



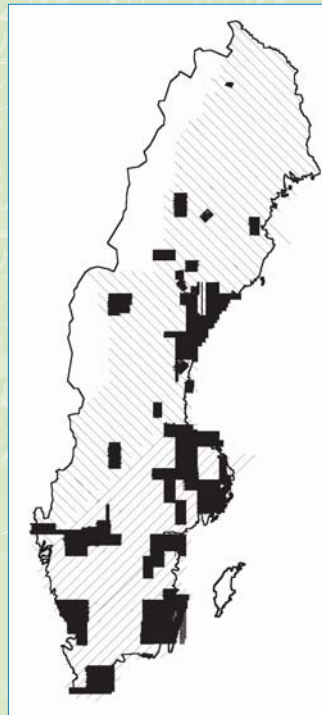
Sveriges Geologiska Undersökning

Beräkning av cesium-137

baserad på flygmätningar från år 1986 till 2000

På uppdrag av Statens Strålskyddsinstitut

Projekt P1075.98



Sören Byström

Beräkning av cesium-137 baserad på flygmätningar från år 1986 till 2000

SGU rapport
2001:9

SGU rapport
2001:9

Cesium-137 1986–2000



Shrike Commander med geofysisk mätutrustning är ett av de mätflygplan som använts under tidsperioden 1986 – 2000.

Cesium-137 beräknat ur flygmätningar utförda av
SGU/SGAB från och med 1986 tom 2000,
på uppdrag av SSI; Statens strålskyddsinstitut

Rapport SSI projekt SSI P 1075.98
SGU dnr 08-783/98

Sveriges Geologiska Undersökning

Uppsala 15 december 2000

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se
Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Summary

Geological Survey of Sweden (SGU) has carried out airborne geophysical measurements since beginning of the sixties.

After the Chernobyl nuclear plant accident 1986 to Year 2000, SGU has carried out airborne geophysical measurements as a total of 400 000 line km.

The Swedish Radiation Protection Institute (SSI) has financed a calculation of caesium-137 from these data, SSI project SSI P 1075.98.

Caesium-137 has been extracted from airborne geophysical data collected from 1986 to 2000 and delivered to SSI. All data are presented as if they were measured May 1986.

This report describes how calculation has been performed and which data are included.

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se

Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se

Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Sammanfattning

I slutet av april 1986 havererade en reaktor vid kärnkraftverket i Tjernobyli. Radioaktivitet från reaktorolyckan nådde Sverige de sista dagarna i april. Från och med den 1:a maj utförde SGABs flyggeofysik på uppdrag av SSI, landsomfattande mätningar för att detektera och kvantifiera det radioaktiva nedfallet över Sverige. Mätthöjden för flygningarna var 150 meter och linjeseparationen normalt 50 km och över de områden med det största nedfallet ned till 2 km. SSI erhöi som leveransmaterial kartor som visade beläggningen av cesium-137 över Sverige

I ett senare skede utförde flyggeofysiken, då tillbaka på SGU, en nybearbetning av data och denna gång erhöi SSI digitala data över cesium-137 nedfallet över Sverige. I denna rapport benämns dessa data "Tjernobyldata", för att skilja dessa från senare mätningar.

Flyggeofysikens rutinmässiga kartering på 30-60 meters höjd och med linjeseparation 200 meter fortsatte och under tidsperioden 1986 tom 2000 flygmättes ca 400 000 linje-km.

Under de senaste året har SGU på uppdrag av SSI, beräknat cesium-137 ur dessa data. Leveranserna till SSI har skett successivt och idag har SSI erhöiit digitala data med cesium-137 information från samtliga dessa mätningar.

