



## **ARBEIDSDOKUMENT**

---

1992 : 5

### **BRUKERVEILEDNING FOR CANBERRA SERIE 10 PLUSS**

A.Andersson Sørli, P. Strand og T.D. Selnæs

**STATENS INSTITUTT FOR STRÅLEHYGIENE**  
**NATIONAL INSTITUTE OF RADIATION HYGIENE**

Østerndalen 25, P.O.Box 55, N-1345 Østerås, Norway  
Tel: (472) 24 41 90 - Fax: (472) 24 74 07

## **BRUKERVEILEDNING FOR CANBERRA SERIE 10 PLUSS**

### **SAMMENDRAG**

Dette kompendiet er en revisjon av det tidligere kompendiet som ble utarbeidet ved Statens institutt for strålehygiene. Kompendiet blir brukt i forbindelse med opplæring og bruk av Canberra Serie 10 +, som benyttes til radioaktivitetsmålinger i bl.a. LORAKON-systemet.

Det ble i begynnelsen målt aktivitetsnivåer av  $^{137}\text{Cs}$  og  $^{134}\text{Cs}$ , og rett etter Tsjernobyl-ulykken var det også behov for målinger av  $^{131}\text{I}$ . På grunn av forholdsvis korte halveringstider for både  $^{131}\text{I}$  og  $^{134}\text{Cs}$ , endret vi målerutinene i løpet av 1991, og en måler nå total Cs-aktivitet, uten å skille mellom  $^{137}\text{Cs}$  og  $^{134}\text{Cs}$ .

Vi følte derfor behov for å revidere kompendiet, og måling av  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{131}\text{I}$  står nå beskrevet i et eget vedlegg. Ellers har vi prøvd å rette opp endel trykkfeil og mangler fra forrige versjon.

Vi gjør oppmerksom på at dette kompendiet kun dekker hovedtrekkene av instrumentets muligheter og funksjoner, for en mer utfyllende håndbok henviser vi til den engelske manualen som følger med instrumentet.

Dersom det skulle oppstå problemer med instrumentet eller måleprosedyrer, kan SIS kontaktes.

## **USERS MANUAL FOR CANBERRA SERIES 10 PLUSS**

### **SUMMARY**

This document is a revised version of an earlier manual worked out at the National Institute of Radiation Hygiene in Norway. The manual is used in connection with training and use of the Canberra Series 10 pluss, which is used for measuring radioactivity in a.o. the LORAKON-system.

In the beginning, activity levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{134}\text{Cs}$  was measured, and right after the Chernobyl accident there was also a need for measurements of  $^{131}\text{I}$ . Because of the relatively short halflife for both  $^{131}\text{I}$  and  $^{134}\text{Cs}$ , the measuring routines was altered during 1991, and the routines now are made for measuring total Cs activity, without differing between  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ .

We therefore felt a need to revise the manual, and measuring of  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{131}\text{I}$  is now described in a separate appendix. We have tried to correct some of the writing errors and faults from the last version.

## **INNHALDSFORTEGNELSE**

1. Montering av instrumentet	side 4
2. Instrumentet slås på	side 6
3. Innleggelse av LORAKON-parametere	side 7
3.1. Inndeling av spekteret	side 8
3.2. Fjerning av spekterets nedre del	side 9
3.3. Inndeling av memory	side 9
3.4. Innleggelse av høyspenningen	side 9
4. Kontroll av $^{137}\text{Cs}$ -toppen	side 10
5. Bestemmelse av ROI-område	side 12
6. Start og stopp av målinger	side 14
7. Bakgrunnsmåling	side 16
8. Kalibrering av detektoren	side 17
9. Beregninger	side 19
9.1. Halveringstid	side 20
9.2. Beregning av geometrifaktor	side 21
9.3. Beregning av aktiviteten i en prøve	side 21
9.3.1. Beregning av vektfactorer	side 21
9.3.2. Beregning av Cs-aktivitet	side 21
10. Innleggelse av formler i instrumentet	side 22
11. Rutiner	side 24
12. Preparering	side 25
13. Måling - rutinemålinger	side 27

### **VEDLEGG**

A. Måling av andre isotoper	
A.1 Måling av $^{134}\text{Cs}$ -aktivitet	side 31
A.2 Måling av $^{137}\text{Cs}$ -aktivitet	side 32
A.3 Måling av $^{131}\text{I}$ -aktivitet	side 34
B. Energikalibrering	side 36
C. Bruk av kassettpiller -	
Overføring av spekter og funksjoner	side 40
D. Vanlige feilmeldinger	side 42
E. Ordliste	side 45

# 1. MONTERING AV INSTRUMENTET

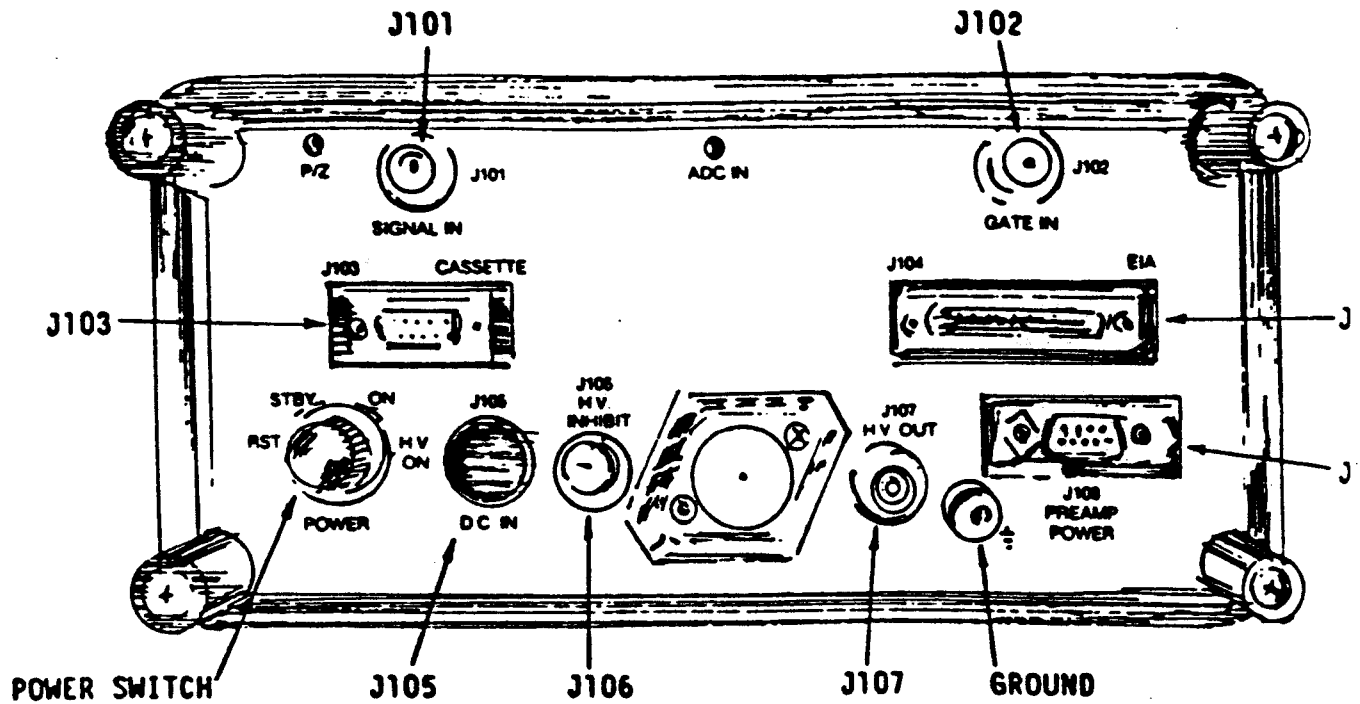


Fig.1 Instrumentets bakside

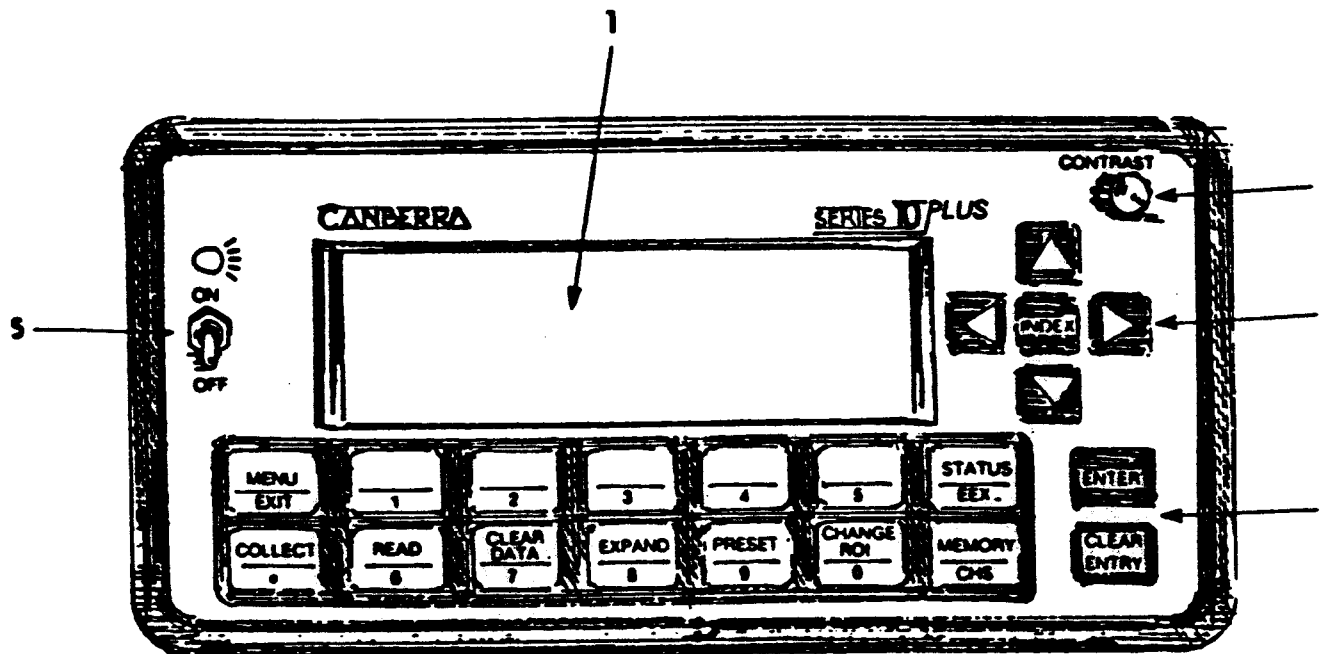


Fig.2 Instrumentets forside

Når en monterer eller demonterer instrumentet, må en påse at høyspenningen er slått av. Det gjøres ved at enten kontrastknappen (fig.2) 2 slås av eller at høyspenningen (fig.1) settes i STBY eller ON posisjon.

