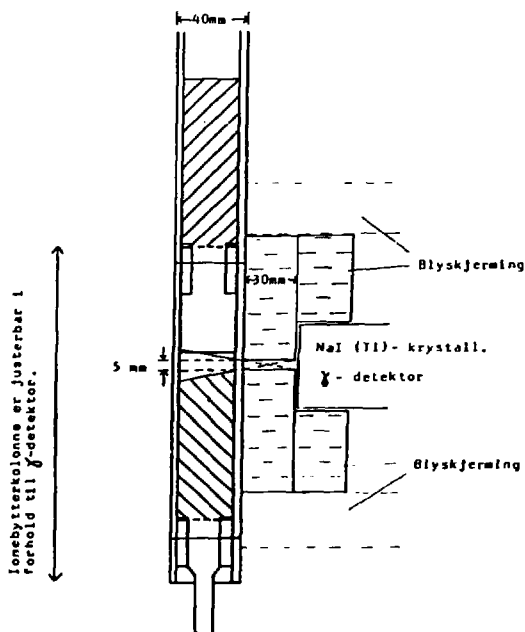
Aktivitetsfordelingen og kolonneeffektiviteten ble undersøkt etter hvert forsøk.

2.4.1 Kvalitativ undersøkelse av aktivitetsfordeling på kolonnen:

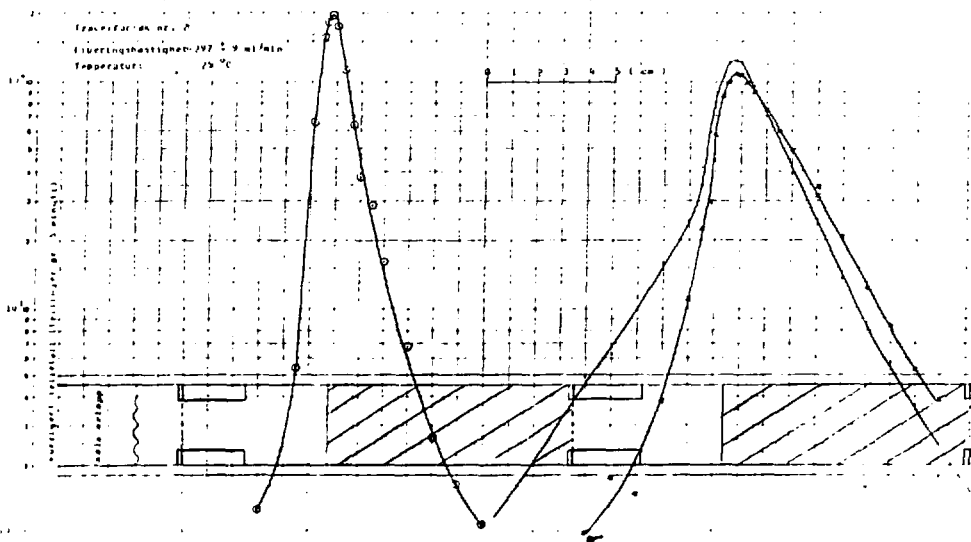
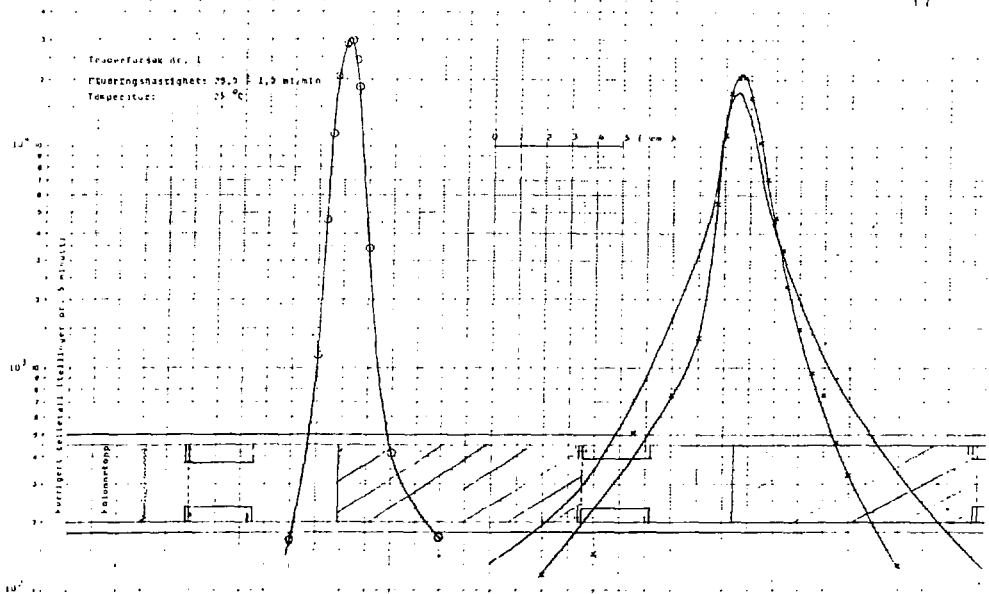
Etter hvert elueringsforsøk ble kolonnen montert vertikalt i et regulerbart stativ (kolonnen kunne reguleres i vertikalplanet etter ønske). Kolonnen var samtidig plassert i et telletårn foran en horisontal, 5 mm bred spalt (figur 6).