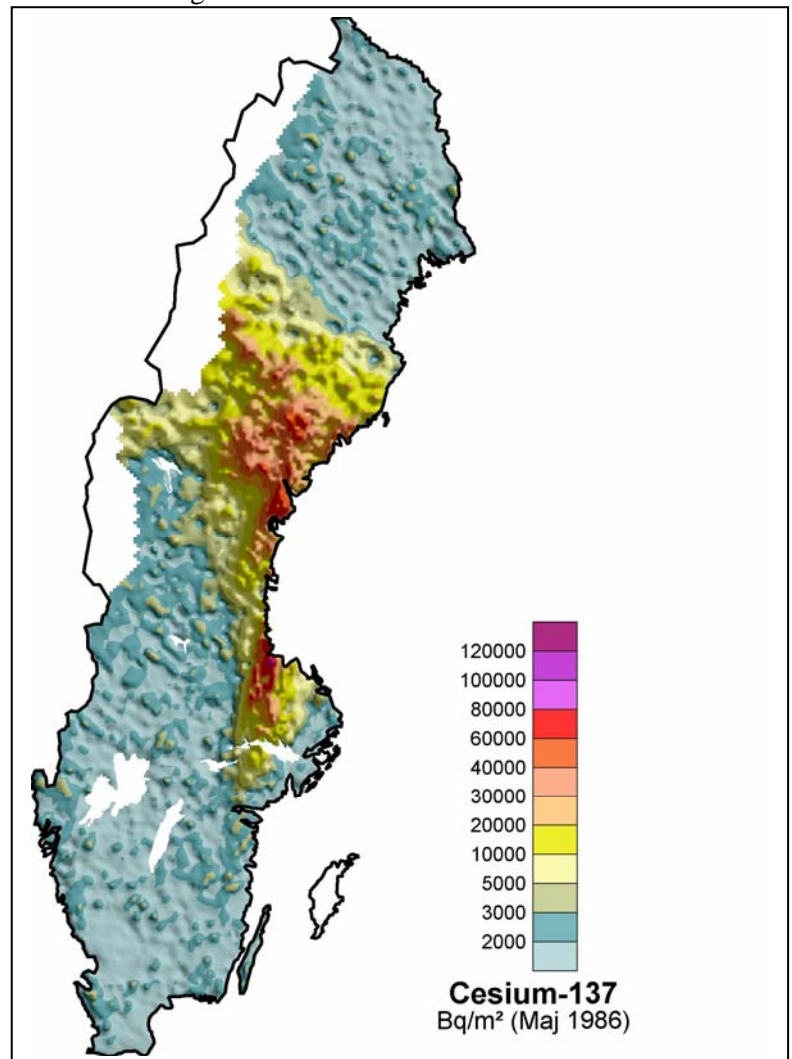
Efter diskussioner med SSI beräknades mätdata tillbaka till 1 maj 1986. Dvs. alla data presenteras som om de var mätta 1 maj 1986.

SSI förfogar idag över cesium-137 information från samtliga flygmätningar som SGU/SGAB utfört från och med maj 1986 tom december 2000.

Rapporten redovisar vilka mätområden som ingår samt arbetsmetod för respektive mätområde.

Totalt finns mätdata från drygt 400000 linje-km.

Sveriges Geologiska Undersökning
Uppsala, december 2000



Bilden visar cesium-137 koncentrationen beräknat från de data som ingår i leveransen till SSI.

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se

Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se

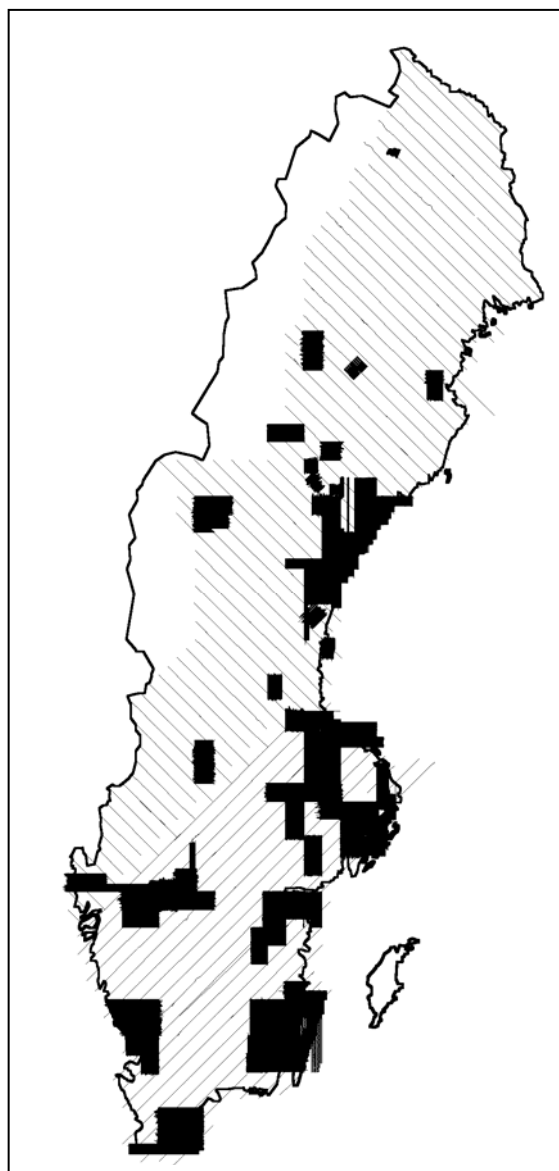
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Innehållsförteckning