Det er tre kabler som knytter detektoren til instrumentet. Høyspennings- og signalkablene er sorte med blanke koplinger. Den kabelen med de lengste koplingene er høyspenningskabelen. Spenningskabelen til forforsterkeren på detektoren er grå med firkantede kontakter.

Forforsterkeren er den enheten som er montert bak på detektoren.

Høyspenningskabelen koples bak på instrumentet til kontakt J107 (fig.1) og til kontakt merket H.V. på detektorens forforsterker.

Signalkabelen koples bak på instrumentet til kontakt J101 SIGNAL IN (fig.1) og til kontakt merket OUT på detektorens forforsterker.

Spenningskabelen til forforsterkeren koples bak på instrumentet til kontakt J108 PREAMP POWER (fig.1) og til den firkantede kontakten på detektorens forforsterker.

#### Batterier

Instrumentet har innebygget en batteripakke som inneholder fem oppladbare NiCd-batterier. Når batteriene er fullt oppladet kan instrumentet benyttes uten tilkopling til strømmettet i 6-8 timer. Når batterispenningen blir lavere enn 6 V, kommer en "BATLOW" advarsel opp på skjermen. Instrumentet vil kunne brukes i ca 15-30 minutter etter at denne beskjeden har kommet. Når batterispenningen blir mindre enn 5.6 V, vil instrumentet gå i standby-modus, uten å miste noe data.

#### Oppladning

Instrumentet kan lades opp ved vanlig bruk eller i standby modus. Rundt 16 timer kreves for å lade opp batteriene når instrumentet står i STBY eller RST. Med strømbryteren i ON eller HV ON, trengs minimum 32 timer for å lade opp batteriene. Batteriladeren koples til kontakt J105 D.C. IN (fig.1) bak på instrumentet.

#### Kontinuerlig oppladning

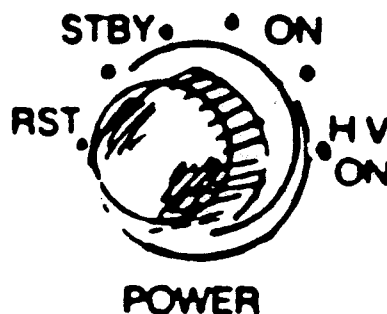
Laderen kan stå tilkople instrumentet i lenger tid, f.eks ved laboratedrift. Kontinuerlig lading vil imidlertid svekke batterienes spenningsnivå, og dermed minske levetiden til batteriene. Tester utført av Canberra viser at batteriene mister 33% av sin kapasitet etter kontinuerlig lading i seks måneder.

**Batteriene bør derfor lades ut (til BATLOW-beskjeden dukker opp) med jevne mellomrom, slik at de beholder sin maksimale kapasitet.**

## 2. INSTRUMENTET SLÅS PÅ

Høyspenningsknappen POWER SWITCH bak på instrumentet (fig.1), har seks posisjoner:

1 RST, 2-3 STBY, 4-5 ON og 6 HV ON



Både STBY og ON posisjonene er doble for å beskytte mot at en skruer instrumentet fra ON til RST eller fra STBY til HV ON ved uhell.

- RST - Denne posisjonen slår av høyspenningen og sletter alle innlagte parametre. Det er derfor viktig at RST-posisjonen ikke benyttes, dersom en ikke ønsker å legge inn parametrene på nytt. Strømbryteren må stå i RST posisjon minimum 15 sekunder før parameterene endres til default verdier.
- STBY - Standby slår av "power" til hele instrumentet bortsett fra memory (hukommelsen). Denne posisjonen kan benyttes under transport av instrumentet uten at innlagte parametre blir slettet. Detektoren får ikke høyspenning.
- ON - Instrumentet er tilkople, men høyspenningen er av.
- HV ON - Ved bruk av instrumentet skal knappen stå i denne posisjonen. HV ON sørger for at den interne høyspenningsenheten leverer spenning til detektoren, dersom høyspenning er satt til ON i SETUP.

På instrumentets forside finnes kontrastknappen 2 (fig.2). Denne slås på når instrumentet skal brukes. Juster kontrasten til bilde på skjermen blir synlig. Når kontrastknappen er i "off"-posisjon står instrumentet i standby.

Ved daglig bruk benyttes kontrastknappen som av og på knapp. Dersom instrumentet ikke skal brukes på en tid, settes "power-switch" i standby.

### 3. INNLEGGELSE AV LORAKONPARAMETRE

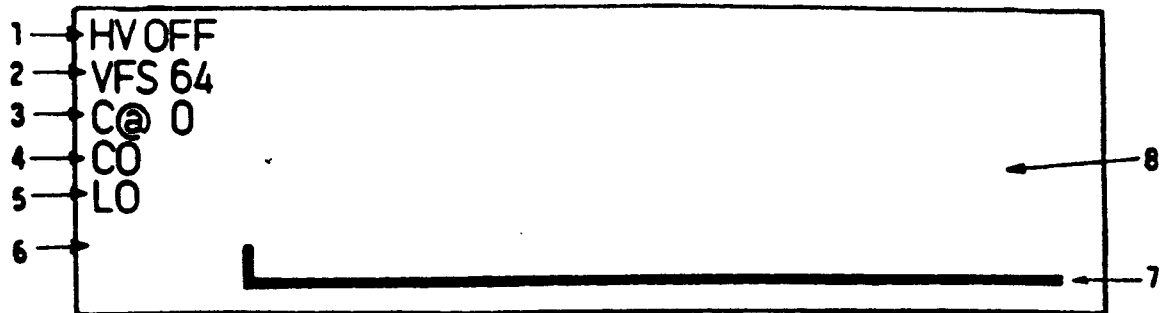


Fig.3 Skjerm bilde

- 1- HV Viser en skala for den høyeste høyspenning.
- 2- VFS viser antall tellinger til toppen av den vertikale skalaen.
- 3- C@ viser den kanalen som markøren er plassert i.
- 4- C viser hvor mange tellinger det er i den kanalen som markøren er plassert i.
- 5- L viser tiden i sekunder tellingene har pågått.
- 6- Statuslinje.
- 7- Basislinje.
- 8- Spektrumområde.

I det følgende opererer vi med to typer knapper som vi har til rådighet når vi bruker instrumentet. Den ene typen er "HARD KEYS" som er alle de knappene som er montert på instrumentet der funksjonen er skrevet på. I tillegg kan vi få fram en rekke funksjoner på statuslinjen, disse kalles "SOFT KEYS". Disse opereres ved å trykke på den knappen (1 - 5) som er plassert rett under funksjonen på statuslinjen.

**STATUS** - Ved å trykke følgende, kan en se de verdier som er lagt inn i instrumentet:

TRYKK: "HARD KEYS"  
STATUS

"SOFT KEYS"

CONTINUE

Bruk continue til å bla i status.

For å komme ut av STATUS igjen:

TRYKK: "HARD KEYS#"  
MENY

Typiske statusverdier er vist i figur 4, neste side.

---

MEMORY	1/1	V1104-G1	16 MAR 86	09:48
AMP :	INPUT	SHAPING	GAIN	
	POS	SLOW	3.5000	
SCA :	LLD	ULD		
	0%	110.0%		
ADC :	PHA	GAIN	ZERO	OFFSET
	ADD	4096	0	0
	( <u>SETUP</u> )	( <u>CONTINUE</u> )		( <u>EXIT</u> )

---


---

MEMORY	1/1	V1104-G1	16 MAR 86	09:48
PRESET:	LIVETIME =		1000 SECONDS	
MODE :	IDLE		TAGWORD =	0
EIA :	BAUD	LENGTH	PARITY	CONTROL
	300	7	EVEN	LOCAL
HVPS :	VOLTS	ON/OFF	POLARITY	STABLZ
	0	OFF	POS	OFF
	( <u>SETUP</u> )	( <u>CONTINUE</u> )		( <u>EXIT</u> )

---

*Fig.4 Status, default verdier*

### 3.1 INNDELING AV SPEKTERET I 1024 KANALER

Endring av ADC: GAIN

Spekteret kan deles inn i enten 1024 eller 512 kanaler. Vi skal benytte oss av 1024 kanaler. ADC: GAIN kan endres ved å gjøre følgende:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	STATUS	
		SETUP
		ADC
		GAIN
		1024
	MENU	



### 3.2 FJERNING AV SPEKTERETS NEDRE DEL

Endring av SCA: LLD

Med LLD kan vi fjerne en nedre del av spekteret som ikke har noen interesse for oss. LLD skal settes til 3% .