Blyklosser skjermet NaI (Tl)-detektoren slik at denne bare kunne registrere aktiviteten fra et lite volum på kolonnen. NaI(Tl)-detektoren var tilkoblet en 4096-kanalers pulshøydeanalysator (Canberra Series 30 Multichannel Analyzer). Det ble foretatt flere målinger på hver kolonne i varierende posisjoner. Tellevinduer for gammaenergiene 364 keV (^{131}I), 514 keV (^{85}Sr) og 662 keV (^{137}Cs) ble fiksert, og talletallet i disse vinduene ble registrert og korrigert for bakgrunn.

Resultatene fra disse målingene er gitt i figurene 7 og 8.

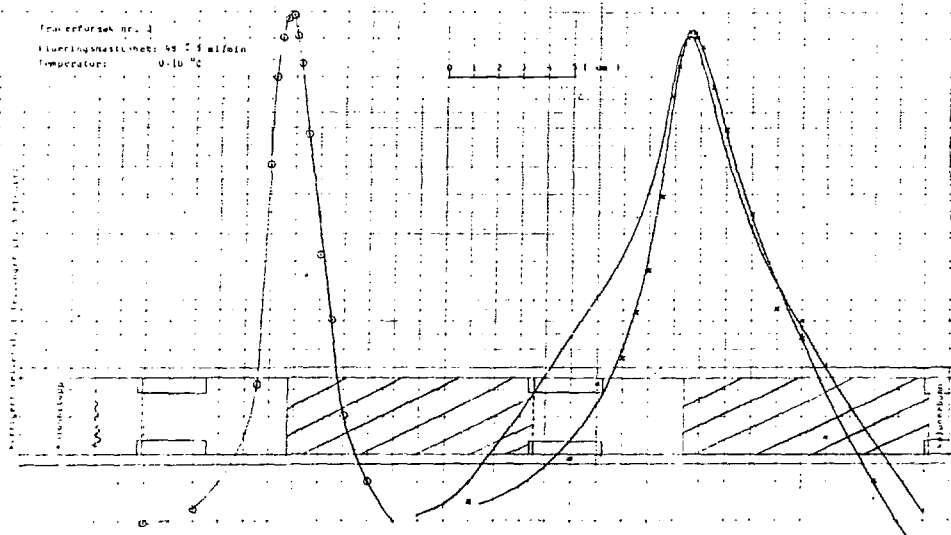


Figur 6. Tellgeometri ved kvalitativ undersøkelse av aktivitetsfordelingen på ionbytterkolonnen.



Figur 7. Aktivitetsfordelingsbilde fra undersøkelse av kolonneeffektivitet.

Aktivitet: 10^4
 Aktivitet: 10^3
 Aktivitet: 10^2

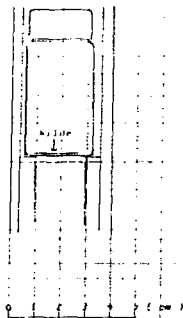
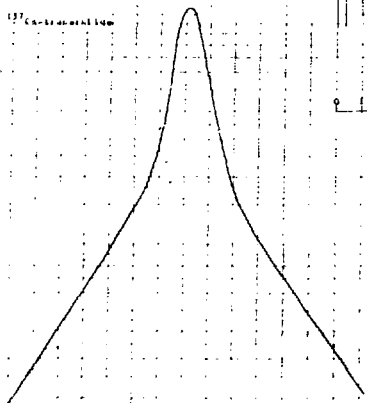


Figur 9. Aktivitetsfordelingsbilde fra undersøkelse av kolonneeffektivitet.

