

Strålskyddsnytt

[NR 1 2006, ÅRGÅNG 24]

[tillgänglig i sin helhet via www.ssi.se]

Tema: Tjernobyl 20 år

Foto: SSI Luff, BA



INNEHÅLL 1/2006

En måndag att minnas _____	4
Det radioaktiva molnet _____	5
Gunnar Bengtsson reflekterar _____	7
Kommunikation vid kris _____	8
Det största kärnkraftshaveriet _____	10
Mätning och dosberäkning _____	12
Radioaktivt cesium i kroppen _____	14
Gränsvärden i livsmedel – då och nu _____	16
Tjernobylolyckan och jordbruket _____	18
Renskötseln 20 år efter Tjernobyl _____	20
Bildreportage: Tjernobyl 2006 _____	22
Cesium-137 i svamp, bär och vilt _____	25
Radioaktiva ämnen i insjöfisk _____	26
Ryssland, Vitryssland och Ukraina _____	29
Tsjernobyl-ulykken 20 år etter _____	32
Tjernobylolyckans följder i Finland _____	35

Forts. på sid 44

Kärnkraftolyckan i Tjernobyl påverkade Sverige mer än vad som allmänt hade förväntats av en olycka så långt bort från våra gränser. De allra flesta får dock mycket låga stråldoser till följd av det radioaktiva nedfallet. Hälsoeffekterna bedöms som mycket små eller obetydliga och man kan inte förvänta sig någon mätbar ökning i antalet cancerfall som kan förklaras av strålning från Tjernobyl. Av det radioaktiva nedfallet i Sverige återstår idag bara radioaktivt cesium som är av någon betydelse från strålskyddssynpunkt. Det är framförallt i produkter som kommer från skogen som det fortfarande kan finnas relativt mycket radioaktivt cesium. Koncentrationerna av Cs-137 i svamp, vilt och insjöfisk kan på vissa ställen och tidvis ligga över gränsvärdet för försäljning av dessa produkter. Gränsvärden för livsmedel i handeln infördes för att tillförsäkra konsumenten att dessa livsmedel kan ätas fritt.

Forts. på sid 3



Foto: SSI Info, BA

Lars-Erik Holm
SSI:s generaldirektör

Vad har vi lärt av Tjernobyl?

Kärnkraftskatastrofen i Tjernobyl år 1986 är den värsta strålningsolycka som någonsin inträffat. Stora områden i forna Sovjetunionen och andra länder kontaminerades av radioaktivt nedfall. Olyckan ledde till omedelbara dödsfall nära reaktorn och efter några år till en kraftigt förhöjd förekomst av sköldkörtelcancer bland personer som 1986 var barn i Ryssland, Ukraina och Vitryssland. Närmare 5 000 fall av sköldkörtelcancer har hittills inträffat bland dem som var barn vid tiden för olyckan. Åtminstone 15 barn har dött av sköldkörtelcancer.

Stora internationella forskningsinsatser har och ska analysera katastrofens hälsokonsekvenser. FN:s vetenskapliga strålningskommitté (UNSCEAR) publicerade 2000 sin bedömning. I höstas publicerades en rapport av åtta FN-organisationer och regeringarna i Ryssland, Ukraina och Vitryssland. Den bekräftar i allt väsentligt UNSCEAR:s slutsatser. Rapporten uppskattar en ökning på några få procent av strålningsorsakade sjukdomar bland dem som arbetade med uppröjning runt reaktorn 1986-87, som evakuerades det första året eller som bor i de mest nedfallsdrabbade områdena. Större delen av befolkningen i Ryssland, Ukraina och Vitryssland har fått relativt låga stråldoser. Bland dessa människor har det inte varit möjligt att se några sjukdomsökningar som kan förklaras av strålningen från olyckan.

Rapporten beskriver andra följder av olyckan som inte direkt är relaterade till strålningen, utan till fattigdom, omflyttningar m.m. Den rekommenderar fortsatt noggrann uppföljning av de mest exponerade räddningsarbetarna liksom fortsatt kontroll av barn som är i riskzonen för sköldkörtelcancer. Det unika med rapporten är att det för första gången finns en samsyn mellan åtta FN-organ och regeringarna i de tre hårdast drabbade länderna om Tjernobylolyckans konsekvenser. Det är helt nödvändigt för att fortsatta insatser ska bli effektiva.

Över Sverige föll cirka 5 procent av det cesium som frigjordes från den skadade reaktorn. Det fick och har fortfarande stora konsekvenser för delar av vårt land.

När utsläppen upphört blev det myndigheternas uppgift att besluta om åtgärder på sikt. Det enskilt viktigaste och svåraste beslutet gällde frågan om gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel. Beslutet om gränsvärden ledde till kritik i medierna och SSI:s trovärdighet ifrågasattes. Under 1986 kasserades 78 procent av renköttet, vilket var en katastrof för rennäringen och ledde till stora kostnader för samhället. Redan året därpå infördes ett högre gränsvärde som förbättrade rennäringens situation.

Detta nummer av Strålskyddsnytt ägnas åt Tjernobylolyckan och åt vad som hände i Sverige för 20 år sedan, vilka kvardröjande effekter som finns idag och om erfarenheter i andra länder.

utgivare
STATENS STRÅLSKYDDSSINSTITUT

ansvarig utgivare
ULRIKA LYTH

redaktör
LEIF MOBERG, ANDERS BLIXT

grafisk form
ANDERS BLIXT


redaktion
WOLFRAM LEITZ, JAN-ERIK LILLHÖK,
LEIF MOBERG, LARS-ERIK PAULSSON,
ANN-LOUIS SÖDERMAN

upplaga
2700/4 NR PER ÅR

adress
STATENS STRÅLSKYDDSSINSTITUT
INFORMATIONSTABEN
171 16 STOCKHOLM
TEL 08-729 71 00 / FAX 08-729 71 08

hemsida
WWW.SSI.SE

ISSN 0280-0357

 **Statens strålskyddsinstitut**
Swedish Radiation Protection Authority

Författarna svarar själva för innehållet i sina artiklar. Materialet får användas fritt om källan uppges. För illustrationer och fotografier krävs tillstånd av SSI eller upphovsrättsinnehavaren.

Måndagen den 28 april 1986 var en varm försommardag. Ett kraftigt högttryck med centrum över Ukraina påverkade Sverige. Ingen anade under helgen innan att detta förde radioaktiva ämnen in över landet. *Anders Markgren* beskriver timme för timme vad som först befarades vara en olycka i Forsmarks kärnkraftverk, men som senare under dagen visade sig vara en kärnkraftolycka i reaktor nr 4 i Tjernobyl i norra Ukraina. Kontakterna med myndigheterna togs vid tiotiden och *Robert Finck* redogör för de inledande mätningarna för att fastställa det radioaktiva molnets ursprung och omfattning.

SSI:s dåvarande generaldirektör *Gunnar Bengtsson* reflekterar över vad detta inledningsvis betydde för honom och de beslut som måste fattas på ett mycket begränsat underlag. Gunnar Bengtsson, »koftan«, kom att personifiera mycket av det som gjordes genom att flitigt förekomma i media.

Det faktum att Forsmark först förmodades vara platsen för utsläppen av de radioaktiva ämnena medförde ett ofantligt medietryck de första dagarna med reportageteam från ett stort antal länder. *Britt Ekman* sammanfattar detta och hur erfarenheterna har bidragit till att skapa en helt ny informationsberedskap.

Denna inledande del av temanumret avslutas med att *Leif Moberg* sammanfattar vad som hade hänt i Tjernobyl, vilka åtgärder som vidtogs på plats och vad som planeras framöver.

Motåtgärder

För att besluta vilka åtgärder som behövs för att skydda befolkningen måste man känna till vilka ämnen och hur mycket av dessa som förekommer i det radioaktiva nedfallet. En kartläggning påbörjades: SSI:s gammastationer lästes av, med FOA:s luftfilter bestämdes den exakta sammansättningen av radioaktiva ämnen, mätningar genomfördes i fält och prover togs. Av största betydelse var kanske att dåvarande Sveriges geologiska AB, SGAB, hade ett i det närmaste startklart flygplan med detektorer för strålningsmätning. Med hjälp av dessa kunde strålningsläget snabbt kartteras.

Den inledande mätstrategin beskrivs av *Robert Finck* som också redovisar vilka stråldoser som den svenska befolkningen får från de radioaktiva

ämnen som finns på marken och som fanns i luften just efter olyckan. Detta är den så kallade externstråldosen.

Det andra stora dosbidraget kommer från radioaktiva ämnen i livsmedel. Dessa stråldoser bestäms bäst genom direkta mätningar på människan och beror på kostsammansättningen. *Christopher Rääf* redogör för helkroppsmätningar på olika grupper. Det skiljer mer än hundrafalt mellan dem som får högst och lägst stråldoser. Högre stråldoser får de som äter mycket vilt och ren. Helkroppsmätningarna har också använts för att bestämma den totala stråldosen från livsmedel till den svenska befolkningen, internstråldosen. Det är svårt att påverka externstråldoserna, medan det är möjligt att påverka internstråldoserna genom att reglera vad som är tillåtet att sälja i handeln, genom gränsvärden och genom kostråd. Gränsvärden fastställdes av Livsmedelsverket efter diskussioner med SSI och detta sammanfattas av *Leif Moberg* som också beskriver vilka gränsvärden som ska gälla vid nästa olycka.

Följder för jordbruk och livsmedel

Efter att ha hanterat frågor om inomhusvistelse, utrymning och eventuella beslut om jodtabletter, vilka inte bedömdes nödvändiga, är konsekvenserna för jordbruket och livsmedelsförsörjningen av största betydelse. Det tar bara ett par dagar innan radioaktiva ämnen finns i mjölken. Först är det kortlivat jod- 131 och sedan radioaktivt cesium som dominerar. Åtgärder mot detta och andra konsekvenser inom jordbruket sammanfattas av *Klas Rosén*.

De atmosfäriska kärnvapentesterna under slutet av 1950-talet och början av 1960-talet spred radioaktiva ämnen, bland annat cesium- 137 , över jordklotet. Detta ledde till särskilt höga koncentrationer i renkött, på den tiden som högst 4 kBq/kg. Efter Tjernobyl blev konsekvenserna för rennäringen betydligt större och det fanns en oro för dess framtid. Genom olika åtgärder har situationen förbättrats betydligt vilket framgår av *Birgitta Åbmans* artikel.

Även om det var känt att ett radioaktivt nedfall i skogen kan ha stora konsekvenser så var det först efter 1986 som större forskningsinsatser genomfördes för att förstå varför ned-

gången i halter i skogens produkter är så långsam. *Karl Johan Johanson* berättar om konsekvenserna särskilt för halterna av cesium- 137 i svamp, bär och älg.

Lars Håkanson beskriver de framsteg som gjorts för att förstå och prognosticera halterna av Cs- 137 i insjöfisk. Särskilt varför det är så stora tidsvariationer i hur halterna i fisk sjunker efter ett radioaktivt nedfall.

Följder utomlands

En stor del av detta Tjernobylnummer ägnas åt vad som hände i Sverige och hur framtiden ser ut. Men i en artikel av *Leif Moberg* sammanfattas de viktigaste konsekvenserna i Ukraina, Vitryssland och Ryssland. Konsekvenserna är omfattande, i första hand mänskligt, men också ekonomiskt. Flera döda bland de brandmän som deltog i släckningsarbetet under olycksnatten, många barn som fått cancer i sköldkörteln, och vida områden som fortfarande är utrymda har inneburit stora påfrestningar. För de flesta i befolkningen är dock inte stråldoserna alarmerande höga och det har hittills inte varit möjligt att påvisa en ökning i cancerfrekvensen, utöver ökningen av sköldkörtelcancer, som kan relateras till olyckan.

Två artiklar ägnas våra grannländer Finland och Norge. Danmark fick relativt litet nedfall. Den finska artikeln är skriven av *Raimo Mustonen* och den norska av *Tone Bergan*, *Stavrans Skuterud* och *Per Strand*.

Framåtblick

De två avslutande artiklarna pekar framåt. *Pål Andersson* beskriver hur miljöövervakningen utvecklats under åren och hur det nuvarande programmet ser ut. *Lynn Hubbard* redogör för hur beredskapen förändrats under senare år och hur den är utformad idag. Hela Sverige är en del av beredskapen som omfattar en beredskap mot alla former av olyckor eller händelser som inbegriper radioaktiva ämnen.

