

UPPDAMMNING AV RADIOAKTIVA ÄMNEN VID LANTBRUKSARBETE

**Resultat från en stickprovsanalys
våren 1987**

Robert Finck, Björn Bjurman

FOAs RAPPORTKATEGORIER

Rapporter avsedda för spridning utanför FOA utges i följande kategorier:

A-rapport. Huvudsakligen för totalförsvaret avsedd och tillrättalagd redovisning av ett, som regel avslutat, vetenskapligt arbete. Förekommer som öppen (A-) och hemlig (AH-) rapport.

B-rapport. (FOA Reprints). För vidare spridning avsedd redovisning av öppet vetenskapligt eller tekniskt-vetenskapligt originalarbete av allmänt intresse. Arbetet publiceras i tidskrift, som distribueras som särtryck under benämningen "FOA Reprints". Förekommer som öppen (B-) rapport.

C-rapport. För spridning inom eller utom FOA. Redovisning av arbete t ex i form av delrapport, preliminärrapport eller metodikrapport. Förekommer som öppen redovisning av vetenskapligt eller tekniskt-vetenskapligt originalarbete av allmänt intresse. Förekommer som öppen (C-) och hemlig (CH-) rapport.

E-rapport. Redovisning av arbete föranlett av främst FOAs civila uppdragsforskning. Förekommer som öppen (E-) och hemlig (EH-) rapport. Uppgift om kategori E eller EH på skriftlig redovisning (rapport) av arbete skall regelmässigt anges i uppdragsavtal.

FOA-RAPPORTS STATUS

Författare svarar för rapportens innehåll, t ex för att angivna resultat är riktiga, för gjorda slutsatser och rekommendationer etc.

FOA svarar – genom att rapporten godkänts för utgivning som FOArapport – för att det redovisade arbetet utförts i överensstämmelse med "vetenskap och praxis" på området i fråga.

I förekommande fall tar FOA ställning till i rapporten gjorda bedömningar etc. Detta anges i så fall i särskild ordning, t ex i missiv.

REGISTRERING

FOA-rapport skall registreras enligt nedanstående exempel:

FOA-rapport

A1 -2345-M6(E4)

ISSN 0000-0000

där

A är rapportkategorin

1 är utgivande hävd/Ck (B=Ck)

2345 är löpnr (inom resp kategori och hävd/Ck (B=Ck))

M6(E4) är den(de) programdel(-ar) dit rapporten i första (andra) hand kan hänföras

ISSN nr är en internationell numrering av seriella publikationer

Försvarets Forskningsanstalt
Huvudavdelning 2
102 54 STOCKHOLM

FOA rapport
C 20679-9.2
Maj 1988
ISSN 0347-3694

FOA - C -- 20679 - 9.2 .

UPPDAMNING AV RADIOAKTIVA ÄMNER VID LANTBRUKSARBETE

Resultat från en stickprovsanalys våren 1987

Robert Finck och Björn Bjurman

Antal sidor: 16

Kostnadsbärare: 5326038

Sändlista: SRV (3 ex), ÖCB (2 ex), Lunds univ (2 ex), Statens
Strålskyddsinst (20 ex), Studsvik Energiteknik AB (2 ex), Lant-
brukshälsan AB Sthlm (10 ex), Lantbrukshälsan AB Sollefteå (3 ex),
FOA 1 (2 ex), FOA 4 (2 ex)
FOA 2: 215