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	STATUS	
		SETUP
		SCA
		LLD
		#
	3	
	ENTER	
	MENU	

### 3.3 INNDELING AV MEMORY

Instrumentets hukommelse kan deles inn i et visst antall deler, slik at flere spektre kan lagres samtidig. Vi ønsker å dele hukommelsen inn i 4 deler og bruke den første av disse. Vi skal da ha MEMORY = 1/4

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MEMORY	
		QUARTER
		1

### 3.4 INNLEGGELSE AV HØYSPENNING

Høyspenningen skal settes lik den verdi som er foreskrevet detektoren. Høyspenningen står på det sertifikatet som følger med detektoren.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	STATUS	
		SETUP
		ETG
		HVPS
		SET
	780	(Dersom høyspenningen er 780 V)
	ENTER	
		ON
	MENU	

#### 4. KONTROLL AV $^{137}\text{Cs}$ - TOPPEN

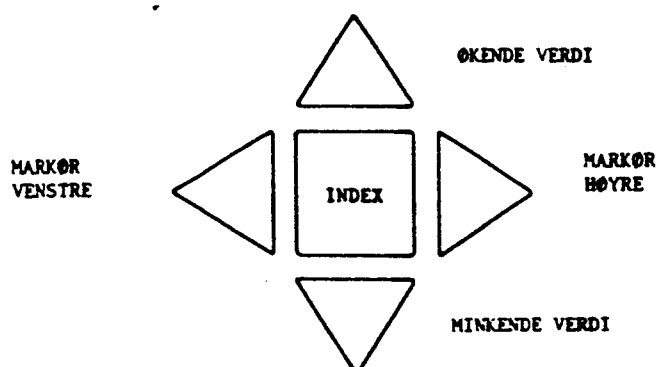
For alltid å vite hvilke energier som svarer til gitte kanaler plasseres  $^{137}\text{Cs}$ -toppen med energi 662 keV i kanal 440, slik at Cs-toppen har sitt maksimum i kanal nr. 440.

Ved oppstartning av instrumentet foretas en grovjustering. Ved den daglige kontroll foretas finjustering.

##### Prosedyre ved finjustering:

Denne prosedyren benyttes ved den daglige kontrollen av  $^{137}\text{Cs}$ -toppen.

Plasser testkilden av  $^{137}\text{Cs}$  på detektoren og sett markøren i kanal nr. 440. VFS (Vertical full scale) settes til 1k (k=1000) ved å trykke  $\Delta$  eller  $\nabla$ , se fig.5.



*Fig.5 Del av frontpanel, piltaster*

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	STATUS	
		SETUP
		AMP
		GAIN
		COLLECT

Når en trykker "SOFT KEY" COLLECT slettes det eksisterende spekter og et nytt bygger seg straks opp. Dersom toppen ligger langt fra kanal nr. 440, kan en legge inn en ny gainverdi ved å bruke "SOFT KEY" #, legge inn en tallverdi og trykke ENTER.

Når toppen er nær kanal nr. 440 trykker en "HARD KEY" EXPAND, (området rundt markøren blir forstørret), slik at en bedre kan se toppens maksimum.

Dersom toppen kommer til venstre for markøren i kanal nr. 440, må AMP: GAIN økes ved å trykke  $\Delta$ .

Kommer den til høyre, må AMP: GAIN reduseres ved å trykke  $\nabla$ . Hver gang vi har endret AMP:GAIN sletter vi spekteret ved å trykke "SOFT KEY" COLLECT slik at et nytt spekter får bygget seg opp ut i fra den endrede gainverdien.

Ved å prøve seg fram på denne måten vil en til slutt få plassert toppen i den ønskede kanal.

#### Prosedyrer ved grovjustering:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	STATUS	
		SETUP
		AMP
		GAIN
		#
	10	
	ENTER	
	MENU	

For å få en eksakt plassering av toppen i kanal nr. 440 er det nødvendig å foreta en finjustering av AMP: GAIN.

De ulike detektorene har ulik gain. En 3"-krystall har vanligvis gainverdier rundt 5, mens en 2"-krystall har gainverdier rundt 10.

## 5. BESTEMMELSE AV ROI-OMRÅDER (REGION OF INTEREST)

Instrumentet er konstruert slik at vi kan legge inn områder som vi er spesielt interessert i. Ved å legge inn slike områder over de topper vi måtte få i et spekter, kan instrumentet regne ut antall registrerte tellinger i disse.

For å bestemme en isotops område, brukes markøren til å avlese mellom hvilke kanaler toppen ligger i. For å kunne avlese området nøyaktig brukes EXPAND.

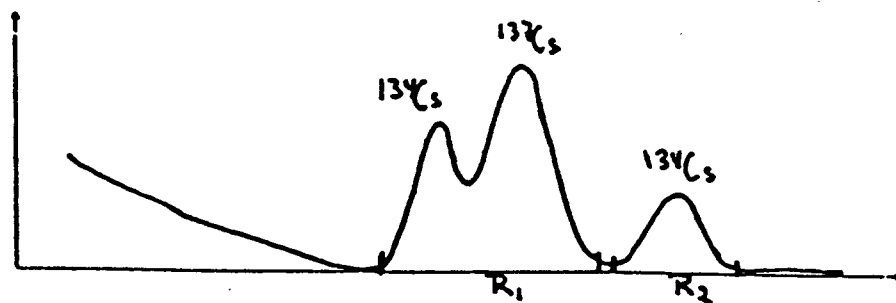


Fig.6 Et spekter av  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  i blanding

Ved å studere fig. 6 ser vi at  $^{134}\text{Cs}$  sender ut stråling med to forskjellige energier, mens  $^{137}\text{Cs}$  bare sender ut stråling med en energi. En av toppene fra  $^{134}\text{Cs}$  overlapper  $^{137}\text{Cs}$ -toppen. D.v.s. at det er vanskelig å skille dem fra hverandre. Da vi er interessert i å måle total Cs, velger vi et område som inneholder topper fra både  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$ .

Det området som inneholder de to toppene fra h.h.v.  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  kalles  $R_1$ . De ligger i området fra kanal 344 til kanal 481.

Prosedyre for innleggelse av  $R_1$  i instrumentet:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	CHANGE ROI	
	1	CREATE
	ENTER	#
		#
	344	
	ENTER	
	481	
	ENTER	
	MENU	

Prosedyre for kontroll av innlagt område:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	CHANGE ROI	
		PAGE
	MENU	

En bør kontrollere at de to toppene kommer innenfor det innlagte område, ved å ta opp spekter av isotopene  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$ .

Ved måling av flere isotoper, vil en definere flere ROI-områder. Disse er beskrevet i Vedlegg A, og er tatt med her bare for oversiktens skyld. I de følgende formlene vil alle parametre knyttet til  $R_1$  ha index 1, mens alle parametre knyttet til  $R_2$  vil ha index 2, o.s.v.

**ROI - OVERSIKT**

isotop	område	kanalområde
$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$	$R_1$	344 - 481
$^{134}\text{Cs}$	$R_2$	491 - 572
$^{131}\text{I}$	$R_3$	220 - 270

## 6. START OG STOPP AV MÅLINGER

En måling startes ved følgende:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	CLEAR DATA	
	COLLECT	DATA

Målingen vil starte, og gå av seg selv, helt til instrumentet stoppes manuelt, eller til det forhåndsinnstilte kriteriet er nådd.

Manuell stopp av måling:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	COLLECT	

Instrumentet vil da stoppe tellingen.

Instrumentet kan innstilles på forhånd, ved å bruke "HARD KEY" PRESET. En kan sette at instrumentet skal telle i en viss tid, eller inntil et visst antall tellinger er oppnådd.

Forhåndsinnstilling av telletid (f.eks 600 sekunder):

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
	600	LIVETM
	ENTER	

Instrumentet vil nå telle i 600 sekunder og deretter stoppe.

Forhåndsinnstilling av antall tellinger i et område. (f.eks 10 000 tellinger i R<sub>1</sub>):

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
	10000	INTEG
	ENTER	
	1	
	ENTER	

Instrumentet vil nå telle til 10 000 tellinger er oppnådd i område 1, og deretter stoppe.

#### Notering av måleverdier:

Etter at en telling er avsluttet er det nødvendig å notere måleverdiene. Det er to ting vi er interessert i; antall tellinger innen ett område, og telletiden. Telletiden leses av direkte på frontpanelet, (fig.3, punkt 5).

For å lese av integralet (antall tellinger i et gitt område) må en gjøre følgende:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	
		COMPUTE
		INTEG

Instrumentet vil vise antall tellinger, og oppgi hvilket kanalområde disse tellingene stammer fra. Dersom en har lagt inn flere områder (ROI), kan en få oppgitt tellinger i hvert av disse områdene ved å bruke INDEX-knappen til å flytte seg fra et område til et annet.

TRYKK:	"HARD KEY"	"SOFT KEY"
	MENU	

for å komme tilbake til utgangspunktet igjen.

#### Beregning av resultat:

Dersom en på forhånd har lagt inn formler for å beregne aktiviteten i prøven (f.eks. i Bq/kg), kan resultatet avleses:

TRYKK:	"HARD KEY"	"SOFT KEY"
	MENU	
		COMPUTE
		FUNC
		F1

(eller F2, F3, F4 eller F5 avhengig av hvilken funksjon en ønsker å beregne resultatet med.)

## 7. BAKGRUNNSMÅLING

Når en måler en prøve, registreres ikke bare aktiviteten fra prøven, men vi får også et bidrag fra bakgrunnen, såkalt bakgrunnsstråling. Denne strålingen skyldes naturlig radioaktivitet i bygningsmaterialer, bakken og stråling fra atmosfæren. For å kunne bestemme den aktiviteten som kommer fra prøven, er det nødvendig å kjenne bakgrunnsstrålingen slik at denne kan trekkes fra det totale telletall.