Det är inte möjligt att i detta temanummer täcka alla olika aspekter efter en katastrof som Tjernobylyolyckan, men förhoppningsvis ger artiklarna tillsammans en bra bild av olyckans konsekvenser då, nu och framöver.

LEIF MOBERG

Myndighetsspecialist, SSI

Gästredaktör för detta nummer

En måndag att minnas



Evakueringen av Forsmark till utrymningsstationen i Norrskedika den 28 april 1986

Klockan är strax efter 07.00 på morgonen den 28 april 1986 och kemisten Clifford Robinson på Forsmark block 1 är på väg ut från omklädningsrummet. När han passerar rammonitorn larmar apparaten. Radioaktiva ämnen på skorna! Det måste vara fel på apparaten, skorna hade ju aldrig varit inne på kontrollerat område, men även den andra monitorn larmade om förhöjd aktivitet. Ungefär samtidigt blev strålskyddsteknikern Bengt Bellman på block 2 informerad om att också monitorerna vid blockets omklädningsrum larmar.

Detta var inledningen på en minnesvärd måndag. Snart kunde man konstatera att det inte fanns någon förhöjd aktivitet inomhus men däremot fann man förhöjda strålnivåer utomhus. Problemet var att man inte visste källan. Kunde det vara bränsleskadan på Forsmark 3 som spökade? En snabb analys av de radioaktiva ämnena visade att sammansättningen var sådan att de kom från ett kärnkraftverk och inte från något kärnaven.



Den 28 april 1986 vid Forsmark

09.30 rapporterades strålningsläget vid det ordinarie produktionsmötet.

Beslut fattades om att införa larmnivån höjd beredskap och att bemanna ledningscentralen, KC. Där samlades en ledningsgrupp bestående av bland annat Karl Erik Sandstedt (områdesledare), Henning Danielsson (anlägg-

ningsledare), Lars Wahlström (strålskyddsledare) samt Lenart Franzon (informationschef).

10.15 informerades länsalarmeringscentralen, SSI, Statens kärnkraftinspektion, Länsstyrelsen i Uppsala, Östhammars kommun och Vattenfall om läget.

10.30 upprättades, på K-E Sandstedts order, en vägspärr mellan Forsmarks bruk och kraftverket och saneringsstationen i Norrskedika började bemannas.

Samtidigt sände Radio Uppland den första informationen om den misstänkta läckan i Forsmark och uppmanade lyssnarna att stanna inomhus i väntan på nya besked. Kemister, fysiker och tekniker i Forsmark påbörjar en teknisk analys för att försöka hitta orsak och källa till utsläppen för i detta läge trodde man att aktiviteten kom från någon av reaktorerna i Forsmark.

10.45 tillkallades förstärkning till Forsmarks informationsavdelning.

- ☞ 11.00 gick larm över kraftverkets högtalaranläggning där alla, utom nödvändig driftpersonal och personal i haveriberedskapsorganisationen, uppmanades att utrymma Forsmarksverket och åka till saneringsstationen i Norrskedika. Vid tolvtiden hade ca 800 personer anlänt och en lång väntan inleddes.
- 11.25 sände Jon Hogdal på Radio Uppland en bandad intervju med K-E Sandstedt.
- 11.30-13.30 Lars Wahlström kontaktade kollegor i Finland, Oskarshamn samt forskningsstationen i Studsvik och även på dessa ställen hade man mätt upp högre strålnivåer än normalt och sanningen började avslöjas. De radioaktiva ämnena kom med vindarna från öster.
- 14.00 hölls den första presskonferensen i Forsmark, men läget bedömdes fortfarande som oklart. Först 14.30 fick de evakuerade lämna Norrskedika; några måste lämna sina skor och åka hem i skoskydd* av plast. Fram till 15.30 hade cirka 300 personer avsökts.
- 15.30 återgick Forsmark till normalläge.
- 16.00-24.00 Forsmark stod i världens strålkastarljus och Forsmarks informationschef intervjuades av en rad utländska tidningar, radio och TV-bolag.

Dagen efter publicerade kraftverket en bulletin. Forsmarks chef Karl Erik Sandstedt avslutade med: »Som framgått av nyhetsreportagen senare i går kväll är strålkällan av utländsk härkomst. Med vänliga hälsningar och tack för tålamodet under en besvärlig måndag«.

ANDERS MARKGREN

Biträdande informationschef, Forsmark

*Som kuriosita kan nämnas att skogräns och avsökningsutrustning under en period fick upprättas för inpassage till kraftverken och personalen måste byta till »rena« skor för att få komma till sina arbetsplatser.

Det radioaktiva molnet från Tjernobyl: första dygnets mätningar

Söndagen den 27 april 1986 var en vacker vårdag och många var ute och njöt av vårvärmen. Ingen visste då att ett radioaktivt moln från en kärnkraftsolycka hundra mil bort höll på att spridas över landet. Molnet hade nått Gotland och Öland vid sextiden på morgonen och fortsatt in över Småland, Östergötland och Sörmland. Vid SSI:s mätstation för gammastrålning på Ölands södra udde började visaren långsamt öka utslaget och ritstiftet markerade detta på skrivarpapperet. Mot kvällen ökade utslaget allt kraftigare. Också vid mätstationerna i Eksjö, Erken och Solna registrerades i tysthet spåren av ökande strålning.

Att något var galet med strålningen i omgivningen blev uppenbart på måndag morgon den 28 april. Vid sjutiden började mätinstrument vid Forsmarks kärnkraftverk ge larm. Vid tiotiden larmades SSI och andra myndigheter.

FOA kör igång

Försvarets forskningsanstalt (FOA) hade i uppdrag att övervaka om luften i Sverige innehöll radioaktiva ämnen från kärnvapenprov. Övervakningen skedde genom att stora fläktar på sju platser i landet sög luft genom partikelfilter. Filtren byttes vartannat dygn och skickades med post till FOA i Stockholm där innehållet analyserades. Den snabbaste mätningen skedde i Stockholm där filtret hämtades direkt från luftfilterstationen till mätlaboratoriet.

På morgonen den 28 april hade Ingemar Vintersved hämtat det luftfilter som suttit uppe i Stockholm under lördag-söndag. Den normala rutinen var att vänta några timmar så att radonets radioaktiva dotterprodukter skulle hinna sönderfalla och inte störa mätningen. Filtret låg därför orört på mätlaboratoriet under förmiddagen.

Jag var under förmiddagen på mitt tjänsterum på FOA. Kvart över tolv plingade det till på min bildskärms-terminal som var uppkopplad till SSI:s dator i Solna. Avsändare var HAVERI – en identitet som endast skulle användas vid en kärnkraftsolycka: »Tyvärr har det kärvat till sig i Forsmark. Någon form av utsläpp är på gång, eller har åtminstone varit ... Kom hit ... / Erik«.

Samling hos SSI

Klockan var lite över 12:30 när vi kom till Haga tingshus, hem för SSI:s kärn-

energiavdelning. I tingsalen hade Jan-Olof Snihs samlat några personer som arbetade med händelsen. Snihs berättade att Forsmark hittat radioaktiva ämnen på marken med en sammansättning liknande ett 10-48 timmar gammalt utsläpp från en reaktor.

Vintersved hade samtidigt hört om radioaktiva ämnen runt Forsmark på radioekot. Han placerade Stockholmsfiltret på gammaspektrometern och inom någon minut visade mätningen att det fanns fissionsprodukter i luften i en mängd som han aldrig sett förut.

En avgörande fråga var nu om det var en kärnreaktor eller en kärnladdningsexplosion som skapat de radioaktiva fissionsprodukterna. Frågan kunde avgöras genom att se efter om det fanns Cs-134 i luftfiltret. Ämnet bildas i kärnreaktorer genom neutronaktivering men det uppstår nästan inte alls i kärnladdningsexplosioner. Det fanns Cs-134 i filtret. Det var alltså en kärnreaktor som var orsaken. Men vilken reaktor?

Den avgörande informationen som visade från vilket håll de radioaktiva ämnena kom erhöles genom att analysera väderdata »baklänges« och räkna ut varifrån luften hade kommit. SMHI gjorde dagligen sådana beräkningar åt FOA. Analysen pekade på att de radioaktiva ämnena kom någonstans från området Estland-Lettland.

På FOA genomförde Björn Bjurman mätningar med en högupplösande gammaspektrometer för att kunna identifiera vilka radioaktiva ämnen som fanns på marken. Den första mätningen över en gräsmatta visade att samma radioaktiva ämnen som identifierats i luftfiltret också fanns på marken. Strålnivån utomhus var dubbelt så hög som normalt.

Forts. på sid 6

Lars-Erik De Geer, FOA, begärde luftprovtagning med Lansen-flygplan. Sådana fanns i beredskap för provtagning av radioaktiva ämnen från kärnladdningsexplosioner, men hade inte använts under 1980-talet. Sex luftfilterkapslar monterades under vingarna på flygplanet. Kapslarna öppnas av piloten under flygningen och radioaktiva partiklar samlas in på filtret. Flyghöjden var tiotusen meter när man ville samla in prover från atmosfäriska kärnvapenprov. Nu var flyghöjden låg eftersom utsläppskällan troligen fanns i marknivå. För att komma så nära utsläppet som möjligt genomfördes flygningen på 300 m höjd över Östersjön nära den Sovjetiska territorialgränsen.

En av de sju luftfilterstationerna fanns vid FOA i Umeå. Klockan 14:30 mätte Lennart Johansson luftfiltret utan att finna någon ökad förekomst av radioaktiva ämnen. Det radioaktiva molnet över södra Sverige hade således ännu inte nått Umeå.

Luftanalyserna kommer in

Klockan 15:40 mätte FOA det luftfilter som hade suttit uppe i Stockholm sedan 07:10 på morgonen. Analysen visade att halterna av radioaktiva ämnen ökat under dagen, jod-131 med 10 gånger och cesium-137 med 200 gånger. Situationen var oroväckande, särskilt som orsaken till det radioaktiva molnet ännu inte var klarlagt.

Per-Einar Kjelle, SSI, skötte driften av SSI:s 25 fasta mätstationer. Klockan 16:00 fanns mätdata från de tre stationer som var automatiserade. Stationen vid Erken visade en ökning från 117 nanosievert per timme (nSv/h) under söndagen till 154 nSv/h på måndagen. Vid övriga mätstationer registrerades utslaget på en pappersskiva som normalt byttes en gång i veckan. Från dessa kunde mätdata bara erhållas genom att ringa runt och få muntlig rapport, vilket tog tid. Mätstationen på Gotland hade monterats ner vid en flyttning och inte satts upp igen eftersom SSI hade planer på att lägga ner stationsnätet. Så från Gotland gick det inte att få mätdata.

Strax efter kl 17:00 ringde försvarsdirektör Hans Linder från Gotland till SSI och meddelade att man mätt upp 150 μ Sv/h med försvarets mätinstrument Intensimeter 21. Detta mätvärde motsvarar en tusenfaldig ök-

ning av strålnivån. Om värdet var korrekt var strålnivån på Gotland mycket högre än i Stockholm och befolkningen skulle kanske behöva söka skydd inomhus. Minsta skalutslag på försvarets mätinstrument var 10 mR/h så det kunde vara en felavläsning eller fel på instrumentet. Det beslöts att FOA snarast skulle flyga mätinstrument till Gotland. Försvarsstaben ställde en Vertol-helikopter till förfogande.

Strax efter kl 19:00 bekräftade Sovjet att det inträffat en kärnkraftolycka och att det var reaktor 4 i Tjernobyl i Ukraina som havererat.

Flygburna mätningar över Gotland

Under flygningen till Gotland gjorde Bjurman och De Geer hela tiden mätningar. Mätutslaget ökade när helikoptern steg och minskade när den gick ner på lägre höjd över vattnet. I Färösund visade mätningarna med ett handinstrument 20 μ R/h (200 nSv/h) över en gräsyta, dvs ungefär samma förhöjning som i Stockholm. Mätning med fältgammasspektrometern visade ungefär samma förekomst av radioaktiva ämnen som i Stockholm.