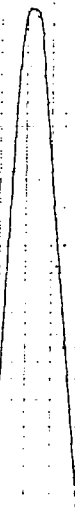
Aktivitet ^{131}I : ○
 Aktivitet ^{95}Sr : ▲
 Aktivitet ^{137}Cs : ●

Skiveformede radioaktive kilder av henholdsvis ^{85}Sr , ^{131}I og ^{137}Cs ble målt i samme telleposisjon som ionebryterene (fig. 9). Dette ble gjort for å kontrollere skjermingseffekten rundt NaI(Tl)-detektoren. Figur 9 viser også aktivitetsbildet kildene vil gi. Skjermingseffekten er god for ^{131}I (364 keV), mens den er mindre god for ^{95}Sr (514 keV) og ^{137}Cs (662 keV). Dersom man benytter tykkere skjerming rundt NaI(Tl)-detektoren, vil bildet av aktivitetsfordelingen bli skarpere. Men dette ville medføre lavere telleeffektivitet, pga. økt avstand mellom kilde og detektor. Dette kan kompenseres for ved forlenget talletid eller ved bruk av større aktivitetsmengder. Derfor vil resultatet av denne type undersøkelse bli et kompromiss mellom ønsket om å få et skarpt aktivitetsfordelingsbilde, bruk av moderat måletid og ønsket om å bruke minst mulig aktivitet ved forsøkene

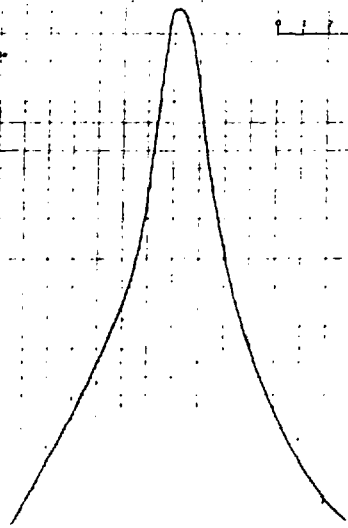
Messung von plan. ^{137}Cs -transmission
 10-462 keV



Messung von plan. ^{137}Cs -transmission
 10-462 keV



Messung von plan. ^{60}Co -transmission
 10-116 keV



0 1 2 3 4 5 6 7 (keV)

2.4.2 Beregning av adsorpsjonskoeffisienter.

Dersom man forutsetter at adsorpsjonen for et ion til en ionebytter kan beskrives ved en eksponentialfunksjon (ref. 7 og 8), kan adsorpsjonskoeffisienten bestemmes relativt enkelt.

Dersom man opererer med to ionebyttere av samme slag, med lik lengde, og som er koblet i serie, får man følgende forhold:

$$A_1 = 1 - e^{-\varrho x_1} \quad I$$

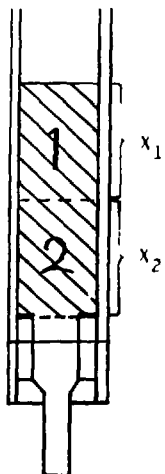
$$A_2 = e^{-\varrho x_2} (1 - e^{-\varrho x_1}) \quad II$$

A_1 = Brøkdelen av aktivitet avsatt på ionebytter nr. 1

A_2 = Brøkdelen av aktivitet avsatt på ionebytter nr. 2

$x_1 = x_2 = x$ = Kolonnenlengde (cm)

ϱ = Adsorpsjonskoeffisienten (cm⁻¹)



Figur 10 Oppdeling av ionebytter for bestemmelse av adsorpsjonskoeffisienten

Forholdet mellom aktiviteten i ionebytter 1 og 2 blir da:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{(1 - e^{-\theta x_2}) e^{-\theta x_1}}{(1 - e^{-\theta x_1})} \quad \text{III}$$

da $x_1 = x_2 = x$

$$\Rightarrow \ln \frac{A_2}{A_1} = -\theta \quad \text{IV}$$

$$\theta = \frac{1}{x} \ln \frac{A_2}{A_1} \quad \text{V}$$

Adsorpsjonskoeffisienten (θ) kan lett bestemmes ved å måle aktiviteten på de to ionebytterene og deretter benytte ligning V.

Ved pakking av kolonner til tracerforsøk, ble det lagt inn en nylonduk i hver av ionebytterene slik at anionbytter og kationbytter ble delt i to like store deler. Etter den kvalitative undersøkelsen (kp. 2.4.1) ble de to halvpartene overført til hvert sitt tellebeger. Deretter ble ionebyttermassene målt ved gammaspektroskopi. Resultater fra målingene og beregning av adsorpsjonskoeffisienter er gitt i tabell 4 og tabell 5.

Prøve	Aktivitet (cpm) ± statistisk usikkerhet		
	^{131}I	^{85}Sr	^{137}Cs
Anion 1,1	4284 ± 21		
Anion 1,2	83,6 ± 1,7		
Kation 1,1		8410 ± 80	5620 ± 60
Kation 1,2		282 ± 6	97,6 ± 2,1
Anion 2,1	7680 ± 20		
Anion 2,2	112,5 ± 2,1		
Kation 2,1		7260 ± 150	6135 ± 43
Kation 2,2		821 ± 10	112,5 ± 3,4
Anion 3,1	7470 ± 220		
Anion 3,2	66,2 ± 1,6		
Kation 3,1		8540 ± 150	6064 ± 60
Kation 3,2		91,6 ± 1,2	9,44 ± 0,39

Tabell 4. Aktivitetsmålinger for bestemmelse av adsorpsjonskoeffisienter.

