



ARBEIDSDOKUMENT

1992 : 6

BRUKERVEILEDNING FOR CANBERRA SERIE 10

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

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

Vi følte derfor behov for å revidere kompendiet, og måling av ^{137}Cs , ^{134}Cs og ^{131}I står nå beskrevet i 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

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, which is used for measuring radioactivity in a.o. the LORAKON-system.

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

We therefore felt a need to revise the manual, and measuring of ^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{131}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 LORKON-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}Cs -toppen	side 11
5. Bestemmelse av ROI-område	side 13
6. Start og stopp av målinger	side 15
7. Bakgrunnsmåling	side 17
8. Kalibrering av detektoren	side 18
9. Beregninger	side 20
9.1. Halveringstid	side 21
9.2. Beregning av geometrifaktor	side 22
9.3. Beregning av aktiviteten i en prøve	side 22
9.3.1. Beregning av vektfactorer	side 22
9.3.2. Beregning av Cs-aktivitet	side 22
10. Innleggelse av formler i instrumentet	side 23
11. Rutiner	side 25
12. Preparering	side 26
13. Måling - rutinemålinger	side 28

VEDLEGG

A. Måling av andre isotoper	side 31
A.1 Måling av ^{134}Cs -Aktivitet	side 32
A.2 Måling av ^{137}Cs -aktivitet	side 33
A.3 Måling av ^{131}I -aktivitet	side 35
B. Energikalibrering	side 37
C. Bruk av kassettspiller - Overføring av spekter og funksjoner	side 41
D. Vanlige feilmeldinger	side 43
E. Ordliste	side 46