Dokumentets utgivare Försvarets forskningsanstalt Huvudavdelning 2 Box 27322 102 54 Stockholm	Dokumentnamn och dokumentbeteckning FOA rapport C 20679-9.2	
	Dokumentets datum Maj 1988	Uppdragsnummer 5326038
	Projekt namn (ev förkortat)	
Upphovsman(män) Robert Finck, Björn Bjurman		
Uppdragsgivare Statens Strålskyddsinstitut samt Nordiska Kontaktorganet för Atom- energifrågor		
Dokumentets titel UPPDAMNING AV RADIOAKTIVA ÄMNER VID LANTBRUKSARBETE Resultat från en stickprovsanalys våren 1987		
Huvudinnehåll Mätning av radioaktiva ämnens resuspension vid vårbruksarbete har genomförts vid en gård i Västernorrlands län där markbeläggningen av cesium är hög efter Tjernobylylyckan. Resuspensionen befanns öka 10 till 30 gånger vid markbearbetning jämfört med normala förhållanden. Vid markbearbetning direkt efter ett nedfall under dammiga förhållanden uppskattas resuspensionen bli upp till 3000 gånger högre än normalt. Undersökningen antyder att uppdamning av cesiumnuklider vid markbearbetning normalt inte bör innebära någon bestrålningsrisk genom inhalation om inte markbeläggningen är mycket hög.		
Nyckelord Resuspension, Tjernoby1, lantbruk, cesium		
Anm		
Övriga bibliografiska uppgifter		Språk svenska
ISSN 0347-3694		ISBN
Omfång 16 sidor		Pris
Sekretessuppgifter		

Distributör (om annan än ovan)

Issuing organization Swedish Defence Research Establishment Department 2 P.O. Box 27322 S-102 54 Stockholm	Document name and doc.ref.no FOA report C 20679-9.2	
Author(s) Robert Finck, Björn Bjurman	Date of issue May 1988	Item designation 5326038
	Projectname (abbreviated if necessary)	
Document title RESUSPENSION OF RADIONUCLIDES DURING CULTIVATION Results from a single sample analysis, spring 1987		
Abstract <p>A measurement of the resuspension of radionuclides during cultivation has been performed at a farm in northern Sweden where the deposition from the Chernobyl accident is high. The resuspension was found to increase 10 to 30 times during cultivation as compared to normal conditions in the same region. It can be estimated that the resuspension could be as high as 3000 times the normal conditions if cultivation is performed directly after fallout during dusty conditions. The resuspension of cesium-nuclides should normally not imply any radiation hazard due to inhalation if the ground desposition is not very high.</p>		
Key words Resuspension, Chernobyl, cesium, farming, cultivation		
Notes		
Further bibliographic description		Language Swedish
ISSN 0347-3694		ISBN
		Pages 16
		Price Restricted distribution Unclassified

Distributor (if not issuing organization)

INNEHÅLL

Sid

SAMMANFATTNING	5
1. BAKGRUND	6
2. MÄTNINGAR	7
2.1 Luftprovtagning med dampmpump	7
2.2 Luftprovtagning med traktorfilter	7
3. DEFINITION AV RESUSPENSION	8
4. RESULTAT	9
4.1 Resuspension i "vanlig luft"	9
4.2 Be-7 som spårämne	10
4.3 Luftaktivitet vid traktorn	11
4.4 Osäkerheter som kan öka resuspensionsfaktorn	13
4.5 "Heta" partiklar	13
4.6 Absorberad dos till traktorföraren	14
REFERENSER	16

SAMMANFATTNING

En stickprovsundersökning av uppdamningseffekten (resuspension) vid vårbruksarbete har genomförts för att utröna om det finns någon risk för lantbrukare att andas in farliga mängder radioaktiva ämnen vid arbete på fälten. Mätningar har gjorts på en gård i Västernorrlands län där markbeläggningen av cesium är hög efter Tjernobylyckan. Vid undersökningen utnyttjades traktorns eget motor- och ventilationsfilter för provtagning.

Resultaten pekar på att resuspensionen i värsta fall kan bli 1000 till 3000 gånger högre vid markbearbetning än i normal luft om bearbetning sker på orörd mark efter ett nedfall och under dammiga förhållanden. Det motsvarar en aktivitetskoncentration i luften av ca 1 Bq/m^3 i de högst belagda områdena i Sverige efter Tjernobyl. För 24 timmars arbete erhåller traktorföraren i värsta fall dosen $5 \cdot 10^{-4} \text{ mSv}$ (effektiv dosekvivalent) om föraren sitter helt i det fria eller med hytt dörren öppen. Samtidigt erhåller föraren ca 15 gånger högre dos i externstrålning från markbeläggningen. För normala förhållanden kan inhalationsdosen till traktorföraren bli 100 gånger lägre, dvs ca $5 \cdot 10^{-6} \text{ mSv}$ för 24 timmars markbearbetning inom de högst belagda områdena i Sverige. Värdena skall betraktas med viss osäkerhet eftersom de baseras på en enda provtagning.