Tracerforsøk	Flueringshastighet F (ml/min)	r	Temperatur t (°C)	Adsorpsjonskoeffisienter (cm ⁻¹)			Kolonnens halvverdihøyde (cm)		
				$e = -\frac{1}{x} \ln \frac{A_2}{A_1}$	x_1	x_2	$e = \frac{\ln 2}{e}$	e	e
				¹³¹ I	⁸⁵ Sr	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	⁸⁵ Sr	¹³⁷ Cs
1	28,5	1,5	25	0,81	0,70	0,84	0,85	0,99	0,83
2	297	9	25	0,87	0,45	0,82	0,80	1,54	0,84
3	48	5	0 - 10	0,97	0,93	1,33	0,71	0,74	0,52

Tabell 5. Adsorpsjonskoeffisienter.

1. Kolonnens halvverdihøyde er den høyden av kolonnen som adsorberer 50 % av påsatt aktivitet.

Aktivitetismengden i eluatet fra tracerforsøkene ble også bestemt, og resultatene fra disse målingene ble sammenholdt med resultatet som fremkommer ved bruk av beregnede adsorpsjonskoeffisienter (tabell 6)

Tracer- forsøk	Aktivitet påsatt kolonnen (Bq)			Målt aktivitet i eluat (Bq)			Brøkdelen adsorbert iflg. beregning av adsorb- sjonskoeffisienten			Brøkdelen adsorbert = " <u>Påsatt</u> " - " <u>eluat</u> " "Påsatt"		
	¹³¹ I	⁸⁵ Sr	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	⁸⁵ Sr	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	⁸⁵ Sr	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	⁸⁵ Sr	¹³⁷ Cs
1	4,9 · 10 ⁴	4,5 · 10 ⁴	4,5 · 10 ⁴	*	*	*	0,9996	0,9997	0,9997	*	*	*
2	4,1 · 10 ⁴	4,5 · 10 ⁴	4,5 · 10 ⁴	842	294	39	0,9998	0,987	0,9997	0,9791	0,994	10,9992
										0,9791	0,993	10,9991
3	3,5 · 10 ⁴	4,5 · 10 ⁴	4,5 · 10 ⁴	618	5	19	0,9999	0,9999	0,9999	0,9821	0,999	10,9996
										0,9821	0,9999	10,9996

Tabell 6. Adsorpsjon av aktivitet på ionebytterkolonne.

* Måleresultatene gikk tapt på grunn av tekniske problemer med overføring av data fra magnetbånd.

2.4.3 Konklusjon.

Undersøkelsene av kolonneeffektiviteten viser at anionebytterne fungerer svært bra for de undersøkte nuklider. Kolonneeffektiviteten ser ut til å avta noe med økende elueringshastighet. Variasjoner i kolonneeffektiviteten som resultat av variasjoner i elueringshastighet og temperatur er liten sammenlignet med usikkerheten i aktivitetsmålingene ved måling av naturlige prøver. Derfor vil usikkerheten i aktivitetsmålingen på den naturlige prøven være bestemmende for nøyaktigheten i det endelige resultat.

Presisjonen for metoden som ble valgt for bestemmelse av adsorpsjonskoeffisienten ble ikke undersøkt inngående.

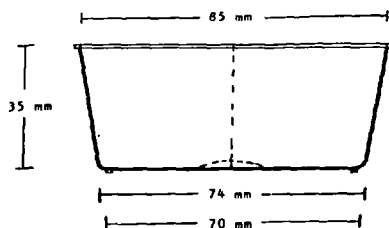
Det ble kun foretatt tre målinger, til forskjellig tid, av anionebyttermasse fra første tracerforsøk for bestemmelse av presisjonen ved bestemmelse av adsorpsjonskoeffisienten. Denne undersøkelsen viser at middelverdien for adsorpsjonskoeffisienten har et relativt standardavvik på 1,5 %, som henger sammen med usikkerheten i aktivitetsmålingene.

Mengden av adsorbent aktivitet ble bestemt teoretisk fra de beregnede adsorpsjonskoeffisienter, og fra differansen mellom aktivitet påsatt kolonnen og aktivitet gjenfunnet i eluatet. Det er god overensstemmelse mellom resultatene. Resultatene støtter den matematiske forutsetning for undersøkelsene.

3. Kalibrering for registrering av aktivitet på Ge(Li) krystall.

3.1 Tellegeometri og telleeffektivitetskonstanter.

Innholdet i ionebytterkolonnens tre seksjoner blandes sammen etter oppsamlingsperioden, og overføres til et standard tellebeger (fig. 11).