Summary	2
Sammanfattning	3
Innehållsförteckning	4
Mätområden	5
1986.....	6
1987.....	6
1988.....	6
1989.....	6
1990.....	6
1991.....	6
1992.....	7
1993.....	7
1994.....	7
1995.....	7
1996.....	7
1997.....	7
1998.....	8
1999.....	8
2000.....	8
Mätsystem och plattform	9
SYS80	9
SYS90	9
Bearbetningsmetoder	10
Bakgrund.....	10
Beräkning av cesium-137.....	10
Mätdata från 1986 och 1987.....	10
Mätdata från 1988-2000.....	11
Kalibrering av cesium-137 till den 1 maj 1986.....	11
Kalibrering steg 1	11
Kalibrering steg 2	11

Mätområden



Flyglinjerna för det aktuella materialet.

Större delen av materialet har 200 meters linjeseparation, 30 till 60 meters höjd över marken och nordsydlig eller ostvästlig flygriktning. Tie Lines data har ca 17 km linjeseparation, 60 meters flyghöjd och NO/SV eller NV/SO flygriktning.

För de områden som redovisas nedan har cesium-137 information levererats till SSI.

Listan redovisas i tidsordning. För vissa mätområden har mätningarna utförts över två år. I de fall där de inte särredovisas är mätningen i denna lista refererad till det senare året.

Vid bearbetningen har dock tagits hänsyn till aktuellt mätår

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se
Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Mätområde	Berör hela eller del av kartblad	Mätår	Mätsystem	Linje-km
1986				
Antal linje-km 1986				12130 linje-km
6GH	6G, 6H	1986	SYS80	
15H	15H	1986	SYS80	
20I	20I	1986	SYS80	
21H	21H	1986	SYS80	
29H	29H	1986	SYS80	
OKG	6H	1986	SYS80	
1987				
Antal linje-km 1987				10260 linje-km
12SV	12E	1987	SYS80	
20H	20H	1987	SYS80	
23I	23I	1987	SYS80	
1988				
Antal linje-km 1988				11690 linje-km
19H	19H	1988	SYS80	
Kläppsjö	20H	1988	SYS80	
1989				
Antal linje-km 1989				22120 linje-km
11G	11G	1989	SYS80	
12E	12E	1989	SYS80	
13G	13G	1989	SYS80	
2324H	23H, 24H	1989	SYS80	
1990				
Antal linje-km 1990				06520 linje-km
5BC	5BC	1990	SYS80	
Gnarp	16G, 16H	1990	SYS80	
1991				
Antal linje-km 1991				26570 linje-km
4GH	4GH	1991	SYS80	
5BC	5BC	1991	SYS80	
Mållången	14G	1991	SYS80	
Stöverfors	22K, 23K	1991	SYS80	