I provtagningsfiltren detekterades också de radioaktiva ämnena Ru-106 och Ce-141. Dessa ämnen kan förekomma i partiklar, vilket dock inte undersökts i detalj. Teoretiskt kan den högsta partikelaktiviteten i provet uppskattas till 100 Bq för Ru-106 och 10 Bq för Ce-141. Några mera högaktiva ("heta") partiklar hittades inte. Det utesluter inte att sådana partiklar kan damma upp vid markbearbetning, men sannolikheten bedöms som låg.

Undersökningen antyder att uppdamning vid markbearbetning normalt inte bör innebära någon bestrålningsrisk genom inhalation om inte markbeläggningen är mycket hög. För att säkerställa denna slutsats bör emellertid en mera utförlig undersökning genomföras.

UPPDRAGSGIVARE

Undersökningen har initierats och i huvudsak bekostats av Statens Strålskyddsinstitut. Ekonomiskt bidrag har även erhållits från Nordiska Kontaktorganet för Atomenergifrågor, program AKTU, projekt 260 - Resuspension. Lantbrukshälsan AB har genomfört det praktiska fältarbetet.

1. BAKGRUND

Risken att andas in radioaktivt damm vid lantbruksarbete diskuterades livligt efter Tjernobylyckan 1986. Lantbrukshälsan AB ansåg att risken var så stor att det var motiverat att använda andningsskydd under vårbruksarbetet i maj 1986. Statens Strålskyddsinstitut (SSI) förklarade i motsats till detta att risken att andas in radioaktiva partiklar vid arbete på fälten var så låg att andningsskydd inte var behövligt.

Några detaljerade mätningar av uppdamning av radioaktivt material hann inte genomföras under 1986. SSI's ställningstagande baserades i huvudsak på tidigare undersökningar om uppdamning (resuspension) av radioaktiva partiklar och på kontrollmätningar av luftaktivitet vid FOA's fasta luftfilterstationer. Mätning av resuspension har tidigare gjorts i U.S.A.'s ökenområden under 1960- och 70-talet (Anspaugh et al, 1975) men förhållandena där skiljer sig så markant från svenska förhållanden att resultaten inte direkt kan överföras till svenskt lantbruk. Baserat på FOA's fasta mätstationer (Vintersved et al, 1986 och Bjurman et al 1987 b) kunde man emellertid grovt uppskatta att endast en mycket liten del av markbeläggningen återförs till luften.

Eftersom svenska mätdata för resuspension av radioaktiva partiklar vid lantbruksarbete saknades, bedömde SSI att en första experimentell undersökning skulle påbörjas. FOA fick tillsammans med Lantbrukshälsan AB i uppdrag att genomföra en stickprovsundersökning under våren 1987. Målsättningen var att få indikation om det fanns någon påtaglig risk för lantbrukare i de kraftigast belagda områdena att andas in radioaktiva ämnen.

Parallellt med stickprovsundersökning under vårbruket startades dessutom en mera utförlig kartläggning av resuspensionens omfattning i andra miljöer, speciellt stad, skog och öppna marker. Dessa mätningar redovisas dock inte här.

2. MÄTNINGAR

2.1 Luftprovtagning med dampump

Lantbrukshälsan AB utförde provtagningsarbetet på fältet. Den gammaspektrometriska analysen och utvärderingen av mätdata genomfördes av FOA i Stockholm. En första provtagning utfördes av Lantbrukshälsan i Hedemora med en mindre dampump placerad på en traktor. Pumpkapaciteten var 2 liter per minut och sammanlagt insamlades ca 0,5 m³ luft. Inga radioaktiva ämnen detekterades i pumpens filter. På grund av den mycket begränsade pumpkapaciteten blev detektionsgränsen förhållandevis hög. Det gick därför inte att dra några speciella slutsatser om resuspensionens storlek från mätningen annat än att resuspensionen i detta fall inte borde innebära något akut strålskyddsproblem eftersom aktiviteten var lägre än detektionsgränsen 1 mBq/m³.