Bakgrunnsstrålingen bestemmes ved at en foretar en måling over natten uten at det er plassert noen prøve på detektoren.

### Prosedyre ved bakgrunnsmåling:

Blytårn og toppen av krystallen tørkes av.  $^{137}\text{Cs}$  - toppen kontrolleres, se pkt. 4.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
		LIVETM
	2	
	ENTER	

Måling startes:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	CLEAR DATA	
		DATA
	COLLECT	

Etter to sekunder stopper instrumentet.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	COLLECT	

Instrumentet vil nå telle til det stoppes manuelt.

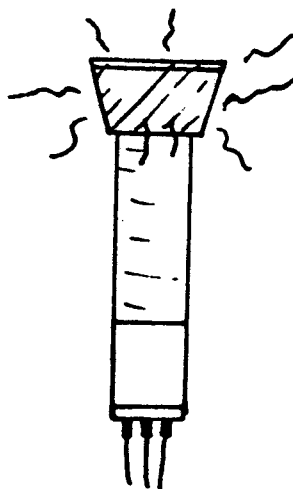
TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	COLLECT	

Instrumentet stopper å telle. Antall tellinger og telletid noteres, og bakgrunnsstrålingen i et gitt område kan beregnes.



## 8. KALIBRERING AV DETEKTOREN (KRYSTALLEN)

Alle detektorer (krystaller) har ulik følsomhet for  $\gamma$ -stråling. Det lar seg derfor ikke gjøre å utarbeide et sett med geometrifaktorer som kan benyttes for samtlige krystaller. Det er derfor påkrevet at det beregnes egne geometrifaktorer for hver enkelt krystall.



*Fig. 7 Prøveboks plassert på en detektor*

Dersom en plasserer en radioaktiv kilde på en detektor, vil denne kilden sende ut stråling i alle retninger. Det er altså kun en liten del av den utsendte strålingen som slår inn i detektoren og blir registrert.

For å kunne bestemme radioaktiviteten i en kilde er det derfor nødvendig å vite hvor stor del av strålingen som blir registrert i instrumentet. Vi må derfor korrigere for den strålingen som ikke blir registrert, slik at den riktige aktiviteten kan beregnes. Det tallet vi må multiplisere det registrerte telletallet med for å få beregnet den riktige aktiviteten kaller vi geometrifaktor.

Når en kjenner aktiviteten i en prøve/boks, kan geometrifaktoren bestemmes.

### Prosedyre som benyttes ved kalibrering:

Bakgrunnsmåling foretas, se pkt. 6.  $^{137}\text{Cs}$  toppen kontrolleres, se pkt. 4. Plasser standardboksen i blytårnet. For kalibrering har vi valgt å sette I, til 18 000 tellinger.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
	18000	INTEG
	ENTER	

**1**  
**ENTER**

Dersom instrumentet er i gang og måler, må det først stoppes før PRESET kan settes.

Måling startes:

TRYKK:	<b>"HARD KEYS"</b>	<b>"SOFT KEYS"</b>
	<b>CLEAR DATA</b>	
	<b>COLLECT</b>	<b>DATA</b>

Når tellingen er ferdig,  $I_1 = 18\ 000$ , stopper instrumentet av seg selv.

For å få frem resultatet:

TRYKK:	<b>"HARD KEYS"</b>	<b>"SOFT KEYS"</b>
	<b>MENU</b>	
		<b>COMPUTE</b>
		<b>INTEG</b>

Avles antall registrerte tellinger i  $R_1$  og telletid  $L_1$ . Noter  $I_1$  og  $L_1$ .

## 9. BEREGNINGER

Ved enhver måling snakker vi om netto tellinger i et område. Med det menes antall tellinger fra en prøve der bakgrunnstellingene er trukket fra. Bakgrunnsverdiene beregnes ved å ta målinger, med lange telletider, uten prøve på detektoren. Instrumentet er i stand til å beregne integralet, dvs. det totale antall registrerte tellinger i et område.

For å beregne bakgrunnen i tellinger pr. sekund må vi dele integralet på telletiden i sekunder.

$$B_n = \frac{I_n}{L_t}$$

$B_n$  = Netto tellinger pr. sekund fra bakgrunnen i området  $R_n$

$I_n$  = Integralet i området  $R_n$

$L_t$  = Telletid (sekund)

Netto tellinger pr. sekund i et område  $R_n$  som skyldes radioaktivitet i prøven blir derfor:

$$N_n = \frac{I_n}{L_t} - B_n$$

$I_n$  = Integralet i område  $R_n$

$L_t$  = Telletid (sekund)

$B_n$  = Tellinger pr. sekund fra bakgrunnen i område  $R_n$

Dersom vi har antall netto tellinger pr. sekund  $N$  fra en isotop, i et område  $R$  kan to ting beregnes, avhengig av hva som er kjent:

- 1) Dersom aktiviteten  $A$  i prøven er kjent, kan en geometrifaktor  $G$  beregnes:

KALIBRERING:

$$G = \frac{A}{N}$$

- 2) Dersom geometrifaktoren  $G$  er kjent, kan aktiviteten  $A$  beregnes:

MÅLING AV PRØVE:

$$A = G \cdot N \cdot V_f$$

$V_f$  er en vektfaktor (Se pkt. 9.3).

## 9.1 HALVERINGSTID

Ved kalibrering bestemmes en geometrifaktor, G, som når den multipliseres med N gir aktiviteten i prøven (Bq/kg). G bestemmes ved å måle en prøve med kjent aktivitet (standardboks). For å få frem den kjente aktiviteten må man ta hensyn til halveringstiden.

En radioaktiv prøve som ved et bestemt tidspunkt inneholder en viss mengde av en isotop, inneholder ikke den samme mengden ved et annet tidspunkt.

Eksempel:

Dersom en boks måles den 1/5-92 og resultatet blir at den inneholder 500 Bq/kg  $^{134}\text{Cs}$  vil denne aktiviteten avta over tid. Måles samme boks den 1/10-92 inneholder den 435 Bq/kg  $^{134}\text{Cs}$ . Grunnen til at aktiviteten avtar er at når et  $^{134}\text{Cs}$  atom avgir stråling går det over til et annet atom, nemlig  $^{134}\text{Ba}$ . Etter hvert som stråling avgis fra prøven blir det altså mindre og mindre  $^{134}\text{Cs}$  igjen.

Dersom vi fortsetter å måle på denne boksen, ser vi at den 1/6-94 vil innholdet være 250 Bq/kg  $^{134}\text{Cs}$ . Aktiviteten  $^{134}\text{Cs}$  har altså blitt halvert på disse to årene.

Den tiden det tar for at strålingen fra en isotop skal bli halvert, kalles en halveringstid.

Noen halveringstider, T:

$^{134}\text{Cs}$ :	T = 2.08 år
$^{137}\text{Cs}$ :	T = 30.1 år
$^{131}\text{I}$ :	T = 8.04 dager

Når halveringstiden og prøvens aktivitet ved et bestemt tidspunkt er kjent, er det mulig å bestemme hva prøven inneholder ved et annet tidspunkt ved hjelp av likningen:

$$A = A_0 e^{-\left(\frac{\ln 2}{T} \cdot t\right)}$$

$A_0$  = Kjent aktivitet ved et bestemt tidspunkt (Bq/kg)

A = Aktivitet ved et annet tidspunkt (Bq/kg)

T = Halveringstiden

t = Tiden mellom  $A_0$  og A

**NB!** samme enhet (dager, mnd, år) må brukes for T og t.

Ved kalibrering og kontroll av geometrifaktorer ved hjelp av standardboks, må man alltid bruke boksens aktivitet den dag undersøkelsen foretas.

## 9.2. BEREGNING AV GEOMETRIFAKTOR

Ved å måle en kjent prøve med både  $^{137}\text{Cs}$  og  $^{134}\text{Cs}$ , og der en kjenner totalaktiviteten, kan G beregnes.

$$G = \frac{A_1}{N_1}$$

$A_1$  = Total aktivitet av  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  i boksen (Bq/kg).

$N_1$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_1$ .

Normalt vil geometrifaktoren ligge på rundt 100 for en 3" krystall og rundt 200 for en 2" krystall. Ved normalt avvik større enn 30-50 %, kan det være feil på krystallen eller instrumentet er feil innstilt. I slike tilfeller bør SIS kontaktes.

## 9.3 BEREGNING AV AKTIVITETEN I EN PRØVE

### 9.3.1 BEREGNING AV VEKTFAKTOR

$$V_f = \frac{X}{V_p}$$

$V_p$  = Prøvens vekt i gram

$X$  = Vekt når boksen er helt fylt med prøvemateriale med egenvekt = 1. For en boks på 200 ml blir altså  $X = 200$  gram.

### 9.3.2. BEREGNING AV TOTAL Cs, $^{134}\text{Cs}$ + $^{137}\text{Cs}$ , - AKTIVITET I EN PRØVE

$A = N_1 * G * V_f$	(Bq/kg)
---------------------	---------

$N_1$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_1$

$G$  = Geometrifaktor

$V_f$  = Vektfaktor

## 10. INNLEGGELSE AV FORMLER I INSTRUMENTET

Dersom vi legger inn en formel i instrumentet kan denne foreta de ønskede beregninger (vi får aktiviteten i prøven i Bq/kg).

For beregning av aktiviteten av total Cs,  $^{134}\text{Cs}$  +  $^{137}\text{Cs}$  :

$F1 = (I1/LT - F3) * G$
-------------------------

- I1 = Integralet i  $R_1$
- LT = Telletid (sekund)
- F3 = Bakgrunnen  $B_1$  i  $R_1$  (telling pr. sekund) lagt inn i instrumentets funksjon F3
- G = Geometrifaktor i  $R_1$  (en tallverdi).