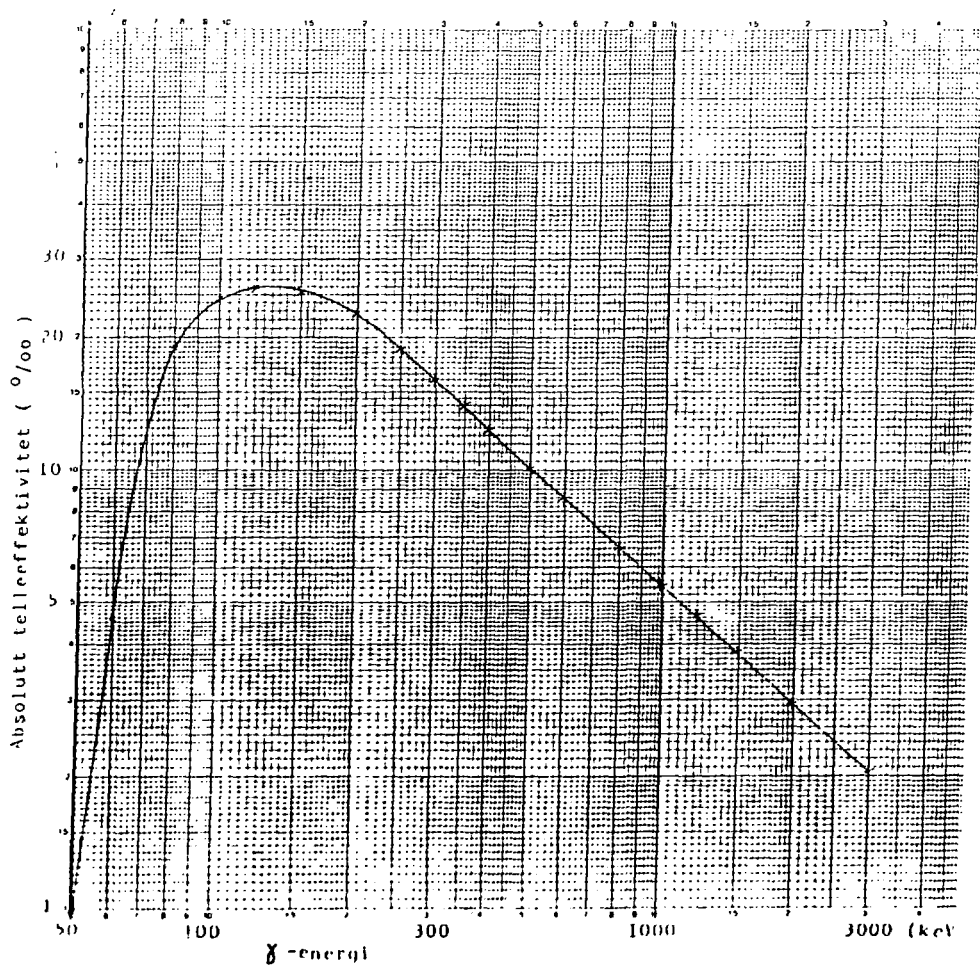
Figur 11. Snitt av sirkelformet tellebeger, som brukes ved måling av radioaktivitet i nedbør. Volum = 180 ml. Oppgitte mål er innvendige mål.

Siden ionebyttermatriks og filterdel har tilnærmet lik tetthet og elementsammensetning (dvs. elementer med tilnærmet lik masse) som vann, blir kalibreringsdata for vannløsninger benyttet. Kalibreringsdataene (tabell 7) er fra tidligere undersøkelser utført ved SIS (ref.9).

Kalibreringskurver for den benyttede telleposisjon og prøvevolum som er aktuell ved aktivitetsbestemmelser i nedbør er vist i fig.12.

Gamma- energi (keV)	Absolutt telleeffektivitet (%)				
	Prøvevolum i tellebeger				
	60 ml	80 ml	120 ml	160 ml	180 ml
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	7,0	6,7	6	5,1	4,6
80	30	28	24	20,7	19
100	38	35,7	31	26,7	24,5
120	41,5	38,7	33	28,3	26
150	40,5	37,7	32	27,7	25,5
200	34,5	31,8	26,5	24,0	22,8
250	28	25,9	21,7	19,8	18,8
300	24	22,1	18,4	16,8	16,0
350	20,7	19,1	16	14,7	14,0
400	18,8	16,9	14,2	12,9	12,3
500	14,8	13,7	11,6	10,6	10,1
600	12,5	11,6	9,9	9,0	8,6
800	9,6	8,9	7,6	7,0	6,65
1000	7,8	7,3	6,2	5,7	5,45
1200	6,6	6,1	5,5	4,8	4,63
1500	3,35	5,1	4,7	4,1	3,85
2000	4,1	3,9	3,35	3,1	2,94
3000	2,8	2,6	2,3	2,1	2,04

Tabell 7: Kalibreringsdata for bestemmelse av absolutte telleeffektiviteter ved gitt tellegeometri (ref. 9).