2.2 Luftprovtagning med traktorfilter

Eftersom dampumpen i den första provtagningen hade alltför låg genomströmning för erhålla tillräcklig mätnoggrannhet måste luftfiltrering göras med högre kapacitet. Lantbrukshälsan i Sollefteå föreslog att man skulle använda traktorns eget motorfilter och ventilationsfilter. Genom dessa passerar uppskattningsvis omkring 100 m³ luft per timme. Det exakta flödet är svårt att få fram utan flödesmätare och någon sådan fanns inte tillgänglig under provtagningen. I stället utnyttjades mätningar av den naturligt förekommande radioaktiva isotopen Be-7 för att få ungefärlig uppfattning om vilka luftmängder som passerat. (Bjurman et al, 1983, Creselius, 1981)

Mängden Be-7 varierar något i tiden och från plats till plats. Halterna mäts kontinuerligt vid FOA's luftfilterstationer på nio olika platser i landet. Från mätningarna (framför allt i Umeå och Östersund) går det att uppskatta Be-7 koncentrationen på provplatsen under provtagningsperioden.

Provtagning med traktorns eget filter genomfördes mellan den 23 maj och 14 juni 1987 på ett lantbruk i Brunne, ca 15 km väst om Härnösand. Detta område hade enligt SGAB flygmätningar (Lindén och Mellander, 1986) en beläggning av ca 80 kBq/m² Cs-137 angiven som ekvivalent ytaktivitet, (Holmberg et al 1988).

Traktorns gångtid var ca 100 timmar. Under ca 25 % av tiden uppskattar lantbrukaren att det dammat mycket, medan vädret under resten av tiden var sådant att det dammat måttligt eller litet.

Mätningarna av motorfilter och ventilationsfilter gjordes i slutet av juni 1987 vid FOAs laboratorium i Stockholm med hjälp av högupplösnade gammadetektorer. Mätgeometrin för filtren skiljer sig från de kalibrerade standardgeometrier som FOA normalt använder. Den aktuella mätgeometrin hade därför ingen absolutkalibrering vid mättillfället. I stället uppskattades aktivitetskoncentrationen genom relativmätning mot medelvärdet av den från Umeå och Östersund uppmätta Be-7 koncentrationen. Detta innebär att osäkerheten i bestämningen av aktivitetskoncentrationen blir något större än vid en absolutkalibrerad mätning. Metoden ger således endast möjlighet att grovt uppskatta aktivitetens koncentration (Bq/m^3). Samtidig beräkning av luftflöde och totalt insamlad aktivitet är inte möjlig.

Trots den stora osäkerheten i bestämningen av aktivitetskoncentrationen ger mätningen genom sin låga detektionsgräns ändå tillräcklig information för att avgöra om uppdamning vid jordbearbetning innebär någon påtaglig risk att andas in radioaktiva partiklar. Den mätning som redovisas här är emellertid enbart ett stickprov och några mera långtgående slutsatser om uppdamningseffekterna kan inte dras ur undersökningen.

3. DEFINITION AV RESUSPENSION

Resuspensionsfaktorn definieras som kvoten mellan aktivitetskoncentrationen i luften (Bq/m^3) och aktiviteten per ytenhet på marken (Bq/m^2). Den anges i enheten m^{-1} . Ett lågt numeriskt värde på kvoten innebär att resuspensionsfaktorn är liten och att uppdamningen av radioaktiva ämnen är låg.

Mängden radioaktiva ämnen som återförs till luften är med all sannolikhet beroende av hur de är fördelade på och i marken. Vid plöjning kommer exempelvis en stor del av ämnena att hamna nere i marken och bli mindre tillgängliga för resuspension även om den deponerade aktiviteten per ytenhet förblir oförändrad. Var gränsen mellan "tillgänglig" och "icke tillgänglig" aktivitet skall dras är för närvarande omöjligt att fastställa. Viss hänsyn till "tillgänglighet" har automatiskt gjorts i studien genom att vid beräkningen av resuspensionsfaktorn använda storheten ekvivalent ytaktivitet (Holmberg et al, 1988) i stället för den djupintegrerade aktiviteten per ytenhet. Det numeriska värdet för ekvivalent ytaktivitet är mindre än den verkliga (djupintegrerade) aktiviteten per ytenhet. Ju djupare aktivitetsfördelning desto lägre blir det numeriska värdet för den ekvivalenta ytaktiviteten. Det medför att den beräknade resuspensionsfaktorn får ett högre värde och risken att underskatta resuspensionsfaktorn minskar.