Prosedyre for å legge inn formlene i instrumentet:

Innleggelse av F1 :

<p>TRYKK:      "HARD KEYS"               MENU</p>	<p>"SOFT KEYS"</p> <p>ANALYZE DEFINE F1 CLEAR ALL CONTINU ETC ETC ( CONTINU INTEG</p>
<p>1 ENTER</p>	<p>CONTINU ETC / CONTINU ETC ETC LIVETIME CONTINU</p>

```

ETC
-
CONTINU
ETC
ETC
ETC
FUNC
F3
CONTINU
ETC
ETC
)
CONTINU
ETC
*
CONTINU
#
118                                     (Dersom geometrifaktoren er 118)
ENTER
END

```

Innleggelse av bakgrunnen i F3:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	
		ANALYZE
		DEFINE
		F3
		CLEAR
		ALL
		CONTINU
		#
	1.93	(Dersom B <sub>1</sub> er lik 1.93)
	ENTER	
		END

Nødvendige formler for instrumentet for å beregne total Cs:

$F1 = (I1/LT-F3)*G$ $F3 = B_1$
--------------------------------

## **11. RUTINER**

Dersom en ønsker å oppnå pålitelige resultater, må en viss kontroll av instrumentet skje jevnlig.

Hver morgen kontrolleres  $^{137}\text{Cs}$ -toppen , se pkt 4.

Annen hver uke måles bakgrunnen, med forutgående vask av blytårnet, se pkt.5.

Hver fjerde uke kontrolleres geometrifaktoren ved hjelp av standardboksen.

### **Prosedyre ved kontroll av geometrifaktorer:**

- Bakgrunnsmåling foretas, se pkt. 6.
- $^{137}\text{Cs}$  toppen kontrolleres, se pkt. 4.
- $I_1$  settes lik 18 000, se pkt. 8.
- Standardboksen måles, og  $I_1$  og  $L_1$  noteres.
- Aktiviteten beregnes, se pkt. 9.3.

Den beregnede aktiviteten sammenlignes med aktiviteten som boksen skal inneholde jfr. tilsendt liste med aktivitet/dato (denne listen benyttes ut 1992).

Beregn dagens aktivitet i standardboksen, se pkt. 9.1. Ved måling på total cesium benyttes halveringstiden for  $^{137}\text{Cs}$ . Ved avvik større enn 5 % må geometrifaktorene justeres, (beregning av geometrifaktorer, se pkt. 9.2.).



## 12. PREPARERING AV PRØVER

I hovedsak ønsker en å bestemme radioaktivitetsinnholdet i det en spiser. Man bør derfor fjerne f.eks. skall, store fruktsteiner, fett, sener, brusk, ben, fiskehud og innmat. Prøvemassen bør være mest mulig homogen. Det kan derfor være en fordel å kjøre prøvene i en mikser.

Ved alle typer bokser gjelder at boksen skal fylles med en homogen prøvemasse. Man skal ikke presse mest mulig prøvemasse i boksen, slik at boksen blir overfylt og lokket "buler" ut.

Ha plastpose rundt boksene før måling (unngå å forurense detektorens overflate).

Vekten av prøven skal være nettovekt. (Nettovekt = (boks + prøve) - boksens vekt.)

**GRESS** Gresset tørkes til konstant vekt og kuttes i biter og kjøres i mikser. Gresset fylles i prøveboks, slik at denne blir fylt opp. Prøven veies.

**LAV** Laven tørkes til konstant vekt og smuldres opp til en homogen masse. Laven fylles i prøveboks, og prøven veies.

**FISK** Fisk renses på vanlig måte, fileteres og kuttes opp i små biter. Fisken legges i prøveboks, og prøven veies.

**JORD** Jord tørkes til konstant vekt. Hele jordprøven veies. Jordprøven smuldres opp og kjøres i mikser. Stener og store røtter tas bort. Det man tar bort veies. Denne vekten skal trekkes fra vekten av hele jordprøven. (Jordprøvens vekt = vekt av hele jordprøven - vekt av stein.) Den homogene jordmassen fylles i prøveboks, og prøven veies.

For jord oppgir man ofte resultatet som Bq/m<sup>2</sup>,  

$$\text{Bq/m}^2 = (\text{Bq/kg} \cdot \text{jordprøvens vekt}) / \pi \cdot r^2$$
, der  $r$  = radius på prøven

**KJØTT** Bruk så rent kjøtt som mulig, kjøttet kuttes i små biter, legges i prøveboks og veies.

### BÆR OG GRØNNSAKER

Vaskes og kuttes i små biter (evt. i mikser). Legges i prøveboks og veies.

### MELK OG HONNING

Ingen preparering er nødvendig, men en må være forsiktig så prøvemassen ikke renner ut over kantene på boksen. Boksene er ikke helt tette, og bruk av ekstra plastpose anbefales. Prøven helles i prøveboks og veies.

**SOPP** Sopp kan måles i frisk tilstand eller tørket. Dette må en oppgi ved presentasjon av resultatet. Frisk sopp kuttes i små biter. Tørket sopp kjøres i en mikser (kuttes i små biter). Soppen fylles i prøveboks (man bør ikke ha en "for luftig" prøve). Prøven veies.

For å få sikrere måleresultater og eliminere mulige systematiske feil bør prøveboksen fylles med en mest mulig homogen prøve til kanten (volum 200 ml). For prøvemasse med egenvekt på 1, vil dette tilsvare 200 gram.

Prøven veies, og når vekten avviker fra 200 gram, korrigeres måleresultatet med en vektfaktor,  $V_f$ .

$$V_f = \frac{200}{\text{prøvens vekt (i gram)}}$$

Ved bruk av annen boks setter man inn denne boksens volum istedenfor 200 i formelen ovenfor. Tallverdien en får ved bruk av formlene innlagt i instrumentet må multipliseres med  $V_f$  for å få riktig resultat for Bq/kg.

### 13. RUTINEMÅLINGER

Det er i hovedsak to fremgangsmåter som kan benyttes. Er hensikten med undersøkelsen av prøven kun å kontrollere om aktiviteten er over eller under tiltaksgrensen ( 600 Bq/kg osv.) settes telletiden til 10 minutter.

Resultater fra prøver med aktivitet mindre enn 100 Bq/kg vil bli usikre ved så korte telletider. For å oppnå et sikrere resultat, bør tellingen pågå til et gitt antall tellinger oppnås i et område R. Vanligvis settes dette til 5 000 tellinger i R<sub>1</sub>.

For at instrumentet skal stoppe etter 600 sekunder:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
		LIVETM
	600	
	ENTER	

For at instrumentet skal stoppe etter 5 000 tellinger i R<sub>1</sub>:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
		INTEG
	5000	
	ENTER	
	1	
	ENTER	

#### Måleprosedyre:

Prøven settes i blytårnet.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	CLEAR DATA	
		DATA
	COLLECT	

Når instrumentet har stoppet kan aktiviteten beregnes.

TRYKK:	"HARD KEYS" MENU	"SOFT KEYS"  COMPUTE FUNC F1
--------	---------------------	--

Resultatet, multiplisert med  $V_1$ , vil da gi den totale Cs-aktiviteten i prøven, angitt som (Bq/kg). Integralet,  $I_1$ , telletiden  $L_1$  og resultatet av F1 noteres.

For å komme tilbake til utgangspunktet:

TRYKK:	"HARD KEYS" MENU	"SOFT KEYS"
--------	---------------------	-------------

# VEDLEGG

## A. MÅLING AV ANDRE ISOTOPER

De radioaktive isotopene som sender ut  $\gamma$ -stråling gjør det med helt bestemte energier som er karakteristisk for stoffet. Enkelte isotoper sender ut stråling i flere energiområder. Et spekter med bare  $^{134}\text{Cs}$ , og et spekter med bare  $^{137}\text{Cs}$  er vist i fig. 8 og 9.  $^{134}\text{Cs}$  har to topper. Den ene toppen ligger nært energien til  $^{137}\text{Cs}$ , mens den andre toppen ligger noe lenger til høyre. Området for den høyre toppen kalles  $R_2$ , og ligger i kanalområde: 491 - 572.

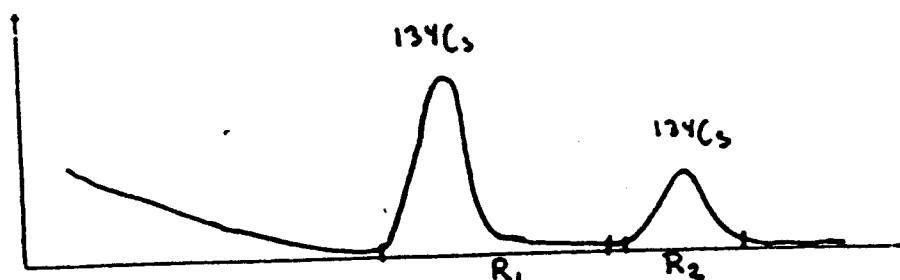


Fig.8 Et spekter av  $^{134}\text{Cs}$  med to topper

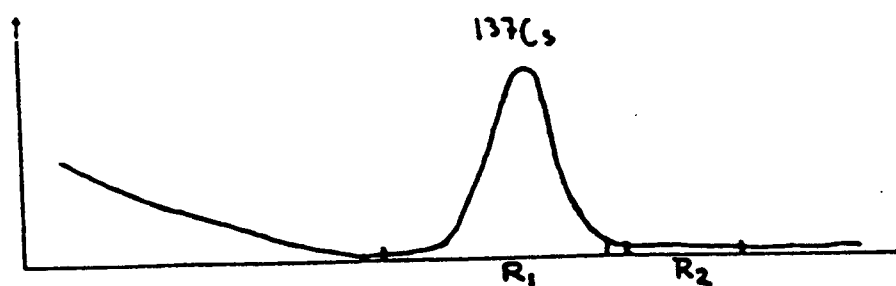


Fig.9 Et spekter av  $^{137}\text{Cs}$  med kun en topp

### A.1 MÅLING AV $^{134}\text{Cs}$ - AKTIVITETEN I EN PRØVE

Prosedyre for innleggelse av  $R_2$  i instrumentet:

TRYKK: "HARD KEYS" "SOFT KEYS"

CHANGE ROI

CREATE

#

2

ENTER

#

491

ENTER

572

ENTER

MENU

Aktiviteten  $A_2$  av  $^{134}\text{Cs}$  i en prøve kan beregnes etter følgende formel:

$A_2 = N_2 * G_2 * V_f \quad (\text{Bq/kg})$
--

$N_2$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_2$

$G_2$  = Geometrifaktor i  $R_2$

$V_f$  = Vektfaktor

Før måling må instrumentet kalibreres, og geometrifaktoren  $G_2$  beregnes. Ved å måle  $^{134}\text{Cs}$  i  $R_2$  beregnes geometrifaktoren  $G_2$ :

$$G_2 = \frac{A_2}{N_2}$$

$A_2$  = Aktiviteten av  $^{134}\text{Cs}$  i en kjent prøve (Bq/kg).