1. MONTERING AV INSTRUMENTET

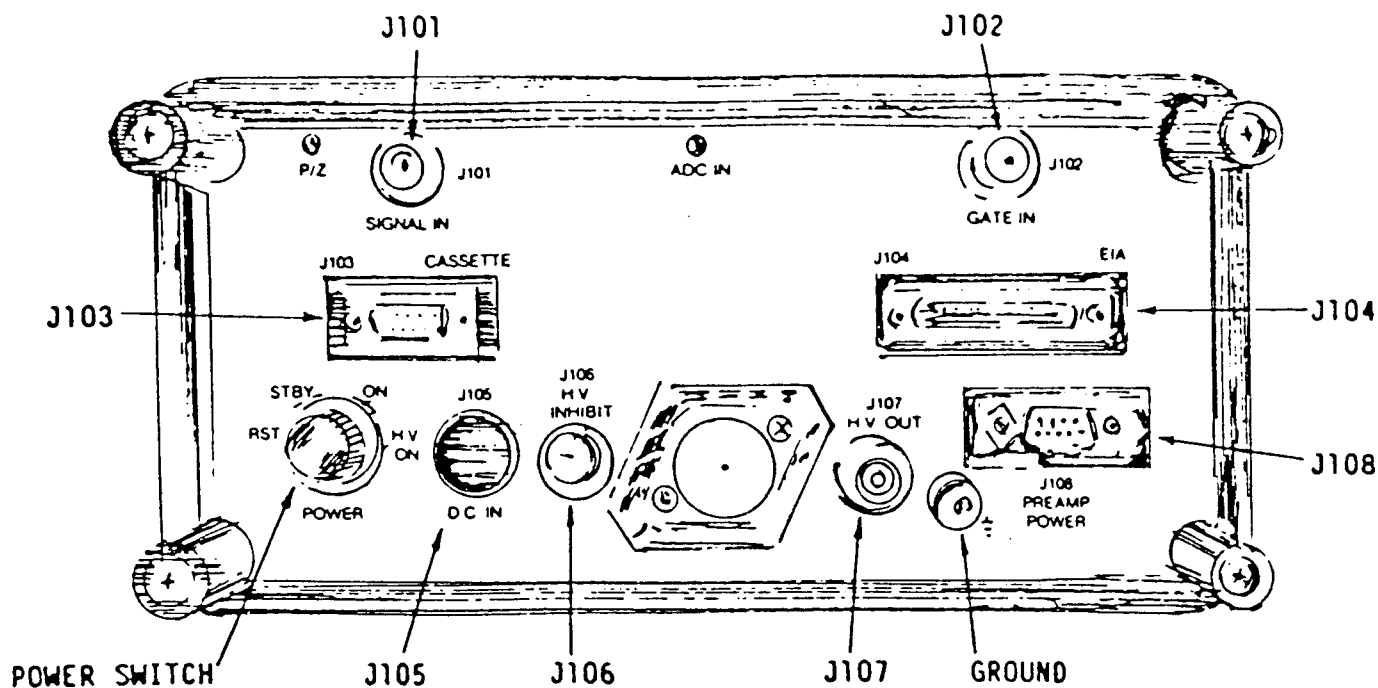


Fig.1 Instrumentets baksida

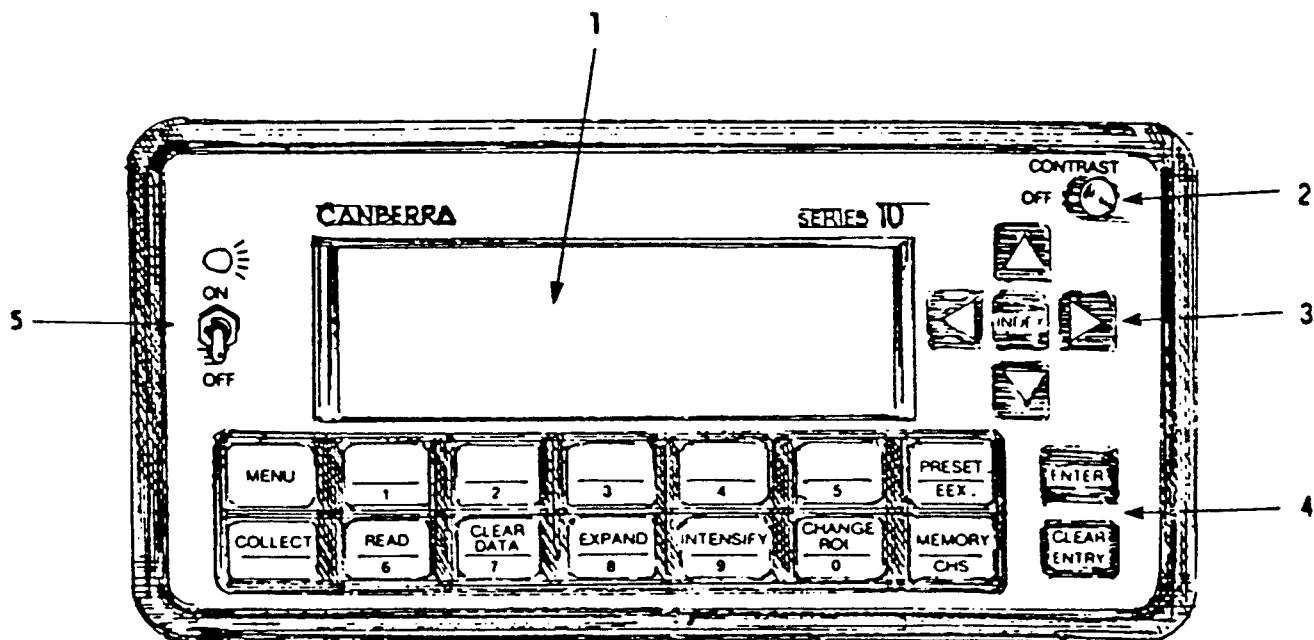


Fig.2 Instrumentets forside

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 kablen med de lengste koplingene er høyspenningskabelen. Spenningskabelen til forforsterkeren på detektoren er grå med firkantede kontakter.

Forforsterkeren er den enheten som monteres 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 dektorens 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

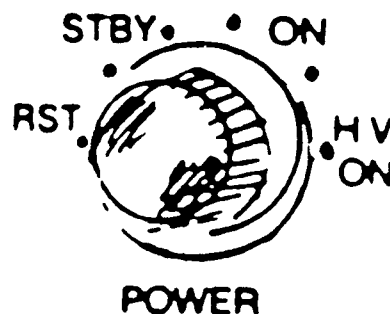
Laderen kan stå tilkople instrumentet i lenger tid, f.eks ved laboratoriedrift. Kontinuerlig lading vil imidlertid svekke batterienes spenningsnivå, og dermed minske levetiden til batteriene. Tester utført av Canberra viser at batteriene mister 33% av sin kapasitet etter kontinuerlig lading i seks måneder.