Figur 10. Kalibreringskurve for måling av γ -aktivitet ved bestemmelse av kunstlig radioaktivitet i nedbør. Tellegemetri er gitt i ref. 9. Prøvevolum = 180 ml.

Kalibreringsdata er lagt inn i analyseprogrammet "ANAL" (ref. 10) som benyttes for gammaspektrometriske analyser på Ge(Li)-krystallen ved SIS.

Det er vanlig og oppgi resultater for måling av radiaktivitet i nedbør i enhetene: Bq/m³ og Bq/m² (ref. 11). Resultatene regnes ut som vist i ligning VI og ligning VII.

$$D_v = \frac{D}{V} \quad \text{VI}$$

$$D_a = \frac{D}{A} \quad \text{VII}$$

der: D_v = Aktivitetsmengde pr. m³ nedbør (Bq/m³)

D_a = Aktivitetsmengde pr. m² nedslagsflate (Bq/m²)

V = Volum som prøven er samlet fra (m³)

A = Nedslagsflate for vannsamler (m²)

D = Aktivitetsmengde i prøven (Bq)

3.2 Måling av radioaktivitet i nedbør ved SIS i juni og juli 1984.

I juni og juli måned ble ionebytterkolonner montert i vannsamleren på taket av SIS's bygning. Aktiviteten avsatt på ionebytter og filterdele ble bestemt, og aktivitetsmengdene i regnvannet ble beregnet (kp. 3.1). Det ble ikke foretatt egne nedbørmålinger (volummålinger), derfor er nedbørsdata fra Meteorologisk institutt (Smestad målestasjon) benyttet. Resultatene er gitt i tabell 8 og 9.

Nuklide	Aktivitetsmengde i prøven (Bq)	
	Juni 1984	Juli 1984
^{137}Cs	0,18	0,13

Tabell 8. Aktivitetsmengder i kolonnematerialet etter nedbørsoppsamling.

Måned	Nedbørsmengde (mm)	^{137}Cs i nedbør	
		Bq m^{-3}	Bq m^{-2}
Juni-84	95,0	1,9	0,18
Juli-84	114,1	1,1	0,13

Tabell 9. ^{137}Cs i nedbør.

*] Nedbørsdata fra Meteorologisk Institutt's målestasjon, Smestad, nord-vest for Oslo sentrum.

4. Tilrettelegging for rutinemålinger.

Arbeidsprosedyrer for kolonnepakking, kolonneskifting og behandling av prøve for telling ble utarbeidet:

Prosedyre 1: Preparering av kolonne (Vedlegg 2).

Prosedyre 2: Kolonnebytte (Vedlegg 3).

Prosedyre 3: Prøvebehandling (Vedlegg 4).

Kommentar til prosedyrene:

I prosedyre 1 (Preparering av kolonne) benyttes ionebyttermasse som er ferdig preparert. I tilfeller hvor utgangspunktet er teknisk ionebyttermasse kan denne forbehandles etter prosedyre: side G 04 01 i EML-procedures manual (ref. 13).

Ferdig forbehandlet ionebyttermasse (Bio-rad-ionebytter) behøver bare å slemmes opp i vann før den pakkes på kolonnen, og kan kjøpes fra firma Bio-Test A.S i Fredrikstad (ref. 14). Bio-rad ionebyttere som tilsvarer Dowex ionebytterene som brukes i nedbørsmålinger er gitt i tabell 10.

	Dowex-ionebytter	Bio-rad-ionebytter
Anionbytter	Dowex 21 K	= Bio-rad AG 1/X 8
Kationbytter	Dowex 50 W x 8	= Bio-rad AG 50 W x 8

Tabell 10. Sammenligning av Dowex og Bio-rad ionebyttermasse.

5. Forslag til videre undersøkelser.

Metoden som er valgt for bestemmelse av radioaktivitet i nedbør ser ut til å fungere etter intensjonene. Men man kan sikkert foreta nye undersøkelser for å finne om metoden har svakheter; og om metoden kan tilpasses andre analyser:

- Undersøke adsorpsjonsforholdene/kolonneeffektiviteten etter at 200 l regnvann har passert ionebytterkolonnen.
- Undersøke om radionuklider adsorberes til vannsamleren (syrevask av vannsamler, inndamping av vaskevann for gammaspektroskopi).

Sammenligne forskjellige metoder for bestemmelse av radionuklider i nedbør. Metoden som benyttes ved SIS kan sammenlignes med metoden som benyttes ved institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller.