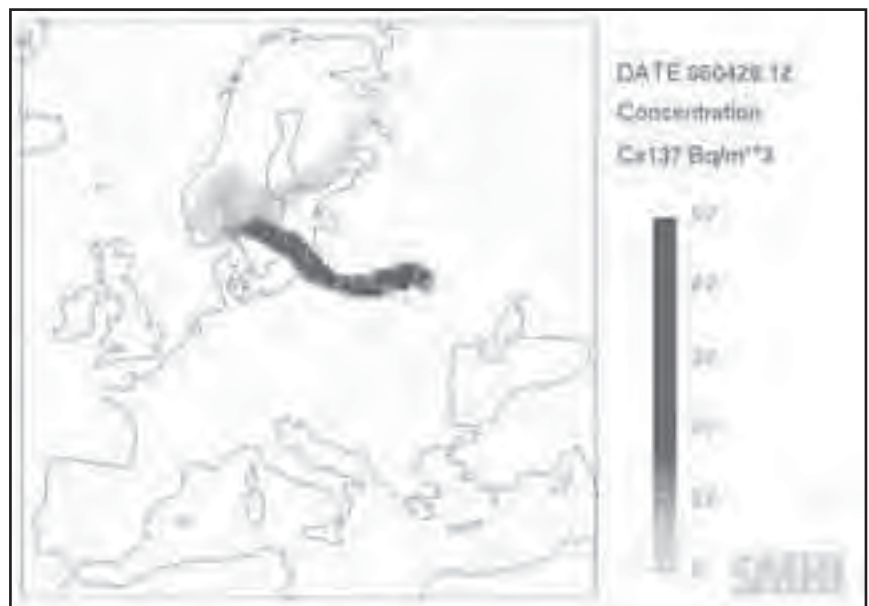
Under kvällen analyserades luftfiltren från Lansen. Provtagningen hade skett på sex delsträckor på 300 meters höjd över Östersjön från en punkt 30 km öster om Norrtälje till 50 km öster om Slite på Gotland. Mätningarna visade avtagande värden söderut, ca 10 gånger lägre nordost om Färö på Gotland än vid Stockholms skärgård. Av detta drogs slutsatsen att Gotland inte hade blivit särskilt drabbat av utsläppet.

Detta skulle emellertid så småningom visa sig vara fel. En rekonstruktion av SMHI 1996 visar nämligen att det radioaktiva molnets centrala delar under måndagen sannolikt låg över södra Gotland (se karta nedan). Om flygprovtagningen förlagts längre söderut hade Lansen förmodligen stött på molnet. Provtagning med Lansen den 29 april styrkte detta. Mätvärdena nordost om Färö var då cirka 10 gånger högre än vid Stockholm skärgård den 28 april, sannolikt därför att vinden vridit sig och flyttat molnet mot provtagningssträckan i nordost. Det betyder att den beräkning av inhalationsdosen för Gotland som gjordes 1986 är en underskattning. Den bygger på antagandet att Stockholm och Gotland hade samma aktivitetskoncentration i luften. Inhalationsdosen kan i verkligheten ha varit ca 10 gånger högre för delar av Gotland, vilket skulle betyda runt 0,2 mSv, vilket fortfarande är en relativt låg dos.

Första natten faller

Under eftermiddagen, kvällen och natten mättes luftfilter från Stockholmsstationen varannan timme. Mätningarna visade ökande värden för I-131 och Cs-137 hela dagen, men vid 21-tiden på kvällen uppnåddes ett maximum och därefter sjönk koncentrationerna. Det värsta verkade över. Inget kunde vara mer fel...

ROBERT FINCK
Utredare, SSI



SMHI:s rekonstruktion av Tjernobylmolnets färdväg och halt av Cs-137 i luft

Gunnar Bengtsson reflekterar

Åttiotalets informationslandskap kommer inte tillbaka. Snart efter Tjernobylolyckan hade tidningen Journalisten en stor artikel rubricerad: »Gud finns – han heter Bengtsson!«. Man ifrågasatte medias ensidiga förlitande på en enda expertkälla.

Sedan dess har massmedia blivit mer mångfacetterade och expertisen breddats. Fortfarande är snabb och korrekt information en nyckelfråga vid kriser. Att förutsättningarna för detta har blivit bättre är en bestående lärdom från Tjernobylolyckan.

På förmiddagen den 28 april kom jag hem efter en mardrömsresa från Rio via Saudiarabien, förkyld och trött. Jag hade sedan torsdagen varit på resande fot i 57 timmar, blivit av med resväskan redan från början, förlorat tre flygbiljetter, missat tre flyg och stått på väntelista till sju. Jag var på väg hem för att bädda ner mig men titade upp på mitt arbetsrum på vägen från flygplatsen. Medarbetarna berättade att något hänt vid reaktorerna i Forsmark där man sett radioaktiva ämnen vid den rutinemässiga utpasseringskontrollen. Otroligt nog kom strax besked om att något hänt också vid atomforskningsstationen Studsvik där man sett liknande radioaktiv nedsmutsning på personalen.

Så rullades den chockerande historien upp: ett gigantiskt radioaktivt utsläpp hade passerat Sverige och kom troligen från Vitryssland eller Ukraina. Regeringen med miljö- och energiminister Birgitta Dahl ställde frågor till Sovjetunionen och fick besked att en olycka skett i en reaktor i kärnkraftverket i Tjernobyl.

Därpå följde några månader med en oerhörd press på SSI:s personal och alla andra som medverkade för att klarlägga vad som hänt och lindra följderna i Sverige. SSI agerade kraftfullt trots att det inte var helt klart vilket mandat myndigheten hade. Detta uppskattade åtminstone utredaren Göran Steen* som många gånger talade om för mig hur viktigt han tyckte att detta agerande varit.

Beslut under osäkerhet

Hur mycket skydd är lagom när man inte vet vad som håller på att hända?

* Statens haverikommissions generaldirektör Göran Steen presenterade en utredning i flera band och senare utreddes beredskapsbehoven av förre rikspolischefen Carl Persson

Det är svårt att svara på. Jag ansträngde mig mycket för att få någon sorts hum om riskerna. Min tidiga bedömning blev att

- att riskerna i närområdet var stora,
- att sammanlagda följderna på större avstånd skulle kunna bli ett stort antal cancerfall många år efter olyckan, samt
- att följderna i Sverige skulle bli så pass begränsade att det redan i inledningskedet skulle vara tillräckligt med skyddsinsatser för att begränsa riskerna på lång sikt, t.ex. att vara försiktig med maten och med ställen där det radioaktiva nedfallet kunde ha koncentrerats. Allmänheten skulle inte få stråldoser över sådana som tillåts i ett års yrkesarbete med strålning.

Strategin blev därför inledningsvis att skaffa bättre underlag för beslut genom bra kartläggning och under tiden bara informera om att man skulle undvika att få i sig radioaktiva ämnen i onödan. Senare tillkom gränsvärden och intagsbudgetar för livsmedel.

Det fanns två möjliga undantag till denna strategi. Vi på SSI diskuterade dem ingående efteråt. Det ena gällde dem som vistades i det passerande radioaktiva molnet den första dagen. På Gotland som låg närmast Tjernobyl skulle man kanske kunna få stråldoser som motiverade att SSI rekommenderade inomhusvistelse. Detta exempel var närmast teoretiskt eftersom de skulle ha fått störst doser när det första utsläppet passerade och just då var det fortfarande ökat.

Det andra möjliga undantaget gällde gravida kvinnor, som inte får arbeta med strålning eftersom fostret är särskilt känsligt. En stråldos motsvarande strålningsarbete skulle strida mot den vanliga skyddsnivån. Mina första be-



Foto: SSI

Gunnar Bengtsson, SSI:s generaldirektör när Tjernobylolyckan inträffade

dömningar antydde att marginalerna var mycket goda. Det visade sig senare att marginalerna var betydligt snävare än jag trott, och jag vändades mycket när jag tvangs offentliggöra detta. Inte för att skyddsrekommendationerna skulle behöva ändras, men för att kvinnorna fått fel underlag för sina beslut om de ville tillämpa starkare skydd än samhällets vanliga rekommendationer som de förmedlats av SSI. Under hela åtgärdsfasen var detta en grundtanke kring skyddet:

- SSI förmedlar en avvägning mellan risker och kostnader eller andra samhällsstörningar ur ett brett samhällsperspektiv
- SSI informerar om saken så att den enskilde eller näringslivet kan göra andra avvägningar: vissa jägare åt sitt vilt utan att bekymra sig för hur pass förorenat det var, medan mejerinäringen inom sig satte en åtgärdsgräns för mjölken som låg på tiondelen av vad SSI föreslog Livsmedelsverket.

Viktiga resultat och lärdomar

Genom information och åtgärder mot förorenade livsmedel kunde stråldoserna minskas till gagn för folkhälsan. Hoten mot hälsan var dock marginella och det är svårt att visa om cancerrisken verkligen påverkats av nedfallet. Istället ser jag en icke-effekt som det viktigaste resultatet av insatserna: I många andra länder följde en stark uppgång av antalet aborter i olyckans spår, men i Sverige var denna effekt liten, om ens påvisbar. Jag tolkar det som att kvinnors svåra beslut om abort inte fått slagsida av överdrivna

Forts. på sid 8

föreställningar om risker för deras ännu ofödda barn. För mig har det varit en stor tillfredsställelse att se utfallet och ha medverkat i den information de tagit till sig.

I stort sett omedelbart såg myndigheter och regering till att en utvärdering startade för att dra erfarenheter av den unika situationen. Stor vikt lades vid hur informationen fungerat och kunde förbättras. Nu finns bättre grundinformation att tillgå, förberedda informationsmaterial och fler kunniga informatörer runt om i landet. Jag är övertygad om att man är inställd på att söka sin information från mycket bredare källor än när Tjernobylyckan just hade skett. Däremot är jag orolig för journalistkårens kompetens. Då, 1986, hade vi ett stort antal kunniga vetenskapsjournalister som hade möjligheter att fördjupa sig i naturvetenskapliga frågor och snabbt kunde förstå den ganska invecklade situationen. Idag, 20 år senare, befarar jag att pressen är hårdare och att det finns färre och mindre kompetenta vetenskapsjournalister. Jag hoppas förstås att jag har fel!

Självklart finns det mycket annat som förbättrats. Sveriges spetskompetens på att analysera radioaktiva ämnen väckte internationell uppmärksamhet 1986. Nu finns en mycket större bredd därtill, med moderna övervakningssystem och med mätmöjligheter i kommunerna.

Kompetensen för insatser vid kärnkraftolyckor låg 1986 främst på central nivå och i kärnkraftslän och -kommuner. Nu är den breddad i övriga län och kommuner.

Öva, öva, öva!

Även om mycket förbättrats är det lätt hänt att resurser inklusive kunskaper urholkas när det inte händer något "skarpt". Harrisburgolyckan 1979 ledde till stora förbättringar i beredskapen men budgetarna var på väg neråt när Tjernobylyckan inträffade. Det kostar att ha en bra beredskap och risken är stor att betalviljan minskar i lugna tider. Men beredskapen 1986 hade inte varit så god om vi inte hade övat, övat, övat och det finns inga gengäver i framtiden. Öva, öva, öva!

GUNNAR BENGTLSSON

Kommunikation vid kris

När något har hänt är det många som vill veta mycket och det ska vara snabbt. Det behovet blev mycket påtagligt när Tjernobylyckan blev känd i Sverige den 28 april 1986.

Informationsberedskapen 1986

SSI:s informationsverksamhet var 1986, enligt den då gällande beredskapsplanen, enbart organiserad för att ta hand om en svensk kärnkraftsolycka. Enligt planen var det istället den drabbade länsstyrelsen som hade ansvaret för att informera befolkningen och massmedierna.

Att olyckan inträffade utomlands ledde till att SSI fick inrätta en provisorisk organisation för informationsverksamheten. Den egna personalen räckte inte utan förstärkning behövdes och det var flera andra myndigheter men även frivilligorganisationer som ställde upp för att i första hand svara på frågor från oroliga människor. Trycket var enormt och en förmiddag registrerade dåvarande Televerket att 30 000 abonnenter försökte komma i kontakt med SSI.



Intresset från såväl inhemsk som utländsk press var stort. En frontfigur utåt blev SSI:s generaldirektör som fanns med vid de dagliga presskonferenserna och ställde upp på otaliga intervjuer för olika massmedier. För informationsmottagaren betydde detta enhetlig information från en sakkunnig person. För SSI:s generaldirektör blev detta omfattande och tunga engagemang däremot inte hållbart på sikt eftersom behovet av information om Tjernobylyckan kom att gälla under lång tid.

Mediernas rapportering

Rapporteringen om Tjernobylyckan och dess konsekvenser var mycket omfattande i svenska medier. I Haverikommissionens slutrapport analyserade Findahl och Lindblad rapporteringen i riksradiotion och TV. En vardagskväll 1986 såg eller lyssnade 50 procent av svenska folket på ett nyhetsprogram av något slag.