4. RESULTAT

4.1 Resuspension i "vanlig luft"

Resuspensionen av radioaktiva ämnen "i vanlig luft" kan beräknas ur FOA's mätningar av luftaktivitet vid de åtta fasta övervakningsstationerna i Sverige (Ljungbyhed, Göteborg, Visby, Grindsjön, Stockholm, Östersund, Umeå, Kiruna). Tydliga effekter av årstider och väderlek kan iakttagas. I medeltal var resuspensionsfaktorn under andra halvåret 1986 mellan $4 \cdot 10^{-9}$ och $3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^{-1}$ för Cs-137. Den högre siffran gäller för Stockholm. (Bjurman et al, 1987). Mätningar under vecka 22 - 24 (provtagningsveckorna) gav för Umeå och Östersund en resuspensionsfaktor omkring $5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1}$, vilket får anses som ett "normalt" värde efter Tjernobyl.

TABELL 1

Cs-134 koncentration i luft uppmätt vid FOA's luftfilterstationer i Umeå och Östersund under vecka 22 - 24 (25 maj - 14 juni 1987).

Ort	Aktivitetskoncentration Cs-134 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$			
	V 22	V 23	V 24	Medel
Umeå	15,9	19,6	16,1	17,2
Östersund	4,5	3,5	3,1	3,7

TABELL 2

Cs-137 koncentration i luft uppmätt vid FOA's luftfilterstationer i Umeå och Östersund under vecka 22 - 24 (25 maj - 14 juni 1987).

Ort	Aktivitetskoncentration Cs-137 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$			
	V 22	V 23	V 24	Medel
Umeå	42,8	51,5	43,2	45,8
Östersund	8,0	7,8	8,9	8,2

TABELL 3

Markaktivitet enligt in situ högupplösande gamma-spektrometriska mätningar genomförda av FOA samt spektrometriska flygmätningar gjorda av SGAB 1986 (ekvivalent ytaktivitet).

Umeå	12	kBq/m ²	(FOA)
Östersund	1,5	kBq/m ²	(FOA)
Brunne, Ångermanland	80	kBq/m ²	(SGAB)

TABELL 4

Beräknad resuspension av Cs-137 i "vanlig luft" vecka 22 - 24, 1987 i Umeå och Östersund (per m).

Umeå	$3,8 \cdot 10^{-9}$
Östersund	$5,5 \cdot 10^{-9}$
Medelvärde	$4,7 \cdot 10^{-9}$

4.2 Be-7 som spårämne

Den radioaktiva nukliden Be-7 produceras på naturlig väg högt uppe i atmosfären genom inverkan av kosmisk strålning på den stabila isotopen kol-12 i luftens koldioxid. Halveringstiden för Be-7 är 53 dygn, men eftersom det ständigt sker nyproduktion kommer alltid en viss aktivitetsmängd att finnas i atmosfären. Halten vid markytan varierar något beroende på atmosfäriska förhållanden och den kosmiska strålningens intensitet. I medeltal är aktivitetskoncentrationen vid marken omkring några millicurie per kubikmeter (mBq/m³).

Under vecka 22 - 24 beräknades Be-7 koncentrationen vid provtagningsplatsen i Brunne till 2,2 mBq/m³ baserat på mätningar i Umeå och Östersund (tabell 5). Traktorns gågtid och därmed provtagnings tiden var emellertid inte jämnt fördelad över perioden. Om hänsyn tas till de tider när traktorn var i drift får man ett viktat medelvärde av 2,7 mBq/m³. Detta värde skulle således vara det samma som skulle uppmätts i traktorfiltren om mätgeometrin varit absolutkalibrerad. Eftersom geometrin inte var kalibrerad utnyttjades i stället det i filtren registrerade Be-7 utslaget i förhållande till den beräknade koncentrationen som en omräkningskonstant för att uppskatta aktivitetskoncentrationen av Tjernobyl-nuklider ur mätningen av traktorfilter. Metoden förutsätter att effektivitetskurvorna för traktorfilter och kalibrerade standardfilter är parallella i det aktuella energiområdet.