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se
Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Mätområde	Berör hela eller del av kartblad	Mätår	Mätsystem	Antal linje-km
1992				
Antal linje-km 1992				31970 linje-km
910H	09H, 10H	1992	SYS80	
1011G	10G, 11G	1992	SYS80	
4C	4C	1992	SYS80	
5BC	5BC	1992	SYS80	
1993				
Antal linje-km 1993				45600 linje-km
11H	11H	1993	SYS80	
8_9D	8D, 9D	1993	SYS80	
8C	8C	1993	SYS80	
8D_E	8D, 8E	1993	SYS80	
9_10D	9D, 0D	1993	SYS80	
9AB	9A, 9B	1993	SYS80	
9BC	9B, 9C	1993	SYS80	
9D	9D	1993	SYS80	
1994				
Antal linje-km 1994				11200 linje-km
1112J	11J, 12J	1994	SYS80	
11HI	11H, 11I	1994	SYS80	
1995				
Antal linje-km 1995				21040 linje-km
10I	10I	1995	SYS90	
10J	10J	1995	SYS90	
11HI	11H, 11I	1995	SYS90	
1996				
Antal linje-km 1996				35900 linje-km
1-2CDE	1C, 2D, 2E	1996	SYS90	
19E	19E	1996	SYS90	
1997				
Antal linje-km 1997				42320 linje-km
17_18HI	17H, 17I, 18I	1997	SYS90	
5GH	5G, 5H	1997	SYS90	
13H	13H	1997	SYS90	
1112J	11J, 12J	1997	SYS90	
16H	16H	1997	SYS90	

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se
Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Mätområde	Berör hela eller del av kartblad	Mätår	Mätsystem	Antal linje-km
1998				
Antal linje-km 1998				64350 linje-km
1213HI	12H, 13H, 13I 1998	SYS90		
13E	13E	1998	SYS90	
18GI	18G, 18I	1998	SYS90	
Tie Lines	Sverige	1998	SYS90	
1999				
Antal linje-km 1999				42310 linje-km
78GH	7G, 8G, 8H	1999/2000	SYS90	
1819IJ	18I, 18J 19I, 19J, 20I	1999	SYS90	
21G_N	21G	1999	SYS90	
2000				
Antal linje-km 2000				31 000 linje-km
4_5F	4F, 5F	2000	SYS90	
5_GH	5G, 5H	2000	SYS90	
7F	7F	2000	SYS90	
8F	8F	1999/2000	SYS90	
8C	8C	2000	SYS90	

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se
Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Mätsystem och plattform

Plattform

Plattformen har varit två motoriga Commander flygplan,, totalt fyra individer. För den radiometrisk mätningen har inga mätbara skillnader i spektrometerns respons, noterats mellan dessa individer.

Mätsystem

Under den aktuella tidsperioden har två olika mätsystem använts.

SYS80

NaI detektor 16.7 liter. Hela spektret har registrerats i 16 till 256 kanaler.
Mättid 0.25/0.30 sekunder

SYS90

NaI detektor 16.7 liter samt 4.2 liter uppåtriktad NaI detektor
Hela spektret har registrerats i 24/256 kanaler. Mättid 0.25/1 sekund.

Mätsystemen är principiellt lika och endast marginella skillnader finns i FWHM etc. för de båda systemen. En tekniskt viktig skillnad är att i SYS90 finns en paus mellan varje mätpunkt, vilket gör att den reella mättiden blir något kortare än den formella. Denna skillnad tas med vid kalibrering och har en försumbar inverkan på den statistiska noggrannheten. Skillnaden uppskattas till 2% försämrade statistisk noggrannhet vid samma mättkonditioner i övrigt.



NaI kristallen som används som detektor. Detektorns vikt är ca 130 kg.

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se
Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

Bearbetningsmetoder

Bakgrund

I samband med flyggeofysikens landsomfattande mätningar på uppdrag av SSI under 1986, utfördes en kalibrering på Sundbro flygfält för cesium-137. Denna kalibrering användes vid ombearbetningen av materialet 1995-1996.

Cesium-137 i den nu aktuella bearbetningen har använt den landsomfattande mätningen 1998 som kalibreringsinformation.

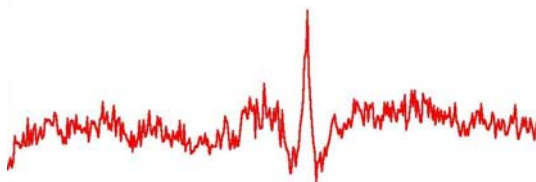
Efter diskussioner mellan SSI och SGU beslutade SSI att det nu aktuella datasetet skulle redovisas som om det var mätt den 1 maj 1986.