Under de 40 första dagarna ägnade Rapport och de olika Eko-programmen (Morgonekot samt »kvar-i-fem-ekot«) 358 nyhetsinslag åt Tjernobylyckan. I sändningstid motsvarade det 8 timmar. Under samma period omfattade Aktuellt Tjernobylyrapportering 4,5 timmar.

Merparten av de undersökta programmen omfattade faktaredovisning, men Findahl och Lindblad konstaterar att i vart tredje program förekom spekulationer i form av gissningar eller antagande som inte kunde baseras på faktaangivelser. Motstridiga uppgifter förekom i vart sjunde programinslag och här ingick att allmänheten identifierade representanter från intresseorganisationer med myndighetspersoner och upplevde då att informationen gav »dubbla budskap«.

Tidningarnas rapportering av myndigheternas information var i stor omfattning negativ och forskarna Norstedt och Lekares visar på sambandet mellan länsstillhörighet och tendens i rapporteringen. De mest positiva tidningarna hörde hemma i de minst drabbade områdena medan de mest

negativa tidningarna hörde hemma i de mest drabbade områdena.

Tiden efter olyckan kom fler och fler informationskällor att återges vilket innebar att bedömningar från myndigheter ställdes mot bedömningar av fristående experter. Detta gav artiklarna en slags dualism (»antingen/eller«-motsättning) som inte underlättade tolkningen av läget för läsaren. De många experternas uttalanden gav åtskilliga gånger olika uppgifter och dubbla budskap om olyckans konsekvenser för den enskilda människan. Detta skapade otrygghet och osäkerhet för hur människor skulle hantera den uppkomna situationen.

SSI:s informationsbroschyrer till allmänheten

Behovet hos allmänheten om information om nedfallet var mycket stort. För att möta detta behov tog SSI under försommaren fram två broschyrer som distribuerades ut till hushållen i de mest drabbade länen. Senare under hösten 1986 skickades även broschyren *Efter Tjernobyl* ut till alla hushåll i Sverige. Den översattes till ett tiotal invandrarspråk och överfördes även till punktskrift och lästes in på ljudkassett.

Styrelsen för psykologiskt försvar, SPF, genomförde två studier, en före utdelningen av *Efter Tjernobyl* och en efter. I sin utvärdering konstaterade SPF att 71 procent uppgav att de fått broschyren eller hört talas om den och av dessa hade hälften tittat i den. Av dessa uppgav tre fjärdedelar att innehållet var intressant och ganska lätt att förstå. Några säkra belägg för att broschyren hade några »kunskapshöjande« effekter framkom inte, eftersom skillnaderna i svarsmönster i de båda studierna var för liten för att SPF skulle kunna dra en sådan slutsats.

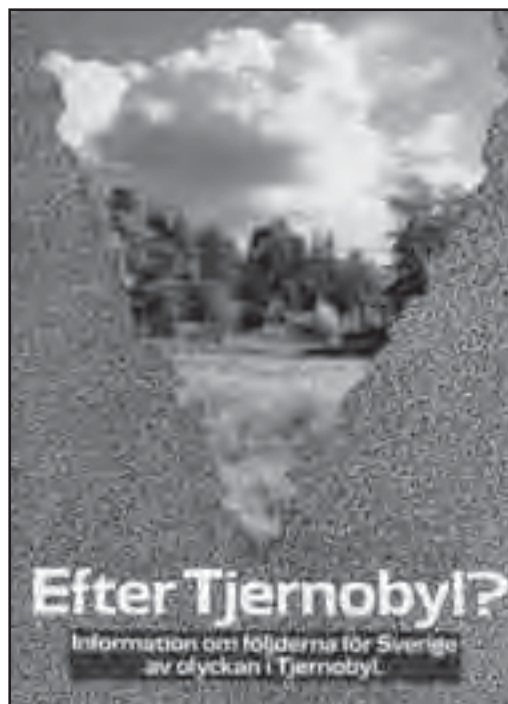
Efterfrågan på information om konsekvenserna av Tjernobyl-olyckan finns än idag. I samband med jakt och svamp- och bärplockningstider kommer fortfarande frågorna om det är farligt att äta det som kommer ifrån de områden som drabbades av nedfallet från olyckan.

Informationsberedskapen idag

De senaste tjugo åren har den tekniska utvecklingen inom kommunikationsområdet tagit stormsteg framåt från

telex och telefax till e-post och Internet med alla dess möjligheter. Medielandskapet har breddats och antalet kommunikationskanaler har vuxit. Deras snabbhet har därtill förändrat kommunikationens möjligheter radikalt. Antalet aktörer på informationenarenan blir hela tiden fler, vilket gör det svårare för myndigheterna att nå ut med sina budskap.

Kommunikationen från myndigheten ska fortsätta vara snabb, öppen och korrekt, men kraven på snabbhet medför att utrymmet för eftertanke har minskat och informationen, budskapet, måste formuleras på mycket



Den så kallade Hushållsbroschyren som distribuerades till alla hem i Sverige hösten 1986.

kortare tid.

För att tillmötesgå dessa krav så långt det är möjligt arbetar och planerar SSI för att skapa en flexibel beredskapsorganisation som kan anpassas utifrån olika typer av strålningsolyckor.

Genom övningar omprövas och korrigeras beredskapsplanen så att den alltid är aktuell. Informationsberedskapen testas vid dessa övningar och från att tidigare endast ha gällt kärntekniska olyckor övas idag även andra olyckor med strålning. Hotbilden ser delvis annorlunda ut och kräver andra typer av övningar och att nya kontaktvägar säkerställs med

myndigheter som är berörda av den aktuella händelsen.

SSI:s huvuduppgift under kriser är att samla in strålningsdata samt att sammanställa, bearbeta, analysera, utvärdera och omsätta dessa i råd och information till drabbade och andra myndigheter. För att klara detta behöver organisationen ha förmåga att snabbt kunna göra bedömningar av strålningsläget och ge råd om vilka åtgärder som människor behöver vidta för att skydda sig. Genom den tekniska utrustningen finns idag möjligheter att ha olika databaser med förberett material som möjliggör och underlättar bedömningar trots bristfälliga underlag, samt att tillhandahålla svar på mer generella frågor och därmed snabbare än förr nå ut till de drabbade.

Berörda myndigheter tränar regelbundet samverkan och hur de ska agera för att snabbt kunna nå ut med samordnad information. Varje katastrof är unik, men genom att öva om och om igen lär personalen sig att arbeta effektivt i kaotiska situationer.

Efterfrågan på information om Tjernobyl-nedfallet och dess konsekvenser var gränslös. Där lärde vi på SSI oss informationsarbetets vikt vid katastrofer. Det som de ansvariga myndigheterna berättar hjälper den enskilde individen att fatta rationella beslut. För att detta ska fungera väl måste informationen vara öppen, sann, snabb och begriplig, samt samordnad mellan berörda myndigheter. Eftersom världen ständigt förändras måste de informationsansvariga hela tiden vässa sin skicklighet inom detta fält.

BRITT EKMAN
Senior adviser, SSI

Källor

Findahl och Lindblad; *Beredskap efter Tjernobyl. Slutrapport september 1987 från Statens haverikommission*

Norstedt och Lekares; *Beredskap efter Tjernobyl. Slutrapport september 1987 från Statens haverikommission*

Det största kärnkraftshaveriet

Haveriet i reaktor 4 vid kärnkraftsanläggningen i Tjernobyl i Ukraina är det hittills största som drabbat den civila användningen av kärnenergi. Tjernobylanläggningen planerades omfatta sex reaktorer. Fyra var i bruk 1986, medan två var under uppförande och arbetet på dessa avbröts efter olyckan. Reaktor 2 stängdes i oktober 1991, efter en brand i turbinhallen, reaktor 1 i december 1997 och reaktor 3 den 15 december 2000. Omfattande arbete återstår för att säkert skrota den havererade reaktorn, för att riva de tre andra och för att ta hand om de enorma mängderna radioaktivt avfall som då uppkommer och som finns lagrade i den avstängda tremilszonen runt anläggningen.

Omedelbart före olyckan, som inträffade kl. 01.23 lokal tid natten till lördagen den 26 april 1986, hade reaktorn i ett antal timmar drivits utanför tillåtna driftvillkor.

Syftet var att i ett experiment undersöka hur turbinen kunde användas för att leverera ström vid ett plötsligt bortfall av den ordinarie strömförsörjningen. En kraftig stegring av reaktor-effekten ledde till att kylvattnet i reaktorn förångades. Detta medförde en ytterligare snabb ökning av effekten med åtföljande ångexplosion som slet sönder reaktorn. Explosionen ledde till att grafiten i reaktorn fattade eld och denna brand pågick i flera dagar.

Utsläppen

En stor del av reaktorhårdens innehåll av flyktiga ämnen släpptes ut, men uppskattningar visar att mer än 95 procent av bränslet finns kvar i den havererade reaktorn. Den kraftiga grafitbranden bidrog till att det radioaktiva materialet fördes upp på hög höjd och därmed kunde spridas över stora landområden. Under olyckans första dag förde kraftiga vindar de radioaktiva ämnena norrut mot de nordiska länderna.

Där det regnade vid molnets passage blev nedfallet på marken större. Omfattande utsläpp av radioaktiva ämnen pågick i tio dagar. En varierande vindriktning medförde att radioaktivt nedfall drabbade många länder i Europa. Mer än 200 000 kvadratkilometer (en yta stor som halva Sverige) fick en markbeläggning av cesium-137 på över 37 kBq/m².^{*} Mer än 70 procent av den cesiumkontaminerade arealen ligger i Ukraina, Vitryssland och Ryssland. Det mesta av radioaktivt strontium och plutonium finns inom

100 kilometer från den havererade reaktorn.

Sarkofagen byggs

I mitten av maj 1986 var strålningsnivåerna höga runt reaktorn till följd av de radioaktiva ämnen som fanns på marken, i form av finfördelat material från bränslet, och i luften, i form av radioaktiva partiklar med stor andel kortlivade radioaktiva ämnen. Tusentals kubikmeter radioaktivt avfall, inklusive det översta jordlagret, samlades ihop och byggdes in i väggarna till den byggnad som uppfördes runt reaktorn.

Denna konstruktion, ofta kallad *sarkofagen*, stod klar i november 1986. De extrema förhållandena under byggandet innebär att det råder oklarheter om sarkofagens exakta tillstånd, något som har uppmärksammats under årens lopp. Det finns osäkerheter om hur pass säkra de ursprungliga reaktorfundamenten som sarkofagen delvis vilar på är. Stora mängder regnvatten passerar årligen de inre delarna av sarkofagen och detta har bidragit till att konstruktionsmaterial korroderat. Det vatten som samlas in eller läcker ut under sarkofagen innehåller höga halter av framförallt cesium-137, strontium-90 och plutonium. Doshastigheten inne i sarkofagen varierar idag mellan 2 mikrosievert i timmen och 100 millisievert i timmen. En rad åtgärder har dock vidtagits under åren, dels för att stabilisera sarkofagen, dels för att bättre kunna kontrollera dess tillstånd.

Sarkofagens faror

Vad är riskerna med med sarkofagen och vilka kan konsekvenserna bli för omgivningen?

Det har utretts om det kvarvarande bränslet i kombination med vatten kan åstadkomma kriticitet, det

vill säga att kedjereaktioner åter startar och delar av bränslet »kommer till liv« igen. Detta har dock bedömts som mindre troligt. Om det trots allt skulle inträffa har konsekvenserna för omgivningen, de närmsta milen runt reaktorn, bedömts som små.