TABELL 5

Koncentrationen av den naturligt producerade isotopen Be-7 i luft uppmätt vid FOA's filterstationer i Umeå och Östersund under vecka 22 till 24. Koncentrationen i Brunne, södra Ångermanland, beräknades som medelvärde viktat mot gångtiden till 2710 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Ort	Be-7 koncentration $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$		
	V 22	V 23	V 24
Umeå	3280	1710	1245
Östersund	3320	2210	1670
Gångtid traktor %	60 %	30 %	10 %

4.3 Luftaktivitet vid traktorn

I motorfiltret detekterades förutom den naturliga nukliden Be-7 de artificiella gammastrålande nukliderna Cs-134, Cs-137 och Ce-141. I ventilationsfiltret detekterades dessutom Ru-106. Den beräknade aktivitetskoncentrationen i luften är angiven i tabell 6.

För Cs-137 beräknades luftaktiviteten vid traktorn i Brunne till mellan 3 och 12 mBq/m^3 . Utgående från markaktiviteten 80 kBq/m^2 ger detta en resuspensionsfaktor vid traktorn mellan $4 \cdot 10^{-8}$ och $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-1}$. Detta är ca 10 till 30 gånger högre än medelvärdet för resuspensionen i "vanlig luft" i Umeå och Östersund. Det är således helt klart att markbearbetningen medför att radioaktiva ämnen dammar upp, men i det studerade fallet är uppdamnings-effekten inte särskilt stor.

TABELL 6

Beräknad aktivitetskoncentration i luft som strömmat genom motorfilter och ventilationsfilter på traktor i vårbruksarbete i södra Ångermanland. Procentsiffrorna anger det statistiska räknefelet. Totalfelet i aktivitetsbestämningen är större. "Litet" motorfilter har suttit i serie efter "stort" motorfilter, därav den lägre aktivitetskoncentrationen i "litet" motorfilter. Streck (-) anger att aktivitetskoncentrationen är mindre än detektionsgränsen.

Typ av filter	Beräknad aktivitetskoncentration $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$			
	Cs-134	Cs-137	Ru-106	Ce-141
Motorfilter stort	1270 $\pm 1\%$	3200 $\pm 1\%$	-	-
Motorfilter litet	-	360 $\pm 15\%$	-	180 $\pm 40\%$
Ventilationsfilter	4910 $\pm 0,5\%$	12200 $\pm 0,5\%$	470 $\pm 50\%$	80 $\pm 30\%$

TABELL 7

Beräknad resuspension (uppdamning) av Cs-137 vid vårbruksarbete i Brunne, södra Ångermanland, som medelvärde under vecka 22 - 24 (25 maj - 14 juni 1987). Kraftig dammbildning under 25 % av tiden, måttlig eller lite under 75 % av tiden.

Mätpunkt i traktor	Resuspension m^{-1}	Faktor över "vanlig luft"
Motorfilter stort	$4, \cdot 10^{-8}$	10
Ventilationsfilter	$1,5 \cdot 10^{-7}$	30

4.4 Osäkerheter som kan öka resuspensionsfaktorn

Mätningarna är gjorda under perioder med olika dammbildning. Dammbildningen var kraftig endast under 25 % av tiden och mätningen ger därför inte upplysning om det maximala värdet. Under perioder med mycket damm kan resuspensionsfaktorn vara större än det framräknade medelvärdet, uppskattningsvis upp till 10 gånger.

Vidare har mätningarna gjorts på åkrar som plöjts efter Tjernobyl. Den för resuspension tillgängliga aktiviteten vid markytan är därför mindre än den per ytenhet totalt deponerade aktiviteten. Det innebär i sin tur att resuspensionen för obearbetade fält sannolikt är högre än det framräknade medelvärdet. Luftaktiviteten skulle därmed bli högre första gången ett fält bearbetas, eftersom alla radioaktiva ämnen finns tillgängliga på ytan. Detta fall skulle också uppskattningsvis kunna ge 10 gånger högre luftaktivitet.