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 skrur 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 høyspenningsenheden 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

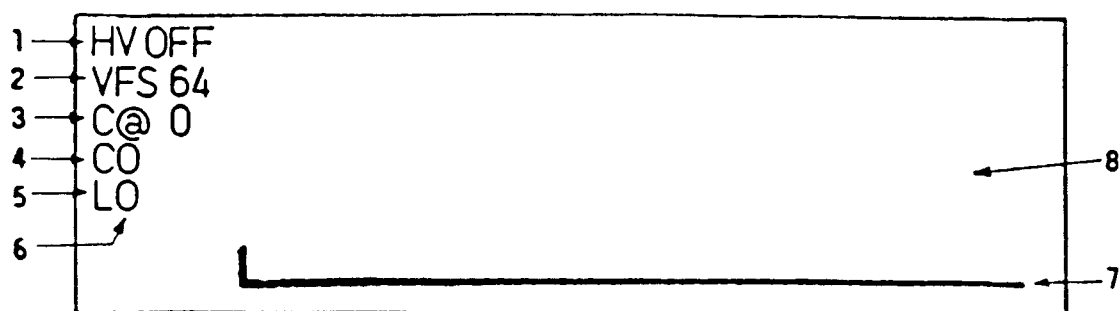


Fig.3 Skjerm bilde

- 1 - HV viser 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"	"SOFT KEYS"
	MENU	
		SETUP
		STATUS

For å komme ut av STATUS igjen:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	

Typiske statusverdier er vist i figur 4, neste side.

```

MEMORY 1/1 V1000-Xn dd mmm yy hh:mm
AMP: INPUT= POS TC=SLOW GAIN= 3.5000
SCA: LLD= 0% ULD= 110.0%
ADC: GAIN=4096 OFFSET= 0 ZERO= 0%
      PHA ADD PRESET= 1000s LT
HVPS: + 0V OFF STABLZ OFF
MODE: IDLE TAG= 0 EIA: 300
      AMP SCA ADC STATUS ETC

```

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"
	MENU	
		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"
	MENU	
		SETUP
		SCA
		LLD
		#
	CLEAR ENTRY	
	3	
	ENTER	
	ENTER	
	MENU	

3.3 INNDELING AV MEMORY

Instrumentets hukommelse kan deles inn i et visst antall deler, slik at flere spektere 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
	ENTER	

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"
	MENU	
		SETUP
		ETC
		HVPS
		SET
	CLEAR ENTRY	

780
ENTER
ENTER

(Dersom høyspenningen er 780 V)

ON

ENTER
MENU

4. KONTROLL AV ^{137}CS - TOPPEN

For alltid å vite hvilke energier som svarer til gitte kanaler plasseres ^{137}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.

Prosedyrer ved finjustering

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

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

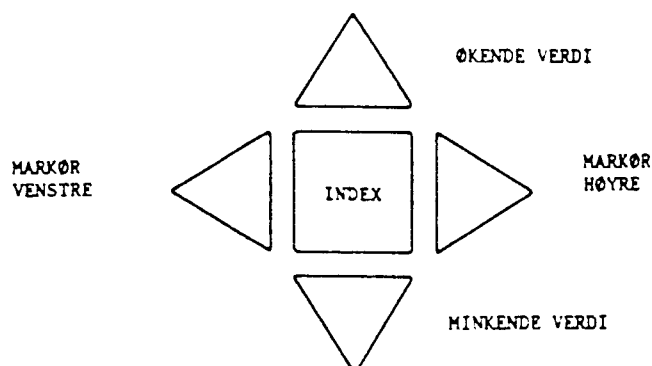


Fig. 5. Del av frontpanel, piltaster

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	
		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 Δ .

Kommer den til høyre, må AMP: GAIN reduseres ved å trykke ∇ . 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 fra den endrede gainverdien.