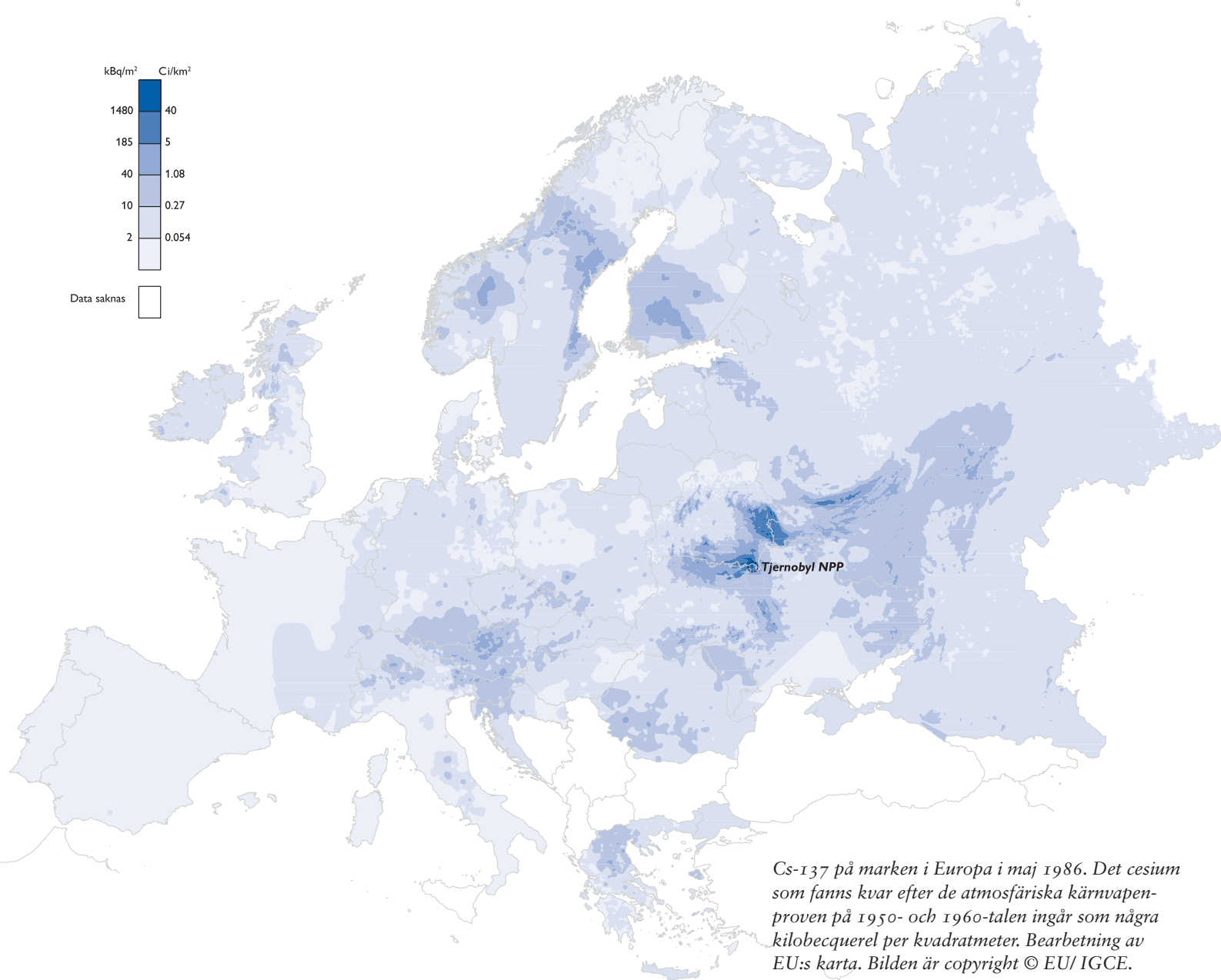
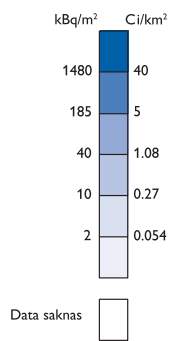
En annan händelse som utretts är att sarkofagen kollapsar. Konsekvenserna av detta beror framförallt på förekomsten av radioaktivt damm som lätt kan spridas i omgivningen. Det finns olika uppgifter om hur mycket radioaktivt damm det kan röra sig om, men bedömningen är att det mesta dammet kommer att deponera inom den avstängda tremilszonen runt reaktorn. Eftersom en kollaps med dammspridning bedöms som den största faran har ett system som periodiskt sprutar in ett dammbindande material varit i bruk sedan 1990. Det sker dock både kontrollerade och okontrollerade utsläpp från olika utrymmen i sarkofagen, vilket innebär att radioaktiva ämnen finns i luften i området. En annan konsekvens av en kollaps är naturligtvis att det fortsatta återställningsarbetat skulle försvåras.

Ytterligare en konsekvens som studerats är att radioaktiva ämnen genom upplösning av bränslet kan nå grundvattnet. Observationer i denna riktning har gjorts men det är oklart i vilken utsträckning detta kan komma att nå floden Pripiat. Fortsatt provtagning av grundvattnet under och runt sarkofagen kan ge svar på detta.

Sarkofagen förbättras

Genom internationellt samarbete sker förbättringar av sarkofagen och det finns långt framskridna planer på en ny säkrare inneslutning av den havererade reaktorn. Sedan 1997 administreras insatserna av Europeiska utvecklingsbanken (EBRD). I januari

^{*} 37 kBq/m², vilket motsvarar den äldre enheten 1 curie per km², har lite godtyckligt använts som mått på kontaminerat område.



Cs-137 på marken i Europa i maj 1986. Det cesium som fanns kvar efter de atmosfäriska kärnvapenproven på 1950- och 1960-talen ingår som några kilobecquerel per kvadratmeter. Bearbetning av EU:s karta. Bilden är copyright © EU/ IGCE.

2006 hade EBRD 650 miljoner euro fonderat för detta ändamål.

Den planerade inneslutningen, med en höjd av 100 meter och ett spann på 250 meter, är tänkt att byggas runt den existerande sarkofagen. På så sätt blir det möjligt att under säkrare förhållanden demontera sarkofag och reaktor och att ta bort bränsleresterna och annat radioaktivt avfall. Planerna avser en tidsperiod av minst 100 år och förutsätter att det kommer att finnas tillfälliga avfallsförvar samt ett slutförvar för högaktivt avfall. Dessa finns dock inte idag.

Om sarkofagen skulle kollapsa inne i den nya inneslutningen blir konsekvenserna lägre. Hur illa det skulle gå beror på vad ventilationssystemet i den nya inneslutningen klarar.

Avfallshantering

En fråga av vikt inför framtiden är hur allt det radioaktiva material som finns inom tremilszonen ska tas om hand.

Där finns cirka 800 markförvar som innehåller alla slag av avfall som uppkom i samband med sanering av byggnader och markområden efter olyckan och där närmare kunskap om innehållet är känt för ungefär hälften.

Men detta ska också ses i ljuset av att förvaren finns i ett område med mycket hög markbeläggning och att det totala innehållet av radioaktiva ämnen upptar en mindre volym. Den huvudsakliga oron gäller om radioaktiva ämnen kan läcka ut och nå grundvattnet och sedan vattentäkter. Detta gäller särskilt de förvar som utsätts för årliga översvämningar. Observationer hittills visar dock endast mycket liten frigörelse och transport av exempelvis strontium-90 har ägt rum.

En strategi för hur avfallssituationen ska hanteras är under utarbetande. I förlängningen är syftet att omdefiniera zonen för att möjliggöra återanvändning av delar av den. Det finns uppskattningar som visar att

ungefär 50 procent av området skulle kunna göras tillgängligt runt 2015, men om det också innebär att människor kan återvända och bruka marken är mer oklart.

Sammanfattning

Det krävs omfattande och kostsamma fortsatta åtgärder och en ny inneslutning för att ta om hand den havererade reaktorn och för att minska risken för en kollaps av sarkofagen och konsekvenserna av en sådan. Enligt planerna ska den nya inneslutningen vara klar under 2008 men de föreslagna åtgärderna sträcker sig över en hundraårsperiod och förutsätter att det radioaktiva avfallet som uppstår vid rivning kan tas omhand på ett säkert sätt för människor och miljön.

LEIF MOBERG
Myndighetsspecialist, SSI

Det radioaktiva nedfallet från Tjernobyl – mätning och dosberäkning

Det radioaktiva nedfallet i Sverige efter Tjernobylolyckan mättes främst med SSI:s fasta mätstationer, FOA:s luftfilterstationer, SGAB:s flygspektrometer och FOA:s fältgammaspktrometer. Mätdata användes för att beräkna stråldosen till befolkningen från det radioaktiva molnet, från inandning av radioaktiva ämnen i luften och från de radioaktiva ämnena på marken.

SSI:s fasta mätstationer

När Tjernobylolyckan inträffade var svensk strålskyddsberedskap inriktad mot kärnvapenedfall och olyckor i svenska reaktorer. Den civila och militära beredskapen använde mätinstrumentet Intensimeter 21 som bara gav utslag vid höga strålnivåer och inte reagerade på de relativt låga nivåerna från nedfallet från Tjernobyl. Sålunda kunde varken kommuner, länsstyrelser eller militären mäta några förändringar i strålnivån under olyckan.

De mätinstrument som kom till bruk var avsedda för andra mätningar, men genom improvisation kunde mätmetoderna snabbt anpassas till stundens behov. Hade olyckan skett några år senare är det dock inte säkert att nedfallet hade kunnat mätas i samma utsträckning, eftersom mätsystemen var på väg att läggas ner. Viktigast var SSI:s fasta mätstationer, FOA:s luftfilterstationer, SGAB:s flygspektrometer och FOA:s fältgammaspktrometer. Till detta kom laboratoriemätningar av prover som utfördes av universitet, kärnkraftverk och företag.

SSI:s 25 fasta gammamätstationer sattes upp 1959 för att registrera nedfallet efter stormakternas bombprov i atmosfären. Efter det partiella provstoppsavtalet 1963 betraktades mätstationerna som mindre viktiga, så underhållet prioriterades ner och deras framtida existens diskuterades. I april 1986 var fem stationer ur drift, däribland den på Gotland. Mätstationen vid Ölands södra udde var det första instrument i väst som registrerade strålningen från Tjernobyl.

Stationen i Umeå registrerade högst dostillskott, 1,02 mSv under 1986, vilket är dosen till en person som vistas utomhus hela året. Vid de flesta stationer blev dostillskottet lägre än 0,1 mSv. Medelvärdet 1986 för de 18 mätstationerna som var i funktion hela året var 0,19 mSv i dostillskott.

FOA:s luftfilterstationer

FOA:s luftfilterstationer studerade de radioaktiva ämnena i nedfall från de atmosfäriska kärnvapenproven. Stora fläktar sög 1000 kubikmeter luft per timme genom glasfiberfilter. Filtreren skickades till analyslaboratoriet i Stockholm där de mättes med högupplösande gammaspktrometri. Metoden mätte mycket låga halter, men med viss tidsfördröjning.

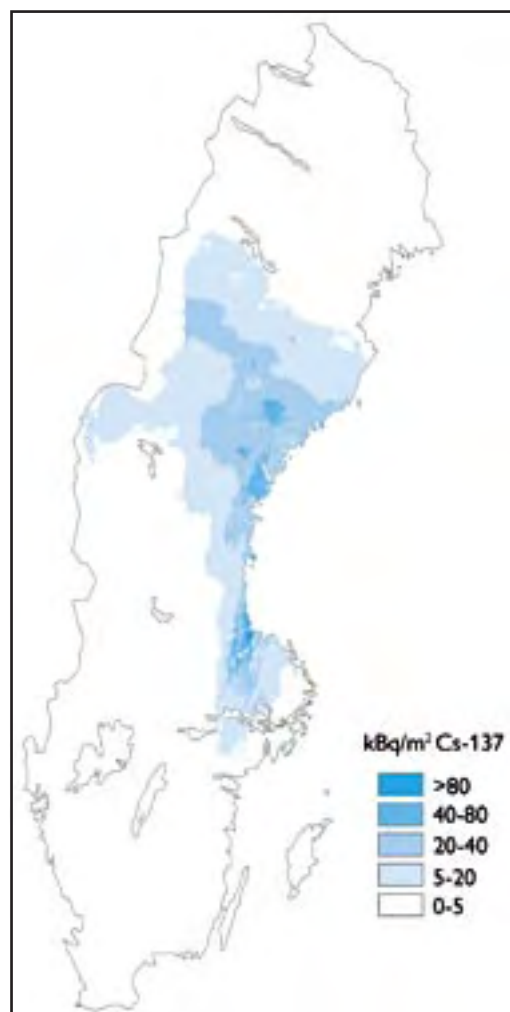
1986 fanns FOA-stationer i Ljungbyhed, Göteborg, Grindsjön, Stockholm, Östersund, Umeå och Kiruna. Stationen i Stockholm gav det första mätvärde som visade vilka radioaktiva ämnen som fanns i Tjernobylmolnet. Genom analys av stationernas luftfilter erhöles en bild av halter och tidsförlopp på de sju platserna.