$N_2$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_2$

Formler som legges inn i instrumentet for å beregne  $^{134}\text{Cs}$ -aktiviteten blir da:

$\begin{aligned} F2 &= (I2/LT-F4) * G_2 \\ F4 &= B_2 \end{aligned}$
---

## A.2 MÅLING AV $^{137}\text{Cs}$ - AKTIVITETEN I EN PRØVE

Dersom en har både  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  i en prøve, og ønsker å måle disse isotopene hver for seg, må aktiviteten av  $^{137}\text{Cs}$  beregnes ved å trekke fra den delen i  $R_1$  som er representert av  $^{134}\text{Cs}$ . Det kan gjøres ved at vi kjenner forholdet mellom de to  $^{134}\text{Cs}$  toppene i  $R_1$  og  $R_2$  som er konstant. Dette tallet kan beregnes ved å telle en ren  $^{134}\text{Cs}$  prøve. Ved å ta forholdet mellom nettotellinger pr. sekund i de to toppene finner vi at:

$$N_1/N_2 = 2.18 \text{ for en } 2'' \times 2'' \text{ krystall}$$

$$N_1/N_2 = 1.94 \text{ for en } 3'' \times 3'' \text{ krystall}$$

Aktiviteten,  $A_1$  av  $^{137}\text{Cs}$  i en prøve kan beregnes etter følgende formel:

$A_1 = (N_1 - 2.18 \cdot N_2) \cdot G_1 \cdot V_f \quad (\text{Bq/kg})$
---

$N_1$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_1$

$N_2$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_2$

$G_1$  = Geometrifaktor i  $R_1$

$V_f$  = Vektfaktor

NB! Faktoren 2.18 er her brukt, dvs. formelen er for en 2'' krystall. Dersom en har en 3'' krystall skal faktoren 1.94 brukes.

Geometrifaktoren  $G_1$  beregnes ved å måle en prøve inneholdende bare  $^{137}\text{Cs}$  med kjent aktivitet:

$$G_1 = \frac{A_1}{N_1}$$

$A_1$  = Aktiviteten av  $^{137}\text{Cs}$  i boksen (Bq/kg).

$N_1$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_1$ .



Ved å måle standardboks beregnes  $G_1$  og  $G_2$ :

$$G_1 = \frac{A_1}{N_1 - 2.18 \cdot N_2}$$

$A_1$  = Aktiviteten av  $^{137}\text{Cs}$  i standardboks (Bq/kg).

$N_1$  = Nettotellinger pr. sek. i  $R_1$ .

$N_2$  = Nettotellinger pr. sek. i  $R_2$ .

$$G_2 = \frac{A_2}{N_2}$$

$A_2$  = Aktiviteten av  $^{134}\text{Cs}$  i standardboks (Bq/kg).

$N_2$  = Nettotellinger pr. sek. i  $R_2$ .

Formler som legges inn i instrumentet for å måle  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  hver for seg blir:

$$\begin{aligned} F1 &= (I1/LT-F3) \cdot G_1 - (I2/LT-F4) \cdot G \\ F2 &= (I2/LT-F4) \cdot G_2 \\ F3 &= B_1 \\ F4 &= B_2 \end{aligned}$$

$F1$  = Aktivitet av  $^{137}\text{Cs}$   
 $I1$  = Integralet i  $R_1$   
 $LT$  = Telletid (sekund)  
 $F3$  = Bakgrunnen  $B_1$  i  $R_1$  (tellinger pr. sekund) lagt inn i instrumentets funksjon F3  
 $G_1$  = Geometrifaktor i  $R_1$  (en tallverdi).  
 $F2$  = Aktivitet av  $^{134}\text{Cs}$   
 $G_2$  = Geometrifaktor i  $R_2$  (en tallverdi).  
 $I2$  = Integralet i  $R_2$ .  
 $F4$  = Bakgrunnen  $B_2$  i  $R_2$  (tellinger pr. sekund) lagt inn i instrumentets funksjon F4.  
 $G$  =  $2.18$  (eller  $1.94$ )  $\cdot G_1$  (en tallverdi).

For innleggelse av formel i instrumentet se punkt 10.

### A.3 MÅLING AV $^{131}\text{I}$ - AKTIVITETEN I EN PRØVE

Fig. 10 viser et spekter av  $^{131}\text{I}$  med to topper. Toppen lengst til høyre vil komme inn i det tidligere definerte  $R_1$  område. Vi ønsker å definere et område  $R_3$  over den toppen som kommer til venstre og legger dette inn i kanalområde 220 - 270.

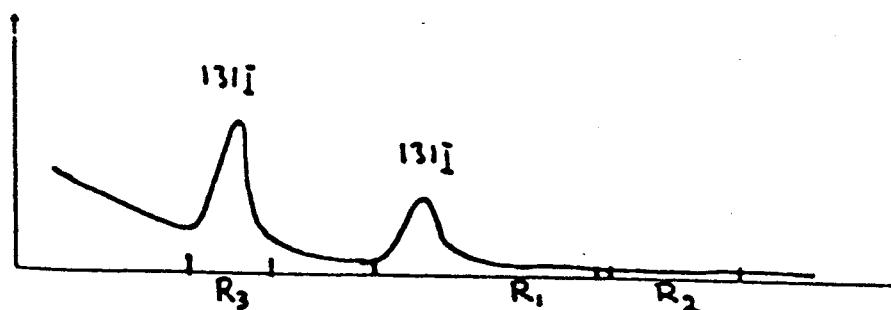


Fig. 10 Et spekter av  $^{131}\text{I}$  med to topper.

Prosedyre for innleggelse av  $R_3$  i instrumentet:

TRYKK:	"HARDKEYS"	"SOFT KEYS"
	CHANGE ROI	CREATE
	3	#
	ENTER	#
	220	
	ENTER	
	270	
	ENTER	
	MENU	

Aktiviteten  $A_3$  av  $^{131}\text{I}$  i en prøve kan beregnes etter følgende formel:

$A_3 = N_3 \cdot G_3 \cdot V_f$	$(\text{Bq/kg})$
---------------------------------	------------------

$N_3$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_3$

$G_3$  = Geometrifaktor i  $R_3$

$V_f$  = Vektfaktor

Før måling må instrumentet kalibreres, og geometrifaktoren  $G_3$  beregnes.

Ved å måle  $^{131}\text{I}$  i  $R_3$  beregnes geometrifaktoren  $G_3$ :

$$G_3 = \frac{A_3}{N_3}$$

$A_3$  = Aktiviteten av  $^{131}\text{I}$  i prøven (Bq/kg)

$N_3$  = Nettotellinger pr. sekund i  $R_3$

Formler som legges inn i instrumentet for å beregne  $^{131}\text{I}$ -aktiviteten blir da:

$$F3 = (I3/LT - F5) * G_3$$

$$F5 = B_3$$

$F3$  = Aktiviteten av  $^{131}\text{I}$

$I3$  = Nettotellinger pr. sek i  $R_3$ .

$LT$  = Telletid.

$F5$  = Bakgrunnen  $B_3$  i  $R_3$  (tellinger pr. sekund) lagt inn i instrumentets funksjon  $F5$ .

$G3$  = Geometrifaktor i  $R_3$  (en tallverdi).

Dersom en har en prøve der  $^{131}\text{I}$  er i kombinasjon med  $\text{Cs}$ , får vi en  $^{131}\text{I}$ -topp i  $R_1$  (se fig. 10) som vil forstyrre  $^{137}\text{Cs}$  bestemmelsen. I slike tilfeller må det beregnes en korreksjonsfaktor for dette.

## B. ENERGICALIBRERING - MÅLING AV UKJENTE ISOTOPER

Måleprosedyrene hittil, går kun på å måle kjente isotoper. Vi har egne prosedyrer for måling av  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  og vet hvor på spekteret disse toppene skal ligge, slik at vi har kunnet legge inn regioner/områder under disse toppene.

I enkelte tilfeller vet en ikke på forhånd hvilke isotoper som forekommer i prøven, og noen ganger dukker det opp topper på steder i spekteret som vi ikke har sett før. Dersom vi ønsker å identifisere denne isotopen (toppen), lar det seg gjøre ved å energikalibrere utstyret. Da vil hver kanal representere en eksakt energi uttrykt i eV, keV el. MeV. Skjermbildets linje 3 (se figur s.3) vil nå ikke vise markørens kanalnummer, men derimot energien som representerer den kanal markøren står i.