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

Prosedyre ved grovjustering

TRYKK:	"HARD KEYS" MENU	"SOFT KEYS" SETUP AMP GAIN #
	CLEAR ENTRY 10 ENTER 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.

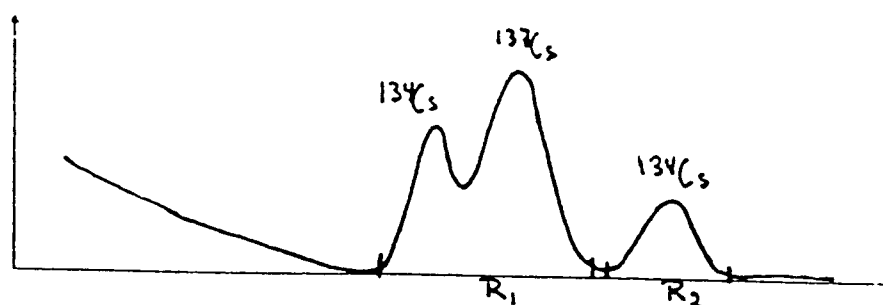


Fig.6 Et spekter av ^{134}Cs og ^{137}Cs i blanding

Ved å studere fig.6 ser vi at ^{134}Cs sender ut stråling med to forskjellige energier, mens ^{137}Cs bare sender ut stråling med en energi. En av toppene fra ^{134}Cs overlapper ^{137}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}Cs og ^{137}Cs .

Det området som inneholder de to toppene fra h.h.v. ^{134}Cs og ^{137}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	
	ENTER	
	MENU	

En bør kontrollere at de to toppene kommer innenfor det innlagte området, ved å ta opp et spekter av isotopene ^{134}Cs og ^{137}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 område 1, (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}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs	R_1	344 - 481
^{134}Cs	R_2	491 - 572
^{131}I	R_3	220 - 270

6. START OG STOPP AV MÅLINGER

En måling startes ved følgende:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	COLLECT	
		START
	ENTER	

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	
		STOP
	ENTER	

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	
		CHANGE
		LIVETM
	CLEAR ENTRY	
	600	
	ENTER	
	ENTER	

Instrumentet vil nå telle i 600 sekunder og deretter stoppe.

Forhåndsinnstilling av antall tellinger i et område: (f.eks. 10 000 tellinger i R₁):

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
		CHANGE
		INTEG

CLEAR ENTRY

10000
 ENTER
 1
 ENTER
 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
	ENTER	

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 KEYS"	"SOFT KEYS"
	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 KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	COMPUTE
		FUNC
		F1
	(eller F2, F3, F4 eller F5 avhengig av hvilken funksjon en ønsker å beregne resultatet med.)	
	ENTER	

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}Cs - toppen kontrolleres, se pkt. 4.

TRYKK:	"HARD KEYS" PRESET	"SOFT KEYS" CHANGE LIVETM
	CLEAR ENTRY 2 ENTER ENTER	

Måling startes:

TRYKK:	"HARD KEYS" COLLECT	"SOFT KEYS" START
	ENTER	

Etter to sekunder stopper instrumentet.

TRYKK:	"HARD KEYS" COLLECT	"SOFT KEYS" CONTINUE
	ENTER	

Instrumentet vil nå telle til det stoppes manuelt.

TRYKK:	"HARD KEYS" COLLECT	"SOFT KEYS" STOP
	ENTER	

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

8. KALIBRERING AV DEKTOREN (KRYSTALLEN)

Alle detektorer (krystaller) har ulik følsomhet for γ -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.