Ur mätdata beräknades stråldosen till befolkningen från radioaktiva partiklar i luften (inhalationsdos och molndos). Ett problem var att gasformiga radioaktiva ämnen inte fastnade i filtret och därför inte kunde mätas. Vid anläggningarna i Studsvik och Forsmark användes istället insamling med kolfilter där det kunde konstateras att mängden gasformig jod var ungefär fem gånger större än jod bundet till partiklar. Dosberäkningarna korrigerades för detta. För Stockholm beräknades summan av inhalationsdosen och stråldosen från molnet till 0,016 mSv, där den dominerande delen kom från inhalation. Medeldosen till Sveriges befolkning från inandning av radioaktivt material beräknades till 0,01 mSv.

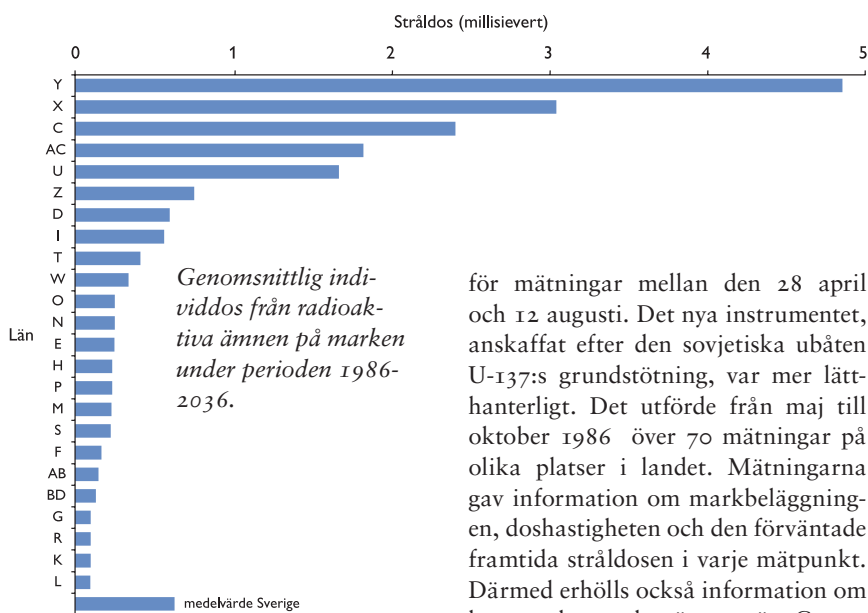
SGAB:s flygmätningar

Sveriges Geologiska AB (SGAB) hade 1986 en gammaspktrometer för flygburen uranledning. De erbjöd sin hjälp till SSI den 30 april. Gammaspktrometern, en 16,8 liters NaI(Tl)-kristall med mångkanalsanalysator kunde monteras på två dagar. Den 2 maj påbörjades flygmätningar sydväst om Gävle. Flygningarna måste ske med stort avstånd mellan flygstråken för att få mätdata från hela landet inom rimlig tid. Flygningarna gjordes i huvudsak i ost-västlig riktning över Sverige med 50 km mellan flygstråken.

Den 15 maj hade SGAB täckt Sverige upp till Umeälven och då gjordes den första översiktliga beläggningskartan. Samtidigt visade SGAB:s bilburna mätningar i Norrland att det nästan inte fanns någon beläggning norr om Skellefteälven. Efter detta förtätades flygmätningarna i de områden där nedfallet var kraftigt. Kompletterande mätningar utfördes 1987, 1988 och 1989.



Cesiumbeläggning i Sverige efter Tjernobyl-olyckan



I nedfallet fanns det fler radioaktiva ämnen som påverkade utslaget i flygplanets gammadetektor än vid normal uranledning. Spektrometern klarade inte att skilja alla ämnen åt, men kunde identifiera gammabidraget på 796 keV från cesium-134 (Cs-134). Beläggingskartorna gjordes därför för Cs-134 (halveringstid 2 år). Ur kartorna kunde man räkna ut stråldosen från Cs-134 och Cs-137, men man fick en underskattning av den totala stråldosen eftersom övriga ämnen inte var medräknade.

Gammalspektrometri i fält

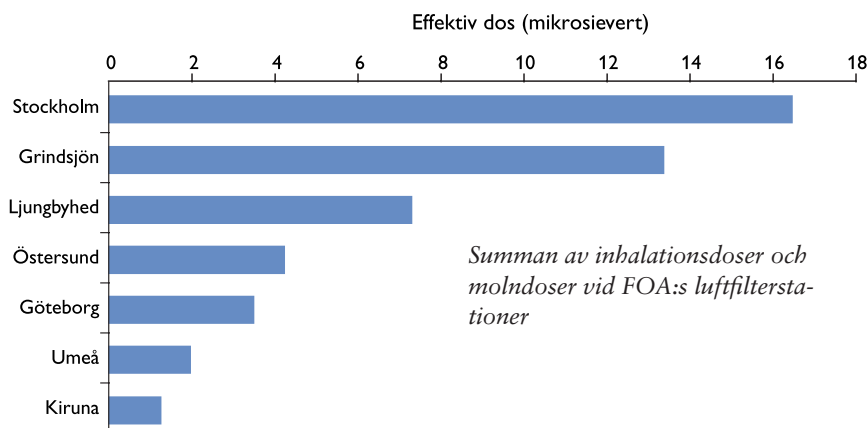
När man räknade ut den totala stråldosen ur beläggingskartan behövde man information om dosbidraget från övriga ämnen. Detta erhöles genom direkta mätningar utomhus med bärbara fältgammalspektrometrar.

1986 fanns två sådana i landet, ett gammalt instrument och ett nyinköpt, båda hos FOA. Det gamla var svårhanterligt och användes bara i Stockholm

för mätningar mellan den 28 april och 12 augusti. Det nya instrumentet, anskaffat efter den sovjetiska ubåten U-137:s grundstötning, var mer lättanterligt. Det utförde från maj till oktober 1986 över 70 mätningar på olika platser i landet. Mätningarna gav information om markbeläggningen, doshastigheten och den förväntade framtida stråldosen i varje mätpunkt. Därmed erhöles också information om hur mycket andra ämnen än Cs-134 och Cs-137 bidrog till stråldosen och det blev möjligt att räkna om flygkartorna till stråldos från nedfallets alla ämnen.

Fältgammalmätningarna visade redan de första dagarna i maj att nedfallets sammansättning varierade mycket från plats till plats. I Stockholm, där det inte regnat, dominerade till en början tellur-132 (halveringstid 3,3 dygn), jod-131 (8 dygn) och barium-140 (12,7 dygn). Bidraget från Cs-134 (2 år) var lågt och dominerade först efter 200 dygn när alla kortlivade ämnen sönderfallit.

Söder om Gävle, där nedfallet skett med regn, dominerade Cs-134 efter 20 dygn och i Umeå redan efter 10 dygn. Sönderfallet av de kortlivade ämnena gjorde att doshastigheten avtog snabbt där nedfallet kommit torrt. I Stockholm tog det 100 dygn för doshastigheten att minska till en tiondel, men i Umeå, där det regnat, tog det flera år eftersom de långlivade ämnena Cs-134 (2 år) och Cs-137 (30 år) dominerade.



I Umeå fanns också tydliga mängder av silver-110m (250 dygn) och rutenium-106 (368 dygn).

En svårighet när man bestämmer beläggningen (aktivitet per ytenhet) med fältgammalspektrometri är den omräkningsfaktor som beror på hur djupt det radioaktiva ämnet har trängt ned i marken. Redan vid en centimeters nedträngning ändras omräkningsfaktorn med faktor 2. Vid de första mätningarna antogs ingen nedträngning, vilket gav för låga värden. Efter ett par veckor upptäckte FOA att nedträngningen i de områden där det regnat var ungefär en centimeter och beläggingskartorna justerades efter detta.

Kollektivdosen

De korrigerade flygkartorna representerade medelvärden för stråldosen från markbeläggningen för personer utomhus. Inomhus blir stråldosen lägre, dels för att det inte sker nedfall där, dels för att väggarna skärmar en del av strålningen. Olika hustyper och byggnadsmaterial ger olika effekt. FOA hade tidigare inventerat hustyper och beräknat skärminningsfaktorer för kärnvapennedfall. Testmätningar i Gävle visade att dessa värden kunde användas. Genom att multiplicera invånarantalet med den genomsnittliga stråldosen med hänsyn till inomhus- och utomhusvistelse beräknades den totala stråldosen (kollektivdosen) för varje län och för landet som helhet.

Kollektivdosen från extern bestrålning (effektiv dos) från markbeläggningen beräknas till mellan 3 000 och 6 000 manSv under 50 år beroende på vad som antas om nedträngningen i marken. Om man antar att nedträngningen av Cs-137 under första året är 1 cm och under de följande åren är 3 cm (relaxationslängd vid exponentiellt avtagande) blir den genomsnittliga individdosen till Sveriges befolkning 0,6 mSv och kollektivdosen ca 5 000 manSv under de första 50 åren efter olyckan.

De högsta stråldoserna från markbeläggningen uppmättes nordost om Gävle. På Limön i Kävlebukten uppskattas stråldosen korrigerad för inomhusvistelse till 4 mSv första året och 33 mSv under 50 år.

ROBERT FINCK
Utredare, SSI

Radioaktivt cesium i kroppen – stråldoser och risker

Nedfallet efter Tjernobylolyckan ledde till att radioaktiva ämnen spreds till livsmedel och vidare till människor. I Sverige har det framför allt varit radioaktivt cesium, Cs-134 och Cs-137, som har varit av betydelse. Med hjälp av s.k. helkroppsräknare är det möjligt att direkt mäta hur mycket radioaktivt cesium som tagits upp i kroppen. Efter Tjernobylolyckan har helkroppsmätningar på gamla och nybildade grupper av personer genomförts för att uppskatta kroppsinnehållet av främst Cs-137. En utvärdering av dessa helkroppsmätningar visar att radioaktivt cesium i livsmedel efter Tjernobylolyckan inte innebär sådana risker att en förhöjd cancerfrekvens kommer att kunna observeras.

Efter Tjernobylnedfallet i Sverige 1986 kom en rad grupper av svenskar att medverka i studier med upprepade helkroppsmätningar. Syftet var att bestämma koncentrationen av framförallt Cs-134 och Cs-137 i kroppen och följa dess variation över tiden. Universitetsinstitutioner i Malmö, Lund, Göteborg och Umeå liksom SSI och Försvarets forskningsanstalt, numera FOI, nybildade eller återupplivade gamla studiegrupper vars medlemmar vid flera tillfällen genomgick helkroppsmätning.

De första helkroppsmätningarna

Helkroppsmätningar utfördes i Sverige så tidigt som i slutet av 1950-talet i samband med det globala nedfallet från atmosfäriska kärnvapenprov. Redan i början av 1960-talet hade vissa överföringsvägar från nedfall av radioaktiva ämnen till människa identifierats som särskilt viktiga. En sådan väg är nedfall på lav i renbetesmarkerna som via upptag i ren och renkött överförs till människor, i första hand renskötande samer. Liknande samband observerades också hos andra grupper i den subarktiska miljön, bl.a. hos inuiter i Kanada.

Som jämförelsegrupp till samegruppen studerades tätortsbor i slättbygd (Lund och Malmö) och storstadsområden (Göteborg och Stockholm). För denna grupp dominerar överföringskedjan bete-ko-mjolk/kött-människa. Trots att beläggningen i Sverige av kärnvapennedfall av Cs-137 var relativt jämnt fördelad över riket, ca 1,5-2,5 kBq/m², skilde sig kroppsinnehållet en faktor 100 och mer mellan renskötare och tätortsbor i Skåne och i Stockholm. Denna exceptionella variation avspeglade dels skillnader i kosthåll, dels den stora skillnaden i överföringsfaktor mellan nedfall av Cs-137 per ytenhet jordbruksmark och per ytenhet renbetesland.

Nya studier efter Tjernobyli

Med vetskap om att vissa befolkningsgrupper på grund av en diet med större inslag av ren, vilt och insjöfisk kan få i sig mer radioaktiva ämnen, initierades efter Tjernobylolyckan studier på andra grupper än renskötare som också kunde misstänkas ha förhöjt kroppsinnehåll av Cs-137. Tjernobylnedfallet var till skillnad från kärnvapenprovsnedfallen mycket ojämnt fördelat geografiskt. Vissa områden erhöll en Cs-137 beläggning upp mot 100 kBq/m² (Gävle-området), jämfört med 2 kBq/m² i Sydvästsverige och i Stockholmsregionen.