- Fördelen är att alla data refereras till samma tidpunkt.
- Nackdelen är att den omdisposition som cesium-137 gjort genom urlakning via vattendrag, upptag i växter och djur, förändring genom att biobränsleförts bort från området osv. ger en osäkerhet i beräknade data. De s.k. våtmarksanomalierna som syns på stora delar av materialet är ett exempel på osäkerheten som uppstår när data räknas tillbaka till maj 1986. SSI:s bedömning är dock att fördelarna överväger nackdelarna med detta tillvägagångssätt.

Våtmarksanomalier

I våtmarksområden finns lokala förhöjningar av cesium-137.

Det är oklart om dessa förhöjningar fanns redan våren 1986 eller om de har uppstått successivt.



Typisk våtmarksanomali i en myrmark utanför Uppsala.

Beräkning av cesium-137

Mätdata från 1986 och 1987

Vid genomgången av data visar det sig att energiområdet under 1 MeV är till vissa delar skadade av overflow i mätsystemet.

Dvs. tekniska begränsningar medförde att mätvärdena ”bottnar” och visar ett för lågt värde.

Genom att jämföra de delar av spektret där overflow inträffade med ett lägre energiområde som inte var skadat av overflow, kunde dessa data restaureras. Detta introducerar ett statistiskt brus, som dock bedöms vara mycket mindre än det fel som introduceras om ingen korrektion gjordes.

Beräkningen av cesium-137 skedde därefter med en av följande metoder:

- a) Successiv reduktion. Beräkningsmetoden bygger på att normalspektra för de nuklider som registrerats används. En koefficientmatris för hela spektret beräknas för varje nuklid, som samtidigt tar hänsyn till övriga nuklider. Fördelen är att all information i spektret används i beräkningen, vilket förbättrar den statistiska noggrannheten.

Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670
751 28 Uppsala
www.sgu.se
tel. 018-1790000
fax. 018-179210
e-post: sgu@sgu.se

Fakta

Verksamhetsområde: Flyggeofysik/Haveriberedskap

Kontaktpersoner: Sören Byström tel. 018-17 93 67, e-post: soren.bystrom@sgu.se
Peter Hagthorpe tel. 018-17 91 42, e-post: peter.hagthorpe@sgu.se
Kajsa Hult tel. 018-17 93 58, e-post: kajsa.hult@sgu.se

Kundtjänst: tel. 018-17 90 00

- b) För en mindre del av mätdata från 1986 och 1987 användes en grövre metod, som innebar att nedre delen av spektret jämfördes med den övre delen. Normalt användes 0.9 MeV som brytpunkt. (Energiområdet 0.3 till 0.9 MeV) minus (Energiområdet 0.9 MeV till 3.0 MeV). Det övre energiområdet multiplicerades med en konstant, vald så att för en normal markhalt av K, U och Th blev värdet 0 där det inte fanns några konstgjorda nuklider. Denna metod ger en osäkerhet som funktion av avvikelsen från normalfallet för K, U och Th. Att denna metod överhuvudtaget användes berodde på bristande dokumentation från några av mätområdena. Metoden i sig är användbar direkt efter ett haveri ed. och ger normalt bättre information än kvot metoden

Mätdata från 1988-2000

Endast marginella problem med overflow.

Vid beräkningen har successiv reduktion använts för samtliga data.

Kalibrering av cesium-137 till den 1 maj 1986.

Denna kalibrering utfördes i två steg.

Kalibrering steg 1.

SGU utförde under 1998 en ny landsomfattande mätning över Sverige. Mätningen kallas för Tie Lines projektet och var ett FOU projekt i samarbete med Finlands Geologiska Undersökning, GTK.

Målsättningen med denna mätning var att få en enhetlig kalibreringsmätning för de magnetfältsmätningar som SGU utfört sedan 1960 och för K, U och Th data som SGU samlat in sedan slutet av sextiotalet.

Ur denna mätning beräknades även cesium-137 och med hjälp av Tjernobyldata justerades cesium-137 informationen så att den såg ut som om den hade mätts 1 maj 1986.

Kalibrering steg 2.

Cesium-137 beräknat ur Tie Lines data, användes som kalibreringsdata för det nu aktuella datasetet, som justerades på liknande sätt som SGU har gjort för K U och Th,

För varje delområde har cesium-137 halten för Tie Lines data använts som mall för att normera de nu utförda beräkningarna.