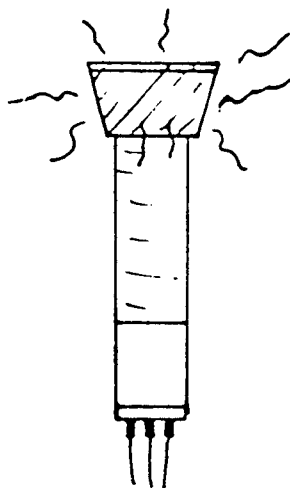


Fig. 7 Prøveboks plassert på en detektor

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. D.v.s. at vi må korrigere for den strålingen som ikke blir registrert, slik at den riktige aktiviteten kan beregnes. Det tallet vi må multiplisere det registrerte tallet 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. 7. ^{137}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	
		CHANGE
		INTEG
	CLEAR ENTRY	
	18000	

ENTER
1
ENTER
ENTER

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

Måling startes:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	COLLECT	
		START
	ENTER	

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

For å få frem resultatet:

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

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 i et område, 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 (N), pr. sekund 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: $A = G * N * V_f$

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

Dersom vi fortsetter å måle på denne standardboksen, ser vi at den 1/6-94 vil innholdet være 250 Bq/kg ^{134}Cs . Aktiviteten ^{134}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}Cs :	$T = 2.08$ år
^{137}Cs :	$T = 30.1$ år
^{131}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}Cs og ^{134}Cs , og der en kjenner totalaktiviteten, kan G beregnes.

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

A_1 = Totalaktivitet av ^{134}Cs og ^{137}Cs i boksen (Bq/kg).

N_1 = Nettotellinger pr. sekund i R_1 .

Normalt vil geometrien 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 VEKTFAKTORER

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

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}Cs + ^{137}Cs - AKTIVITETEN I EN PRØVE

$A_1 = N_1 * G * V_f \quad (\text{Bq/kg})$
--

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 dette foreta de ønskede beregninger (vi får aktiviteten i prøven i Bq/kg).

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

TRYKK: "HARD KEYS"
MENU

"SOFT KEYS"

ANALYSE
DEFINE
F1
CLEAR
ALL
CONTINU
ETC
ETC
(
CONTINU
INTEG

1
ENTER

CONTINU
ETC
/
CONTINU
ETC
ETC
LIVETIME
CONTINU
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:

"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
MENU	
	ANALYZE
	DEFINE
	F3
	CLEAR
	ALL
	CONTINU
	#
1.93	(Dersom B_1 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}Cs - toppen, se pkt 4.

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

Hver fjerde uke kontrolleres geometrifaktoren ved hjelp av standardboksen.

Prosedyre ved kontroll av geometrifaktorer

- Bakgrunnsmåling foretas, se pkt. 7.
- ^{137}Cs toppen kontrolleres, se pkt. 4.
- I_1 settes lik 18000, 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 liste benyttes ut 1992).

Beregn dagens aktivitet i standardboksen, se pkt. 9.1. Ved måling på total cesium benyttes halveringstiden for ^{137}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 fruktstener, 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, 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^2 :

$Bq/m^2 = (Bq/kg \cdot jordprøvens\ vekt) / \pi \cdot r^2$, 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 flest 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 istedet for 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. RUTINEMÅLING

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 usikere 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_1 .

For at instrumentet skal stoppe etter 600 sekunder:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
		CHANGE
		LIVETM
	CLEAR ENTRY	
	600	
	ENTER	
	ENTER	

For at instrumentet skal stoppe etter 5 000 tellinger i R_1 :

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	PRESET	
		CHANGE
		INTEG
	CLEAR ENTRY	
	5000	
	ENTER	
	1	
	ENTER	
	ENTER	

Måleprosedyre:

Prøven settes i blytårnet.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	COLLECT	
		START
	ENTER	

Når instrumentet har stoppet kan aktiviteten beregnes.

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

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

For å komme tilbake til utgangspunktet:

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	MENU	

VEDLEGG

A. MÅLING AV ANDRE ISOTOPER

De radioaktive isotopene som sender ut γ -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}Cs , og et spekter med bare ^{137}Cs er vist i fig. 8 og 9. ^{134}Cs har to topper. Den ene toppen ligger nært energien til ^{137}Cs , mens den andre toppen ligger noe lenger til høyre. Området for den høyre toppen kalles R_2 , og ligger i kanalområde: 491 - 572.