Undersøke om eluatet fra nedbørsamler inneholder radionuklider (benytter metoden som brukes ved IFE)

Undersøke hvordan fordelingen av radionuklider er mellom mekanisk filter og ionebytter (kjemisk form til radionuklidene).

⁹⁰Sr-bestemmelser. Eluering av ⁹⁰Sr fra kationbytter (ref 2).

- Tilpassning av metoden for bestemmelse av radionuklider i drikkevann (ølvann, innsjøvann og grunnvann).

6. Annex.

Vedlegg 1: Bestilling og levering av utstyr:

Utstyr	Firma	Dato for bestilling	Dato for levering	Pris (m.m.v.a)
Dowex 50 W x B 50-100 mesh (250 g)	Erling & Morten Lind A/S	14/5-84	16/5-85	282,-
Dowex 21 K 20-50 mesh (500 g)	" " "	14/5-84	16/5-85	240,-
Filtervatt (1 kg)	" " "	22/5-84	31/7-	204,-
PVC-slange Ø:10,0 mm (25 m)	Høigar	23/5-84	26/5-84	67,25
Slangeklemmer (10 stk.) (10 stk.)	"	23/5-85	26/5-84	73,60
Hullpipe Ø:30 mm (1 stk.)	Foward & Thowson	23/5-84	30/5-84	123,60
Filtertablett (1 pk.-100 tabletter)	Høigar	25/5-84	3/8-84	72,-
Filterplater til kolonne (6 stk.)				
Forlengelseører 100 mm (1 stk.)	A/S Industrimontasje	5/6-84	12/6-84	834,-
Lokk til kolonne (2 stk.)				
Lokk til slangestuss (1 stk.)				
85 _{5r} (500 Cl)	IFE	28/5-84	21/6-84	1104,-
600 W varm ovn m. termostat (1 stk.)				
Dobbel stikkontakt (2 stk.)	A/S Erling Storm	21/2-84	25/5-84	3048,-
Lysarmatur i vannsamlør (1 stk.)				
Kabel (15 mm)				
Oppsamlingsstrakt for regnvann med tilhørende kasse og rørsystem og 2 stk ionebytterkolonner.	A/S Industrimontasje	20/2-84	15-16/5-84 (mont.)	
Dowex 50 W x B 20-50 mesh (2 kg)	Erling & Morten Lind A/S	25/6-84	Bellev.	* 550,-
Dowex 21 K 20-50 mesh (2 kg)	" " "	25/6-84	26/6,25/7 og ?	870,-
Verktøyklemmer til kolonner 14 stk	Christian Sønstad A/S	4/8-84	4/8-84	20,-
Mylal planktonduk, porestørrelse 100 m, ca 2000 cm ²	NIVA	6/6-84	6/6-84	Gratis
Mylal planktonduk, porestørrelse 75 m, ca 1200 cm ²	IVA	6/6-84	6/6-84	Gratis

Vedlegg 2: Preparering av kolonne.

Utstyr:

- * Renggjort kolonne m. tette pakninger.
- * 110 cm avløpsslange (ø:10,0 mm) til kolonne.
- * Laboratoriestativ m. klemmer for kolonne og slange.
- * 3 stk. tilpassede nylonbarrierer.
- * 3 stk. trange plastringer til feste for nylonbarrierene.
- * 1 stk. stempel for innsetting av trange plastringer.
- * 1 stk. jernstang (spesiallaget redskap) til bruk ved innsetting og uttak av trange plastringer.
- * 80 ml Dowex 50 W x 8 20-50 mesh (H^+ -form).
- * 80 ml Dowex 21 K 20-50 mesh (Cl^- -form).
- * 2 stk. 100 ml målesylinder.
- * 2 stk. 100 ml (event. 50 ml) p.pette til overføring av ionebyttermasse fra oppbevaringsflasker til målesylinder. (Ikke helt nødvendig, da ionebyttermassen kan tømmes over i målesylinderene)
- * Spruteflaske m. dest.vann.
- * 1 stk. pastørpipette
- * 1 stk. filtertabløtt
- * 0.5 g filtervatt
- * 1 stk. slangeklemme

Preparering.

0. Sett barrierer i kolonnens tre seksjoner.
1. Fest slange til slangestuss på seksjon I.
2. Fest seksjon I i stativ.
3. Fyll seksjon I halvfull med destillert vann.
4. Sug ut luftbobler som sitter i bunnen av seksjonen med en pastørpipette.
5. Fyll 80 ml kationbyttermasse i seksjon I.
Vækehøyden i kolonnen justeres ved hjelp av avløpslangen.
Ionebyttermassen skal ikke ligge tørr.
6. Fyll seksjonen full med destillert vann.
7. Sett seksjon II i seksjon I.
8. Fyll seksjon II halvfull med destillert vann.
9. Gjenta pkt. 4.
10. Fyll 80 ml anionbyttermasse i seksjon II.
11. Gjenta pkt. 6.
12. Sett seksjon III i seksjon II.
13. Fyll seksjon III halvfull med destillert vann.
14. Gjenta pkt. 4.
15. Dytt filtervatt (ca. 0,25 g) ned i bunnen av seksjon III. Sug ut eventuelle luftbobler.
16. Hell cellulosemassen av en oppstemmet filtertablett ned i

seksjon III.