Sammantaget kan i värsta fall eventuellt upp till ca 100 gånger högre resuspension (jämfört med normal jordbearbetning) förekomma om bearbetning sker första gången efter ett nedfall under dammiga förhållanden. Jämfört med "normal luft" motsvarar detta 1000 till 3000 gånger högre resuspension. Luftaktiviteten för Cs-137 skulle i sådant fall bli av storleksordningen 1 Bq/m^3 om markaktiviteten är som i Brunne (80 kBq/m^2). Som jämförelse kan nämnas att detta är samma värde på luftaktiviteten som uppmättes i Stockholm under Tjernobylutsläppets passage den 28 - 29 april 1986.

4.5 "Beta" partiklar

I utsläppet från Tjernobyl upptäcktes partiklar, till vilka radioaktiva ämnen koncentrerats, populärt benämnt "heta" partiklar. Bland de mera långlivade nukliderna ingick framför allt rutenium och ceriumisotoper i "heta" partiklar.

Det Ru-106 som detekterades i traktorfiltret skulle kunna finnas i en enskild partikel. Teoretiskt kan man då uppskatta den högsta möjliga aktiviteten i partikeln från de gjorda mätningarna på följande sätt.

Aktivitetskoncentrationen av Ru-106 i ventilationsfiltret beräknades till $470 \mu\text{Bq/m}^3$ med 50 % statistisk osäkerhet, dvs aktivitetskoncentrationen ligger sannolikt mellan 200 till $700 \mu\text{Bq/m}^3$. Den luftmängd som passerat filtret är okänd. En mycket grov uppskattning från traktorrens gångtid är att ca 10000 m^3 luft har passerat filtret. Detta ger en samlad aktivitet av 2 till 7 Bq för en teoretiskt jämn fördelning i filtret. I värsta fall är partikeln placerad längst bort i filtret sett från detektor, vilket kan ge en underskattning av aktiviteten med en faktor 10. Den maximala aktiviteten skulle då bli runt 70 Bq. Om partikeln sitter nära detektorn överskattas aktiviteten ungefär lika mycket vilket innebär att den minsta aktiviteten skulle bli runt 0,2 Bq. Om dessa siffror avrundas uppåt får man slutsatsen att om allt Ru-106 fanns i en enda partikel så är aktiviteten i denna partikel av storleksordningen 1 - 100 Bq. Detta skall jämföras med aktiviteten av de "heta" partiklar som hittades strax efter Tjernobylolyckan och där aktiviteten var 10000 Bq per partikel för Ru-106 och 4000 Bq per partikel för Ce-144.

På motsvarande sätt kan man med en överslagsberäkning för Ce-141 uppskatta att om all aktivitet är samlad till en enda partikel i traktorns motorfilter så bör aktiviteten för denna enda partikel ligga mellan 0,1 och 10 Bq.

Några partiklar som kan kallas "heta" i den bemärkelsen som gällde strax efter Tjernobylyckan har således inte hittats. Det utesluter inte att "heta" partiklar kan damma upp vid markbearbetning, men sannolikheten är inte hög.

4.6 Absorberad dos till traktorföraren

Den absorberade dosen (effektiv dosekvivalent) till traktorföraren kan beräknas överslagsmässigt ur mätningarna. För 24 timmars jordbearbetning på ett tidigare orört fält inom det högst belagda områdena i Sverige och under mycket dammiga förhållanden kan inhalationsdosen sammantaget från Cs-134 och Cs-137 bli ca $5 \cdot 10^{-4}$ mSv om föraren sitter helt i det fria eller med hytt dörren öppen. Detta skall jämföras med extern dosen från cesium på marken under samma tid, vilken är $8 \cdot 10^{-3}$ mSv, dvs ca 15 gånger högre dos.

Den inandade aktivitetsmängden Cs-137 blir för traktorföraren under dessa "ogynnsamma" förhållanden ca 20 Bq under 24 timmar. Detta kan jämföras med gränsvärdet 300 Bq/kg för livsmedel eller med strålskyddsgränsen (ALI) 4000000 Bq/år (motsvarar ca 10000 Bq/dygn) (SSI, 1984) för intag av Cs-137 för personer i strålningsarbete.