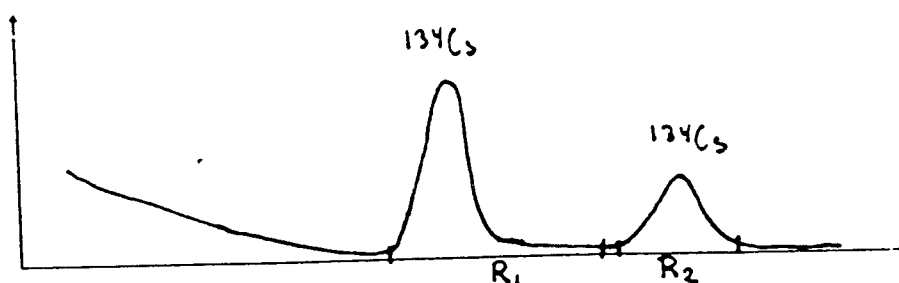


Fig.8 Et spekter av ^{134}Cs med to topper

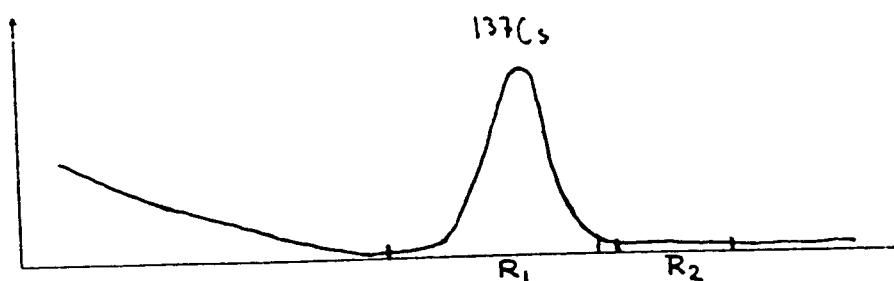


Fig.9 Et spekter av ^{137}Cs med kun en topp

A.1 MÅLING AV ^{134}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

ENTER

MENU

Aktiviteten av A_2 av ^{134}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}Cs i R_2 beregnes geometrifaktoren G_2 :

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

A_2 = Aktiviteten av ^{134}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}Cs aktiviteten blir da:

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

A.2 MÅLING AV ^{137}Cs - AKTIVITETEN I EN PRØVE

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

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

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

N_1 = Nettotellinger pr. sekund i R_1

Ved å måle standardboksen beregnes G_1 og G_2 :

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

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

N_1 = Nettotellinger pr. sekund i R_1

N_2 = Nettotellinger pr. sekund i R_2

Faktoren 2.18 brukes for 2''-krystall, og 1.94 for 3'' krystall.

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

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

N_2 = Nettotellinger pr sekund i R_2 .

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

$F1 = (I1/LT-F3) * G_1 - (I2/LT-F4) * G$ $F2 = (I2/LT-F4) * G_2$ $F3 = B_1$ $F4 = B_2$
--

F1 = Aktivitet av ^{137}Cs

I1 = Integralet i R_1

LT = Telletid (sekund)

F3 = Bakgrunn i 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}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) * G_1 (en tallverdi)

For innleggelse av formler i instrumentet se punkt 10.

A.3 MÅLING AV ^{131}I - AKTIVITETEN I EN PRØVE

Fig. 10 viser et spekter av ^{131}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 kanalområder 220 - 270.

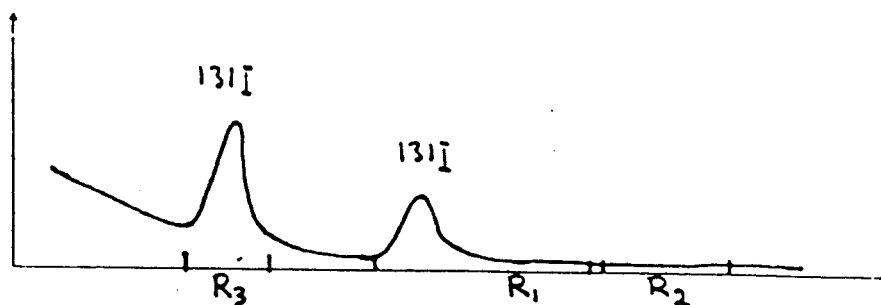


Fig. 10 Et spekter av ^{131}I med to topper

Prosedyre for innleggelse av R_3 i instrumentet:

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

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

$$A_3 = N_3 * G_3 * V_f \quad (\text{Bq/kg})$$

N_3 = Nettotellinger pr. sekund i R_3

G_3 = Geometrifaktor i R_3

V_f = Vektfaktor

Før måling må detektor og instrument kalibreres, og geometrifaktoren G_3 beregnes.