En tørr filtertablett slemmes opp i destillert vann ved å benytte en hurtigmixer. Filtertablett (ca. 1 g tørr cellulose) og 100 ml destillert vann legges opp i hurtigmixeren, som kjøres på sakte fart til cellulosemassen er homogen (ca. 1 min.)

17. Filtervatt (ca. 0,25 g) dyttes løst ned på toppen av cellulosemassen i seksjon III. Sug ut eventuelle luftbobler. Filterdelen opptar ca. 2/3 av volumet i seksjon III.
18. Gjenta pkt. 6.
19. Sett unionen (overgangskobling) i seksjon III, og skru på lokk for transport.
20. Steng avløpsslange med slangeklemme.
21. Kolonnen er klar for transport.

Vedlegg 3. Kolonnebytte:

1. Kran på overgangsrør fra oppsamlingstrakt til kolonne stenges.
2. Gammel kolonne kobles fra overgangsrøret.
3. Nypreparert kolonne kobles til overgangsrøret, og vannlåsen monteres (avløpsslangen festes i klammer på veggen bak kolonnen, med enden av slangen i avløpstrakten).
4. Kran på overgangsrør åpnes.

Vedlegg 4. Prøvebehandling.

1. Gammel kolonne monteres i laboratoriestativ.
2. Partikler som sitter på overflaten innvendig i unionen, spyles ned i kolonnen med destillert vann
3. Kolonnen tømmes for vann gjennom avløpssløngen.
4. Kolonnen demonteres, og innholdet overføres kvantitativt til et rengjort begerglass (1 l begerglass). Innholdet tømmes lett over i begerglasset ved å spyle litt vann inn fra barrieresiden av kolonneseksjonen, mens denne holdes opp ned over begerglasset. Bruk lite vann.
5. Ionebyttermasse og filter blandes godt sammen i begerglasset, hvoretter blandingen tørkes (lufttørring, eller ved lavt trykk i eksikator) og overføres til 180 ml tellebeger.
6. Prøven er klar for telling på Ge(Li)-krySTALL.

Referanser:

1. A/S Industrimontasje, Kapellveien 18, 1410 Kolbotn, Oslo 7
Kontaktperson: Ing. Bjøve.
2. Nils Hagberg och Jorma Suomela
"Strontium-90 och Cesium 137 i nederbörd 1976".
SSI, Stockholm: 1977 005, mars 1977.
3. "Ion Exchange Manual"
Utgiver: Bio Rad Laboratories, 32nd & Griffin Ave., Richmond,
CA 94804.
4. Cand. real Jorolf Alstad.
Avd. for kjernekjemi, kjemisk institutt, Universitetet i
Oslo, 0361 Oslo 3.
5. Dr. scient. Marit Løgereid.
Statens institutt for folkehelse, Geitmyrsv. 75, 0462 Oslo 4.
6. Norsk institutt for vannforskning (NIVA).
Brekkev. 19 0883 Oslo 8. Kontaktperson: Rudil Ekstrøm.
7. John W. Luetzelschwab, Charles Gignac.
Health Physics 1974. Vol 27 (July), 109-112.
8. John W. Luetzelschwab.
Health Physics 1976. Vol 31 (Oct.), 387-389.
9. Torolf Berthelsen, Bjørn Lind, Finn Ugløtveit.
Statens Inst. for Strålehygiene (rapport kommer).
"Kalibreringsdata for måling av aktivitet i væske
(vannløsning)"
10. Finn Ugløtveit.
Statens Institutt for Strålehygiene
"Gammaspespektrometrisk analyseprogram for bestemmelse av
aktivitetsmengder i luft og nedbørsprøver" (rapport kommer)

11. A. Aarkrog, L. Bøtter-Jensen, H. Dahlgaard, Heinz Hansen, J. Lippert, S.P. Nilsen and Karen Nilsson.
"Environmental Radioactivity in Denmark in 1981",
Risø R-469.
12. Rune Jemtland.
"Radioaktiv forurensning i nedbør." SIS rapport under
utarbejdelse.
13. Environmental Measurement Laboratory (FML)
"Procedures Manual".
U.S. Department of Energy, 376 Hudson Street, New York,
N.Y. 10014.
14. Bio Test A.S. Prestevn. 5, 1600 Fredrikstad
Tlf. (03?) 11987, 11845.

(Eivind/egk)