Dersom vi måler på en ukjent isotop, kan vi altså ved å plassere markøren i toppkanalen få opplysninger om hvilken energi denne isotopen har. Ved å benytte seg av eksisterende lister over isotoper og deres respektive  $\gamma$ -energier, kan isotopen identifiseres. Hver isotop sender ut stråling med en gitt energi, men en NaI krystall har ikke så god oppløsning slik at denne energien blir representert ved en "bred" topp. Ved bruk av en halvleder detektor (Ge) blir toppen mye "smalere", (se fig. 11). En NaI detektor egner seg best til kvantitative målinger og en Ge detektor til kvalitative.

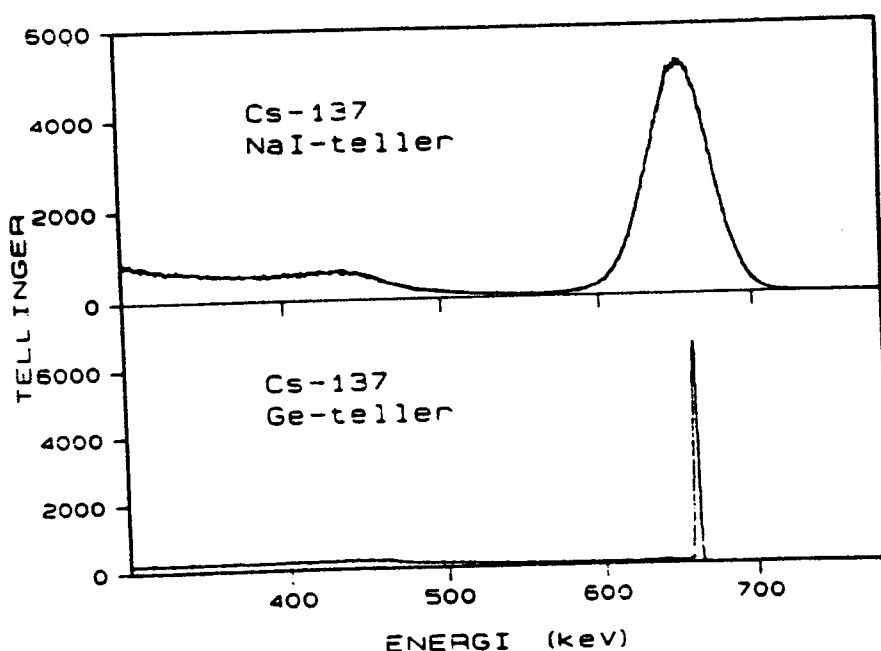
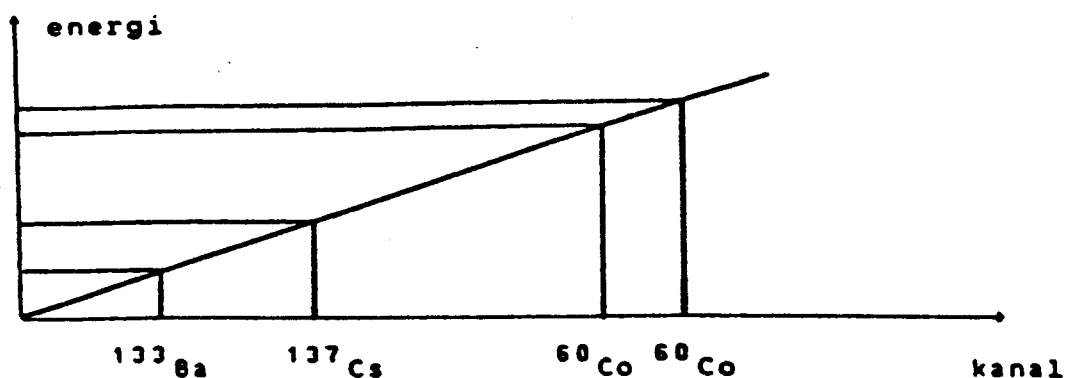


Fig. 11 Spekter av  $^{137}\text{Cs}$  målt med NaI-detektor (øverst), og halvlederdetektor (nederst)

Vi bruker gjerne 4 radioaktive kilder med kjente  $\gamma$  - energilinjer til å konstruere en kalibreringskurve i instrumentet der sammenhengen mellom kanalnr. og energi blir gitt.



*Fig. 12 Energikalibrering av spekter*

Denne kurven trekker instrumentet alltid som en rett linje, tilpasset etter de punkter som blir lagt inn. Derfor blir kurven riktigere jo flere punkter som gis.

#### Prosedyre for å energikalibrere instrumentet:

I dette eksemplet benytter vi oss av følgende isotoper:

$^{133}\text{Ba}$ :	$\gamma$ - energi	360 keV
$^{137}\text{Cs}$ :	$\gamma$ - energi	661 keV
$^{60}\text{Co}$ :	$\gamma$ - energi	1170 keV og 1330 keV

Kontroller først at  $^{137}\text{Cs}$  - toppen ligger i kanal nr. 440. Deretter ønsker vi å finne hvilke kanaler de forskjellige toppene kommer i. En og en kilde plasseres på detektoren og man tar opp et spekter av hver av disse. Noter så i hvilke kanaler de forskjellige toppene har sitt maksimum.

Ved vår måling fant vi følgende:

$^{133}\text{Ba}$ :	$\gamma$ - energi	360 keV	Topp i kanalnr. 240
$^{137}\text{Cs}$ :	$\gamma$ - energi	661 keV	Topp i kanalnr. 440
$^{60}\text{Co}$ :	$\gamma$ - energi	1170 keV	Topp i kanalnr. 744
$^{60}\text{Co}$ :	$\gamma$ - energi	1330 keV	Topp i kanalnr. 833

Resultatene legges inn i instrumentet på følgende måte:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	ECAL CLEAR YES UNITS ENERGY KEV FIT #
	240 ENTER 360 ENTER	
	440 ENTER 661 ENTER	FIT #
	744 ENTER 1170 ENTER	FIT #
	833 ENTER 1330 ENTER MENU	FIT #

Legg merke til at markørlinjen endrer seg til å vise energien i keV. Dersom en energikalibrering er lagt inn i instrumentet, kan en selv velge om en vil foreta en vanlig måling eller om en vil identifisere topper v.h.a. energikalibrering.

For å endre fra energi- til kanalmodus:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	ECAL OFF
	MENU	

For å endre fra kanal- til energimodus:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	
	MENU	ECAL

## **C. BRUK AV KASSETTSPILLER - OVERFØRING AV SPEKTER OG FUNKSJONER**

For å lagre et spektrum eller en funksjon, må en overføre det fra instrumentet til f.eks. kassettbånd eller PC. Dersom en får problemer med å tilbakespille data til instrumentet kan det være på tide å rengjøre båndspilleren. Som en generell regel bør en rengjøre og avmagnetisere båndspilleren etter 10-20 timers bruk.

Båndspilleren koples til J103 på instrumentet se fig. 1.

### Prosedyre ved overføring av spekter til kassettbånd:

- Volum og tone settes på maks.
- Noter tallet på telleverket.
- Båndspilleren settes i RECORD-PLAY.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	READ	•
		OUT
		TAPE
		ALL
	ENTER	

Mens overføringen pågår vises READ på skjermen.

### Prosedyre ved tilbakespilling til instrumentet:

Ved tilbakespilling av spekter må skjermen være tom og høyspenningen slått av.

- Kassettbåndet spoles til begynnelsen av spektrumet, REWIND.
- Båndspiller settes i PLAY.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	CLEAR DATA	
		DATA
	STATUS	
		CONTINUE
		SETUP
		HVPS
		OFF
	MENU	
	READ	
		IN
		TAPE

Mens overføringen pågår vises READ på skjermen.



Prosedyre ved lagring av funksjoner på kassettbånd:

- Noter tallet på telleverket.
- Båndspilleren settes i RECORD-PLAY.

TRYKK:	"HARD KEYS" MENU	"SOFT KEYS"  ANALYZE SAVE FUNCTIONS TAPE
	ENTER	

Mens overføringen pågår vises READ på skjermen.

Prosedyre ved tilbakespilling av funksjoner til instrumentet:

- Før tilbakespilling må evt. innlagte formler slettes.
- Kassettbåndet spoles til start telletall, REWIND.
  - Båndspilleren settes i PLAY.

TRYKK:	"HARD KEYS" MENU	"SOFT KEYS"  ANALYZE DEFINE F1 CLEAR ALL
	CLEAR ENTRY	F2 CLEAR ALL
	CLEAR ENTRY osv. for F3, F4 og F5 MENU	
	MENU	ANALYZE LOAD FUNCTIONS TAPE

Mens overføringen pågår vises READ på skjermen.

**D. VANLIGE FEILMELDINGER**

BATLOW	Batterispenningen er mindre enn 6 V; batteriet kan levere strøm i ca 30 min til.
ERR1	Parametre er ikke lest pga: a) HVPS jumper plug er ikke kompatibel med innlagte parametre; polaritet eller spenningsområde er annerledes. b) COLLECT er aktiv (instrumentet teller) c) Høyspenning på. Både knapp bak på instrumentet og HVPS dialog må settes OFF.
ERR2	Stabilisator kan ikke settes ON fordi HVPS jumper plug ikke står positiv, i 1 kV- område.
ERR3	HVPS er forsøkt satt utenfor gjeldende spenningsområde.
ERR4	Stabilisatoren har drevet utenfor sitt korreksjonsområde. (Korrigeres ved å sette stabilisator OFF).
ERR5	Ulovlig ROI (stopp kanal lavere enn start kanal).
ERR6	Ulovlig ROI stopp kanal; overskrider maksimum kanal i aktivt minneområde.
ERR9	Paritetsfeil (innlesing av data)
ERR10	"Framing"feil (innlesing av data)
ERR11	Både paritets- og "framing"feil (innlesing av data).
ERR12	For mye data (innlesing)
ERR13	For mye data og paritetsfeil (innlesing av data).
ERR14	For mye data og "framing"feil (innlesing av data).
ERR15	For mye data, paritets- og "framing"feil (innlesing av data).
ERR16	Feil type fil forsøkt innlest (f.eks. sekvensfil innlest som funksjonsfil).
ERR17	Ødelagt data blokk i spekterheader er innlest.