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

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

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

N_3 = Nettotellinger pr. sekund i R_3

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

$$\begin{aligned} F3 &= (I3/LT-F5) * G_3 \\ F5 &= B_3 \end{aligned}$$

$F3$ = Aktiviteten av ^{131}I

$I3$ = Nettotellinger pr. sekund 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}I er i kombinasjon med Cs , får vi en ^{131}I - topp i R_1 (se fig. 10) som vil forstyrre ^{137}Cs bestemmelsen. I slike tilfeller må det beregnes en korreksjonsfaktor for dette.

B. ENERGIKALIBRERING - MÅLING AV UKJENTE ISOTOPER

Måleprosedyrene hittil, går kun på å måle kjente isotoper. Vi har egne prosedyrer for måling av ^{131}I , ^{134}Cs og ^{137}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 indentifisere denne isotopen (toppen), lar det seg gjøre ved å energikalibrere utstyret. Da vil hver kanal representere en energi uttrykt i eV, keV el. MeV. Skjermbildets linje 3 (se figur s.6) 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 γ -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 målinger.

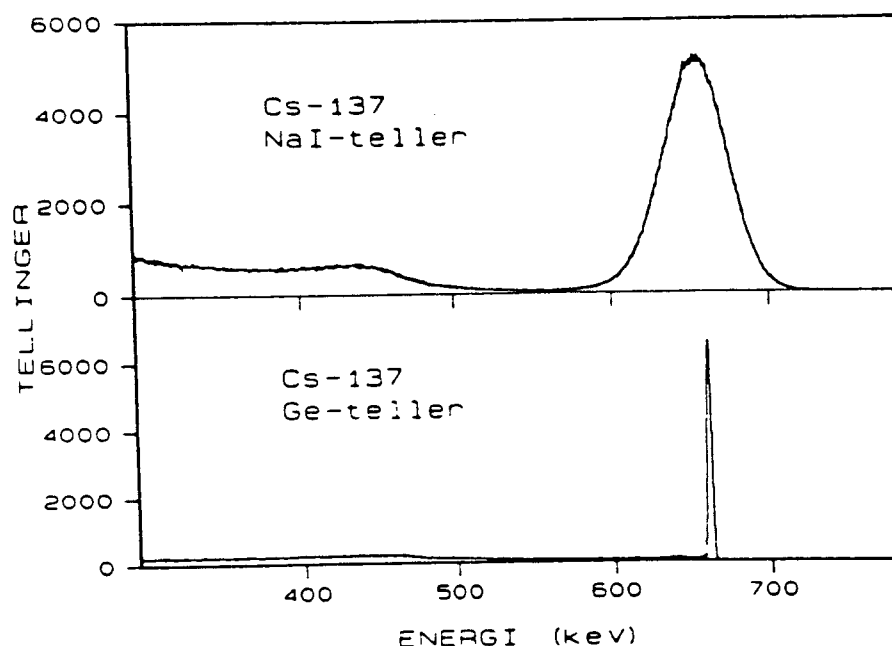


Fig.11 Spekter av ^{137}Cs målt med NaI-detektor (øverst), og halvlederdetektor (nederst)