För mera "normala" förhållanden kan inhalationsdosen till traktorföraren bli 100 gånger lägre än vid extrema betingelser, vilket ger omkring $5 \cdot 10^{-6}$ mSv från cesiumisotoper under ett dygn.

Inhalationsdosen kan också jämföras med inhalationsdoserna under Tjernobylutsläppet. I Stockholm var inhalationsdosen från cesiumisotoper $6,5 \cdot 10^{-4}$ mSv (Finck et al, 1986), dvs något högre än vad som motsvarar ett dygns harvning under maximalt ogynnsamma förhållanden.

Resultaten antyder att uppdamning vid markbearbetning normalt inte bör innebära någon bestrålningsrisk genom inhalation om inte markbeläggningen är mycket hög. För att säkerställa denna slutsats bör emellertid en mera utförlig undersökning genomföras.

TABELL 8

Uppskattad effektiv dosekvivalent till traktorförare från inhalation av cesiumisotoper under ett dygns vårbruksarbete däri belägningsfältet är 80 kBq/m^2 för Cs-137. Ingen filtrering av andningsluften. "Normalfallet" innebär kraftig dammbildning under 25 % av tiden och normal eller låg dammbildning under resterande del av tiden. "Maximalt ogynnsamt" fall innebär markbearbetning av fält som legat orörda efter nedfallet i kombination med mycket kraftig dammbildning (hypotetisk beräkning).

Nuklid	Effektiv dosekvivalent	
	"Normalfall"	"Maximalt ogynnsamt"
	mSv	mSv
Cs-134	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Cs-137	$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Summa	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$

REFERENSER

Anspaugh L.R., Shinn J.H., Phelps F.L. and Kennedy N.C., "Resuspension and redistribution of plutonium in soils", Health Physics 29, pp 571-582, 1975.

Bjurman B., Erlandsson, B., Ingemansson, T., and Mattsson, S. "Deposition of Radionuclides from Local Sources Studied in Sewage Sludge with the Be-7 Concentration as a Normalizing Factor." Seminar on the Environmental Transfer to Man of Radionuclides Released from Nuclear Installations, Brussels, Belgium, 17 - 21 October 1983. International Atomic Energy Agency IAEA-SR-85 (40) and Commission of the European Communities V/7400/84-EN,FR, Vol 1, pp 125-134, 1984.

Bjurman B., Arntsing R., De Geer L., Finck R., Jakobsson S., Persson G., Vintersved I. Results from In Situ Gamma-Ray "Spectrometry Measurements in Sweden after the Chernobyl Accident" National Defence Research Institute, Stockholm, FOA Report D 20112-9.2, 1987 a.

Bjurman B., Finck R., Arntsing R., De Geer L., Jakobsson S., Vintersved I. "Resuspensionsmätningar andra halvåret 1986." FOA Rapport C 20678-9.2, 1987 b.

Crecelius E.A., "Prediction of Marine Atmospheric Deposition Rates Using Be-7 Deposition Values", Atmospheric Environment 15, 1981.

Finck R., Edvarson K., De Geer L-E., Bjurman B., Vintersved I., Arntsing R., Jakobsson S., "Collective Dose Commitment in Sweden After the Chernobyl Accident. Preliminary Calculation for Inhalation and External Irradiation". FOA Report D 20116-9.2, 1986.

Finck R., Edvarson K., Bjurman B., De Geer L-E., Vintersved I., "Collective Doses in Sweden After the Chernobyl Accident. Calculation for Inhalation and External Irradiation" IRPA 7, Sydney, Australia 10 - 17 April, 1988 and Swedish Defence Research Establishment, FOA Report D 20120-9.2, 1988.

Holmberg M., Edvarson K., Finck R., "Radiation doses in Sweden from the Chernobyl fallout: a review", accepted for publication in International Journal of Radiation Biology, March 1988.

Lindén A, och Mellander H. SGAB rapport TFrapp 8606, 1986

SSI FS 1983:7, Statens Strålskyddsinstituts författningssamling, ISSN 0347-5468, 23 mars 1984.

Vintersved I., De Geer L-E., Bjurman B., Arntsing R., Jakobsson S. Mellander H., "Early measurements of the Chernobyl fallout in Sweden," IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol 34, No 1, pp 590-595, 1986.