SSI och FOI i Umeå påbörjade därför studier av jägare i skogslän och av jordbrukare och icke-jordbrukande landsortsbor i områden med högst nedfall (bl.a. Gävleborgs län och Västerbottens län). En annan skillnad jämfört med nedfallet på 1960-talet var att Tjernobylnedfallet innehöll proportionellt sett stora mängder av Cs-134, medan däremot förekomsten av Sr-90 var försumbar jämfört med det äldre nedfallet.

Studiegruppernas helkroppsmätningar har samlats i en nationell databas som utgör en referens för ett långsiktigt miljöarbete i Sverige. Databasen har också möjliggjort ett systematiskt studium av tidsmönstret i överföring och upptag av Cs-134 och Cs-137, samt en prognos över förväntade koncentrationer i människor för ett antal decennier fram i tiden under förutsättning att inga nya nedfall äger rum.

De granskade befolkningsgrupperna är geografiskt spridda i Sverige. Genom att dela in dem i fem grupper – jordbrukare, jägare i skogslän, renskötande samer, icke-lantbrukande landsortsbor, samt tätortsbor i storstadsområden – har överföringen till människa kunnat studeras beroende på nedfallets omfattning och kostva-

nor (Figur 1). Resultaten visar på flera tydliga mönster, varav vissa är i linje med tidigare observationer från kärnvapennedfallens tid.

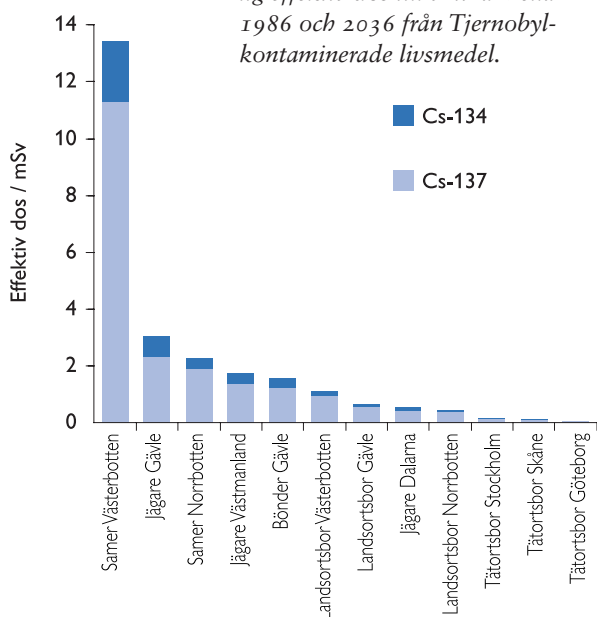
Det tog cirka ett år innan maximala Cs-137-koncentrationer uppnåddes i människa efter Tjernobylnedfallet vilket är i överensstämmelse med tidigare observationer. Renskötare uppvisade återigen de högsta nivåerna, som mest 1987/88 med cirka 900 Bq/kg, följt av jordbrukare och jägare i Gävle kommun (ca 10 ggr lägre nivå). Därefter följer landsortsbor (ca 20 ggr lägre nivå) och slutligen tätortsbor (100 ggr lägre än renskötande samer).

Tätortsbornas nivåer var betydligt lägre, en faktor 3, än på 1960-talet, trots att beläggningen över regionen var ungefär densamma (≈2 kBq·m⁻²). Deras kroppsinnehåll av Cs-137 från Tjernobyli minskade också långsammare än under 1960-talet. Trots att nedfallet efter Tjernobyli fick ett min-



Figur 1. Geografisk fördelning av studerade grupper.

Figur 2. Prognos över genomsnittlig effektiv dos till vuxna mellan 1986 och 2036 från Tjernobyl-kontaminerade livsmedel.



dre genomslag både hos samer och hos tätortsbor räknat per mängden nedfall i närområdet, föreligger en fördröjd ekologisk överföringskomponent som är långsammare än vad som observerades på 1960-talet.

Nedfallets följder

Vad innebär då de observerade helkroppsinnehållen av radioaktivt cesium från Tjernobylolyckan i form av stråldos och sena hälsoeffekter? Genom att räkna om koncentrationen av Cs-134 och Cs-137 till effektiv dos per år, och genom att uppskatta minskningstakten av Cs-137 (figur 3), kan man beräkna den dos som en individ ur de olika befolkningsgrupperna i genomsnitt kommer att erhålla under en femtioårsperiod efter olyckan. För en vuxen individ på 70 kg motsvarar ett helkroppsinnehåll av Cs-137 på 1 Bq kg⁻¹ en effektiv dos per år av 2,2 μSv år⁻¹; motsvarande siffra för Cs-134 är 3,6 μSv år⁻¹ [Falk et al., 1991].

Baserat på de mätningar som gjorts beräknas renskötande samer i Västerbottens län i genomsnitt erhålla en 50 års ackumulerad dos på 11 mSv orsakad av födointag av Cs-137. Motsvarande dosbidrag från Cs-134 beräknas till 2,2 mSv (Figur 2). Övriga grupper som beräknas få högre stråldoser är jägare i de mest drabbade områdena (Gävle kommun), 3,1 mSv och renskötare i Norrbottens län med ca 2,3 mSv. Jordbrukare i Gävle kommun förväntas erhålla motsvarande dosbidrag på

1,6 mSv. En tätortsbo i Sverige beräknas i genomsnitt erhålla 0,15 mSv.

Alla dessa stråldoser avser den sammanlagda dosen under 50 år efter olyckan. En viss tendens till skillnader mellan tätortsbefolkning i Skåne och i Stockholm anses i resultaten från mätningarna där de sydsvenska befolkningsgrupperna ligger något lägre i ackumulerad effektiv dos jämfört med motsvarande för invånare i Stockholmstrakten. Denna skillnad kan bero på en mindre andel födointag av vilt

och skogsprodukter från drabbade län hos sydsvenskar än de boende i mellersta Sverige.

I figur 3 sammanfattas helkroppsmätningar som genomförts i Sverige sedan 1950-talet på nämnda befolkningsgrupper.

För att sätta siffrorna i ett perspektiv bör det nämnas att den genomsnittliga svensken erhåller en årlig effektiv dos på cirka 4 mSv, dvs under en femtioårsperiod cirka 200 mSv. Denna stråldos kommer från en rad strålkäl-

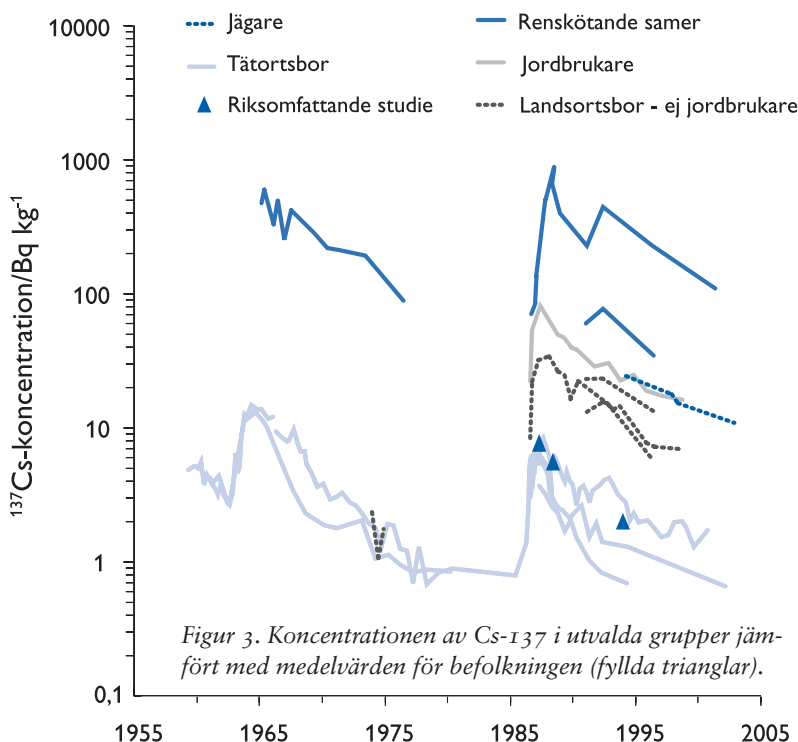
lor som naturlig bakgrundsstrålning, radon i hus, och medicinska undersökningar. Variationen mellan individer är stor: några får lägre och några högre stråldos. Denna variation, i kombination med de i genomsnitt låga stråldoserna från radioaktivt cesium i livsmedel, innebär att det är osannolikt att det någonsin blir möjligt att observera en höjning i cancerfrekvensen som kan relateras till olyckan i Tjernobyl.

CHRISTOPHER RÄÄF
Forskarassistent, Lunds universitet

Referenser

Falk, R., Eklund, G., Giertz, H., Östergren, I., (1991). *Cesium in the Swedish population after Chernobyl: Internal radiation, whole-body counting*. In: *The Chernobyl fallout in Sweden. Results from a research programme on environmental radioecology*, Moberg, L., (ed.), The Swedish Radiation Protection Authority, SSI, Stockholm, 547-577.

Rääf, C.L., Hubbard, L., Falk, R., Ågren, G., Vesanen, R. *Ecological half-time and effective dose from Chernobyl debris and from nuclear weapons fallout of 137Cs as measured in different Swedish populations*, Health Physics, under tryckning, 2006.



Figur 3. Koncentrationen av Cs-137 i utvalda grupper jämfört med medelvärden för befolkningen (fyllda trianglar).

Gränsvärden i livsmedel – då och nu

I juni 1987 fastställde Livsmedelsverket de gränsvärden som än idag gäller för försäljning i handeln. För flertalet livsmedel gäller 300 Bq/kg av Cs-137, men för ren, vilt, insjöfisk, vilda bär, svamp, nötter gäller det högre gränsvärdet 1500 Bq/kg. I denna artikel sammanfattas hur dessa gränsvärden kom till och vad som gäller i händelse av en ny olycka.

En av de viktigaste frågorna i april/maj 1986 var på vilket sätt man till en acceptabel kostnad kunde minska stråldosen och därmed risken från radioaktiva ämnen i kosten. Även om den grundläggande skyddsambitionen uttrycks i stråldos till individen så behöver denna räknas om till en praktiskt användbar storhet, i detta fall aktivitetskoncentration i livsmedel.

Beslut 1986

Livsmedelsverket beslöt den 30 april 1986, efter kontakt med SSI, att införa ett tillfälligt importförbud för grönsaker, potatis, kött och fisk från dåvarande Sovjetunionen och övriga öststater. Efter diskussion med Livsmedelsverket utfärdade SSI den 2 maj rekommendationer om åtgärdsnivåer för livsmedel. SSI angav att dessa värden troligen skulle komma att ändras senare. Livsmedelsverket fastställde följande gränsvärden för jod- respektive cesiuminnehåll i livsmedel: 5 kBq/kg I-131 och 10 kBq/kg Cs-137 i importerade livsmedel och 2 kBq/kg I-131 och 1 kBq/kg Cs-137 i inhemska livsmedel. Det högre värdet för importerade livsmedel motiverades av att konsumtionen av dessa var betydligt lägre. Detta var tillfälliga gränsvärden.

Efter den 16 maj 1986 gällde Livsmedelsverkets nya gränsvärden för jod och cesium i livsmedel: 300 Bq/kg Cs-137 och 2 kBq/kg I-131. Enligt SSI avsåg dessa värden att begränsa den genomsnittliga stråldosen under en 50-årsperiod till högst 1 mSv per år och högst 5 mSv för enstaka år. SSI:s beräkningar avsåg både Cs-134 och Cs-137, men till följd av en feltolkning kom SSI:s rekommendation att uppfattas som bara gällande Cs-137. Som framgår av en annan artikel i det-

ta nummer har stråldosen i genomsnitt blivit betydligt lägre än 1 mSv per år.

Beslut 1987

SSI:s målsättning att individstråldosen i snitt för flera år skulle understiga 1 mSv per år gällde även grupper som på grund av sitt kosthåll kunde förväntas få högre stråldoser än genomsnittet. För att uppnå detta rekommenderade SSI i mars 1987 att årsintaget av Cs-137 begränsades till 50 000 Bq. Då hade hänsyn också tagits till att Cs-134 gav stråldos.¹



SSI rekommenderade samtidigt att personer som ansåg att denna begränsning innebar ett alltför stort ingrepp i deras livsföring i förhållande till den extra risken, skulle begränsa det årliga intaget till 500 000 Bq. Men dessa personer skulle då informeras om vad detta innebar från risksynpunkt. SSI rekommenderade slutligen att även om årsintaget underskreds borde inte livsmedel konsumeras om aktiviteten av Cs-137 var högre än 10 000 Bq/kg. Detta förklarades av att kostnaden, då satt till 150 kr för att undvika 1 mSv,

var motiverad för att undanröja den dos detta intag orsakade. SSI pekade särskilt på att stråldoser till gravida (för att skydda fostret) och barn borde hållas under 1 mSv per år.