ERR20	Overflyt, funksjonslikningen er for lang.
ERR21	Ulovlig funksjonskall; funksjon F1 kan ikke kalles opp av funksjon $F > 1$ .
ERR22	Overflyt i brukerstack; funksjonslikningen er for lang.
ERR23	Underflyt i brukerstack; funksjonslikningen er ufullstendig.
ERR24	Brukerstack er uløselig, f.eks. det er flere begynnende parenteser enn avsluttende parenteser.
ERR25	Udefinert ROI i likningen.
ERR26	Meningsløs bruk av operator i likningen.
ERR30	Overflyt, læresekvensen er for lang.
ERR50	Forsøk på å legge inn mer enn 50 ROI via CREATE ROI NEXT funksjonen. Overtallige ROI vil legges til ROI #50.
ERR55	Kan ikke utføre forespurte input/output, da nødvendig utstyr ikke er installert.

Feilmelding 9 til 17 opptrer vanligvis i forbindelse med innlesing av spektre fra kassettpiller, og skulle derfor ikke forekomme ved vanlig bruk.

For å fjerne en feilmelding fra skjermen, trykkes CLEAR ENTRY på frontpanelet.

Noen ganger hjelper det å skru apparatet helt av RESET, (RST) la det stå av i ca 30 sekunder, og deretter på igjen. Alle LORAKON-parametrene må da legges inn på nytt.

#### Vanlige problemer i forbindelse med bruk:

1) Det kommer ikke noe spekter på skjermen:

a) sjekk koplingene fra instrument til detektor. Sjekk om noe er koplet feil, eller om det er brudd i kabler eller kontakter. Etter mye bruk hender det at det blir brudd i overgangen kontakt/kabel.

b) sjekk om høyspenning til detektoren er på.

c) sjekk om forforsterkeren ser OK ut.

d) sjekk detektoren. Bruk samme apparatoppsett, men annen detektor (om mulig). Detektoren kan ikke repareres, men må erstattes med en ny.

2) "Ingenting virker", skjermen er blank, eller det skjer ikke noe fornuftig når en trykker på "HARD KEYS":

a) sjekk batteriene, er det dårlig med spenning? Er instrumentet koplet til nettspenning?

b) fuktighet i instrumentet kan forårsake kortslutning, og ingenting virker. Sett instrumentet til tørking, og vent noen døgn.

3) Det er ikke mulig å se hvilken kanal markøren står i, i stedet for "C@440" står det "?":

a) Instrumentet forventer en energikalibrering som ikke finnes, og prøver å angi markørens plassering i energi i stedet for kanalnummer. Ved å trykke på MENU, ECAL kommer en inn i kalibreringsmenyen. ECAL må settes OFF før instrumentet er tilbake i "normal" innstilling der markørens posisjon oppgis i kanalnummer.

4) Det kommer ikke opp noen topp når testkilde med  $^{137}\text{Cs}$  brukes:

a) sjekk at AMP:GAIN verdien er omtrent som før

b) sjekk koplinger til detektor

c) sjekk høyspenning

d) i verste fall er detektoren ødelagt

5) Cs-toppen ligger ikke rolig, men driver:

a) sannsynligvis har detektoren vært utsatt for temperatursvingninger, og har ennå ikke stabilisert seg. Frosne eller varme prøver bør ikke måles direkte på detektoren.

b) noen instrumenter/detektorer driver. Dersom toppen ikke forflytter seg nevneverdig i løpet av telletiden, har dette ikke innvirkning på måleresultatene. Toppene må hele tiden være innenfor telleområdet. GAIN-verdien må justeres ofte.

**E. ORDLISTE**

<b>ADC</b>	Analog to Digital Converter. Elektronisk instrument som genererer digitale ord som representerer størrelsen på et analogt signal.
<b>AMPLIFIER</b>	Forsterker
<b>AREA</b>	Antall tellinger i et gitt område som er over et bestemt bakgrunnsnivå. Tilsvarende områdets integral minus bakgrunn.
<b>BATLOW</b>	Batterispenning under 6 V.
<b>BUFFER</b>	Et område av minnet som brukes for midlertidig lagring av data.
<b>CHANNEL</b>	En MCA minne plassering for lagring av spekter-data.
<b>CLEAR DATA</b>	Fjerner data fra spektret.
<b>CLEAR ENTRY</b>	Fjerner inntasting
<b>COLLECT</b>	En MCA funksjon som lagrer data i minne (MEMORY)
<b>CPU</b>	Central Processing Unit. F.eks en computer eller mikroprosessor.
<b>CURSOR</b>	En vertikal markør på MCA'ens skjerm. Markøren kan flyttes til en bestemt kanal eller REGION OF INTEREST (ROI), skjermbildet viser markørens posisjon og antall tellinger i kanalen som tall på venstre side av skjermen.
<b>DEAD TIME</b>	Dødtid, den tiden det tar for ADC'en til å bearbeide et signal og er klar til å ta imot neste signal. Uttrykkes ofte prosentvis.
<b>DEFAULT</b>	Standardverdi for PARAMETER i et program, dersom brukeren ikke har lagt inn en annen verdi.
<b>DISPLAY</b>	Skjerm
<b>ENERGY CALIBRATION</b>	En MCA-funksjon som kalibrerer spektret med hensyn til energi. Ved energikalibrering kan ukjente topper i spektret identifiseres ved deres energi/plassering i det kalibrerte spektret.

<b>EXPAND</b>	En MCA-funksjon som utvider et spekterområde til full bredde på skjermen, for nærmere granskning.
<b>FUNCTION</b>	En brukerdefinert matematisk likning som kan beregnes av MCA'en.
<b>FWHM</b>	Full Width at Half Maximum, halverdibredde. Toppens bredde måles halvveis på maksimum utslag. Definerer oppløsningen (RESOLUTION) til et spekter.
<b>GAIN</b>	Forsterkning
<b>INPUT/OUTPUT</b>	Innlasting av data eller lagring av data fra MCA til et eksternt instrument, f.eks. kassettspiller eller PC.
<b>INDEX</b>	En MCA-funksjon som flytter markøren fra et ROI til et annet.
<b>INTEGRAL</b>	Sum av absolutt antall tellinger i alle kanalene innenfor et gitt område.
<b>INTENSIFY</b>	Gjør et område av spekteret mørkere, slik at ROI-områdene blir mørkere enn resten av spekteret.
<b>LIVE TIME</b>	Telletid. Den tiden ADC'en ikke er opptatt med å bearbeide et signal.
<b>LLD</b>	Lower Level Discriminator. En komparator som sender ut et logisk signal når innkommende signal overskrider en viss referansespenning satt på forhånd.
<b>MCA</b>	MultiChannel Analyzer. Et instrument for lagring av spekterdata i minne, for senere analyse.
<b>MCS</b>	MultiChannel Scaling. Fordeling av hendelser i forhold til tid.
<b>MEMORY</b>	Et elektronisk medium for lagring av data. Inndeling av spekter i deler (minne).
<b>NORMALIZE</b>	En MCA-funksjon som justerer spekterdata ved addisjon/multiplikasjon av brukerdefinerte faktorer. Brukes til å justere data slik at de kommer innenfor et visst område.
<b>OFFSET, ADC</b>	Et digitalt skifte av ADC'ens null-kanal. Flytter hele spekteret det valgte antall kanaler, (se ZERO, ADC).

<b>PARAMETER</b>	En variabel med konstant verdi for en bestemt anvendelse.
<b>PARITY</b>	En selvkontrollerende binær kode, der det totale antallet enere (eller nuller) i strengen alltid er likt eller alltid ulikt.
<b>PEAK</b>	En statistisk fordeling av digitalisert energidata for en radioisotop.
<b>PEAK CHANNEL</b>	Kanalnummer nærmest toppen i en radioisotops energifordeling.
<b>PRESET</b>	Forhåndsinnstille
<b>PULSE HEIGHT ANALYSIS, PHA</b>	Fordeling av amplituder over frekvens eller antall utsendelser.
<b>RANGE, ADC</b>	En full-skala adresse til ADC'ens del av minnet.
<b>REGION OF INTEREST, ROI</b>	Et område av MCA'ens spekter som inneholder data av særlig interesse, f.eks en topp (PEAK).
<b>RESOLUTION</b>	Oppløsning, forsterkerens eller detektorens evne til å skille mellom to topper som ligger nært hverandre i energi. Jo smalere toppene er, jo bedre er oppløsningen. Måles som halverdibredde (FWHM).
<b>SCA</b>	Single Channel Analyzer. Gjenkjenner pulser som ligger mellom to spenningsbegrensninger (LLD og ULD) satt av brukeren. Gir en logisk puls for hver gjenkjent puls.
<b>SPECTRUM</b>	En fordeling av strålingsintensitet som funksjon av energi eller tid.
<b>TRUE TIME</b>	Reell tid (klokke tid), i motsetning til LIVE TIME.
<b>ULD</b>	Upper Level Discriminator. En sammenlikner som gir en logisk puls når innkommende signal overskrider en på forhånd satt referansespenning.
<b>VFS</b>	Vertical Full Scale. Maksimal mengde data (antall tellinger) som kan vises på skjermens vertikale akse.
<b>ZERO, ADC</b>	En innstilling som setter ADC'ens null-energi kanal lik minnets kanal null.