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

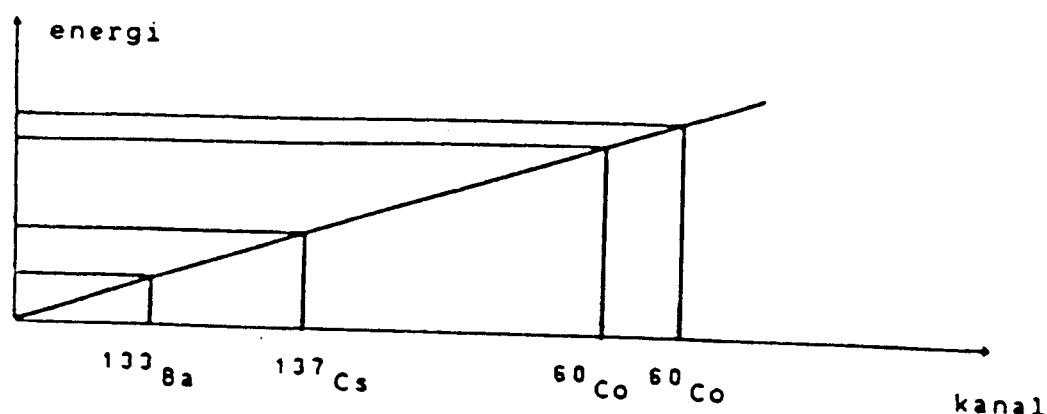


Fig. 12 Energikalibrering av spekter

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 energikalbrere instrumentet:

I dette eksemplet benytter vi oss av følgende isotoper:

^{133}Ba :	γ - energi	360 keV
^{137}Cs :	γ - energi	661 keV
^{60}Co :	γ - energi	1170 keV og 1330 keV

Kontroller først at ^{137}Cs - toppen ligger i kanal nr. 440. Deretter ønsker vi å finne ut i hvilke kanaler de forskjellige toppene kommer. 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}Ba :	γ - energi	360 keV	Topp i kanalnr. 240
^{137}Cs :	γ - energi	661 keV	Topp i kanalnr. 440
^{60}Co :	γ - energi	1130keV	Topp i kanalnr. 833
^{60}Co :	γ - energi	1330keV	Topp i kanalnr. 833

Resultatene legges inn i instrumentet på følgende måte:

TRYKK: "HARD KEYS" "SOFT KEYS"
MENU

	ECAL IS ENERGI KEV
ENTER	
	CLEAR
ENTER	
	#
240	
ENTER	
360	
ENTER	
ENTER	
	#
440	
ENTER	
661	
ENTER	
ENTER	
	#
744	
ENTER	
1170	
ENTER	
ENTER	
	#
833	
ENTER	
1330	
ENTER	
ENTER	
MENU	

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 IS CHANNEL
	ENTER	
	MENU	

For å endre fra kanal - til energimodus:

TRYKK: "HARD KEYS"
MENU

"SOFT KEYS"

ECAL
IS
ENERGY
KEV

ENTER
MENU

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	
	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.
- Båndspilleren settes i PLAY.

TRYKK:	"HARD KEYS"	"SOFT KEYS"
	CLEAR DATA	
		DATA
	ENTER	
	MENU	
		SETUP
		ETC
		HVPS
		OFF
	ENTER	
	MENU	
	READ	
		IN
		TAPE
	ENTER	

Mens overføringen pågår vises READ på skjermen.

Prosedyre ved lagring av funksjoner på kassettbånd:

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

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

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 p.g.a: 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.

Feilmelding 9 til 17 opptrer vanligvis i forbindelse med innlesing av spektre fra kassettspiller, 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}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

ADC	Analog to Digital Converter. Elektronisk instrument som genererer digitale ord som representerer størrelsen på et analogt signal.
AMPLIFIER	Forsterker
AREA	Antall tellinger i et gitt område som er over et bestemt bakgrunnsnivå. Tilsvarende områdets integral minus bakgrunn.
BATLOW	Batterispenning under 6 V.
BUFFER	Et område av minnet som brukes for midlertidig lagring av data.
CHANNEL	En MCA minne plassering for lagring av spekterdata.
CLEAR DATA	Fjerner data fra spektret.
CLEAR ENTRY	Fjerner inntasting
COLLECT	En MCA funksjon som lagrer data i minne (MEMORY)
CPU	Central Processing Unit. F.eks en computer eller mikroprosessor.
CURSOR	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.
DEAD TIME	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.
DEFAULT	Standardverdi for PARAMETER i et program, dersom brukeren ikke har lagt inn en annen verdi.
DISPLAY	Skjerm
ENERGY CALIBRATION	En MCA-funksjon som kalibrerer spekteret med hensyn til energi. Ved energikalibrering kan ukjente toppe i spekteret identifiseres ved deres energi/plassering i det kalibrerte spekteret.

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

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