Livsmedelsverket beslöt därefter att gränsvärdet från den 1 juni 1987 skulle vara 300 Bq/kg för Cs-137 för alla saluförda livsmedel utom ren, vilt, insjöfisk, vilda bär, svamp, nötter för vilka skulle gälla 1 500 Bq/kg.

Gränsvärdet höjdes alltså för livsmedel som till liten del införskaffas i handeln och som genomsnittssvensken äter mycket litet av. Till dem som själva jagar, fiskar och plockar bär och till samer som äter mycket renkött gavs därför särskilda kostråd.

Den grundläggande tanken med gränsvärdet var att man ska kunna handla livsmedel i affären utan att behöva tänka på om det innehåller för mycket radioaktiva ämnen. Myndigheterna påpekade ofta att 300 Bq/kg

Vilande gränsvärden för Europeiska Unionen				
Nuklider	Exempel	Barnmat	Mejeriprodukter	Övriga livsmedel
Alfastrålande isotoper	Pu-239, Am-241	1 Bq/kg	20 Bq/kg	80 Bq/kg
Strontiumisotoper	Sr-90	75 Bq/kg	125 Bq/kg	750 Bq/kg
Jodisotoper	I-131	150 Bq/kg	500 Bq/kg	2000 Bq/kg
Alla andra med mer än 10 dagars halveringstid (ej kol-14, tritium och kalium-40)	Cs-134, Cs-137	400 Bq/kg	1000 Bq/kg	1250 Bq/kg

Barnmat är livsmedel avsedda för spädbarn under de första fyra till sex levnadsmånaderna och som saluhålls i detaljhandeln i förpackningar som är tydligt märkta »barnmat«.

¹ Efter att Cs-134 har avklingat är motsvarande begränsning 75 000 Bq Cs-137 per år.

inte är någon gräns mellan farligt och ofarligt. Från risksynpunkt är det snarare det totala intaget per år som är intressant och som ska jämföras med ambitionen att stråldosen ska hållas under 1 mSv/år. Här kan också en jämförelse göras med hastighetsbegränsning: en hastighet som ligger strax under 50 km/tim är inte »ofarlig« och en strax över är inte »farlig«, utan risken ökar förstås med ökande hastighet.

EU:s gränsvärden

EU införde aldrig några gränsvärden att gälla inom unionens länder, utan dess gränsvärden har från början enbart avsett import från tredje land. För mjölk och listade mjölkprodukter samt för viss spädbarnsmat gäller att koncentrationen² av Cs-137 ska vara under 370 Bq/kg. För ett antal andra listade produkter gäller 600 Bq/kg.

Från och med april 2003 rekommenderade EU dessutom att gränsvärdet 600 Bq/kg används för försäljning av »vilt, vilda bär, vilda svampar och köttätande sötvattenfisk« inom EU-länderna. Sverige har dock valt att inte ändra de nationella gränsvärdena.

I händelse av en ny olycka kommer EU:s vilande gränsvärden för livsmedel att gälla efter att EU-kommissionen beslutat om detta (se tabell). Inom tre månader ska dessa värden ses över och anpassas till den aktuella strålningsituationen.

FN-riktlinjer

FN:s fackorgan för jordbruk, skogsbruk och fiske (FAO) och Världshälsoorganisationen (WHO) har gemensamt utfärdat riktlinjer (*guideline levels*) för internationell handel med livsmedel efter en strålningsolycka. Dessa riktlinjer revideras för närvarande.

Gränsvärden i Norden

Strålskyddsmyndigheterna i Norden var eniga om hur konsekvenserna av en olycka bör hanteras. Vid ett möte i Reykjavik i september 1986 uttalade representanter för de nordiska

strålskyddsmyndigheterna att det var mycket angeläget att undvika att en individ på lång sikt (50 år) fick en stråldos från livsmedel på mer än 500 mSv. Däremot var det inte motiverat med insatser som hade stora följder ur ekonomisk eller social synpunkt för att undvika en stråldos av 50 mSv på lång sikt.



Livsmedelsverkets kostråd till svenska folket

Vid ett följande möte i Stockholm i januari 1987 enades cheferna för strålskyddsmyndigheterna om vissa kompletteringar till det tidigare uttalandet som skulle utgöra en grund för diskussioner i varje land. Det förutsattes att respektive livsmedelsmyndighet i sina beslut om gränsvärden gjorde jämförelser med de åtgärder som vidtogs mot andra föroreningar i livsmedel. I kompletteringen sades vidare att för kontrollerbara situationer i det egna landet gällde i första hand att alla stråldoser skulle minskas så långt det var rimligt möjligt. Enligt en tidigare nordisk rekommendation innebar detta att det fanns anledning att betala upp till 150 kr (20 dollar med omräkning vid en angiven tidpunkt) för att

förhindra en stråldos av 1 mSv. Många åtgärder, exempelvis stödutfodring av får och ren, uppfyllde detta krav och borde därför genomföras.

Det sades också att vid intag av radioaktiva ämnen via livsmedel skulle grundregeln vara att den årliga stråldosen inte översteg 1 mSv. Man kunde från strålskyddssynpunkt också godta att vissa individer fick 10 mSv per år om individen kände till och accepterade den bedömda risken.

De gemensamma uttalandena utgjorde en grundläggande värdering och att det var upp till respektive land att fastställa exempelvis gränsvärden i livsmedel. Det visade sig också att det blev olika tillämpningar. Det kanske bästa exemplet gäller radioaktivt cesium i ren. I Sverige var, som nämnts ovan, gränsen 300 Bq/kg Cs-137 under det första året för att sedan höjas till 1500 Bq/kg vilket fortfarande gäller. I Norge var gränsvärdet först 600 Bq/kg, därefter 6000 Bq/kg och från 1994 3000 Bq/kg, vilket gäller än idag.

Värdering av strålningsrisker och grundläggande skyddssystem är desamma för flertalet länder i Europa, alla utgår från rekommendationer från den internationella strålskyddskommissionen, ICRP. Däremot kan tillämpningen, och hur man väger in andra faktorer, exempelvis sociala och ekonomiska faktorer, skilja mellan länder. Detta var tydligt i Norden efter Tjernobyli.

För att undvika missförstånd och misstro är det viktigt att sådana skillnader kan förklaras. Om förslaget till gemensamma gränsvärden inom EU kommer att fungera som planerat, och alltså ge samma gränsvärden i berörda länder, bör det lösa mycket av den problematiken i händelse av en ny olycka.

LEIF MOBERG
myndighetspecialist, SSI

² Egentligen inkluderas också Cs-134, men den har helt klingat av.

Tjernobylolyckan och jordbruket

Jordbruket kan drabbas hårt efter ett radioaktivt nedfall särskilt om detta sker under växtsäsongen. Radioaktiva ämnen som finns i bete och i fodret till husdjuren kommer snabbt ut i livsmedelskedjan om inga åtgärder sätts in. Kontaminerad mjölk kan på några dagar finnas i butikerna. De största effekterna efter Tjernobylnedfallet uppkom under första året och i mindre omfattning även andra året. De motåtgärder som myndigheterna rekommenderade fick i Sverige god effekt. Lantbrukarna i de värst drabbade områdena bidrog till detta enskilt och via sina organisationer genom att bearbeta och kaliumgödsla sina marker. Genom att skörda med förhöjd stubb och genom att inte ta in kontaminerat vinterfoder till djuren kunde följderna av olyckan begränsas.



Inom jordbrukets radioekologi studeras radioaktiva ämnens överföring och transport i ekosystemet, samt effekter av motåtgärder på kort och lång sikt. Tjernobylolyckan gav upphov till många fältstudier, laboratorieförsök och miljöövervakning av radioaktivt cesium inom växtodlingen.

De flesta studierna handlade om transport av radioaktivt cesium, men några granskade radioaktivt jod och strontium i olika näringskedjor. Man undersökte överföring från mark till växt och vidare till husdjuren, exempelvis med hänsyn till betydelsen av jordtyp, gröda, grödans tillgång på näring, utvecklingsgrad vid olika tidpunkter på året och överföring till olika djurslag. Migration i mark, hur de radioaktiva ämnena rör sig neråt i markprofilen med tiden, har också studerats. Vissa studier har gjorts på grönsaker. Motåtgärder har studerats under fältförhållanden, exempelvis betydelsen av kaliumgödsling och stubbhöjdens inverkan på upptaget. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, har gjort årliga mätningar i lantbruksgrödor och mark på olika platser i hela landet men i första hand i de län som fick högst nedfall.

Händelseförloppet i jordbruket

Kunskap om vilka åtgärder som skulle sättas in i jordbruket efter det radioaktiva nedfallet 1986 var begränsad till några få personer i landet. Under den första tiden var förvirringen stor och motsägelsefulla råd kom från olika håll. I slutet av april och början av maj gällde det främst att hantera frågan

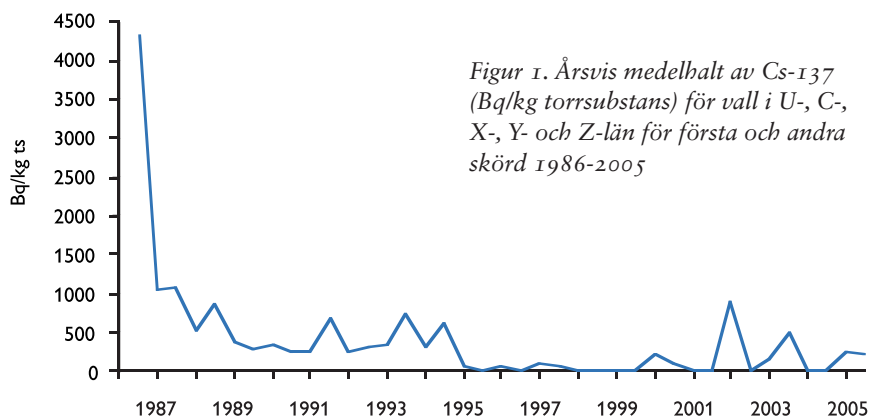
om när de vinterstallade djuren kunde släppas ut på bete. Betesrestriktioner infördes tidigt av SSI för hela landet i syfte att begränsa koncentrationen av radioaktiva ämnen i mjölk.

Detta innebar att betessläppningen försenades för mjölkproducenterna i de värst drabbade områdena, eftersom nedfallet av radioaktivt jod och cesium var för högt för att mjölakens kvalitet skulle kunna garanteras. Många lantbrukare drabbades av brist på hö och ensilage. Lantmannaföreningarna åtog sig att förmedla foder mellan gårdar. Denna viktiga hjälp pågick under våren och försommaren 1986. Sammanlagt ca 700 lantbrukare från Uppsala (C), Västmanlands (U) Gävleborgs (X) och Västernorrlands (Y) län som inte hade foder blev till slut tvungna att släppa ut korna på bete trots betesförbudet. Mejerierna var restriktiva med att ta emot mjölk med höga halter av radioaktivt cesium. Detta medförde att vissa bönder måste lagra mjölken på gården, vilket inte var möjligt i längden. Ett alterna-

tiv blev då att sprida den på åkermark med mineraljord där upptaget av cesium i växtligheten var lågt.

Vallskörden stod för dörren och ett snabbt beslut måste fattas för de drabbade områdena i C-, U- och X-län. Lantbruksstyrelsen (nuvarande jordbruksverket) råd var att slå av vallen och deponera den utanför åkern dvs. »nödslätter«. Detta ifrågasattes av lantbrukare och deras organisationer och blev genomfört bara på ett fåtal gårdar. Försök gjordes då att skörda fodergrödor med hög stubbhöjd. Detta visade sig ha en god effekt och rekommenderades därefter tillsammans med att undvika inblandning av kontaminerad jord och gammal förna i skördematerialet.

Vegetationsprover togs tidigt för att få en mer detaljerad bild av läget. Däravande organisation för skördeuppskattning vid Statistiska Centralbyrån kunde snabbt ta prov i fält för analys av jod och cesium. Vårsådd av spannmål var ett problem. I de drabbade områdena rekommenderades



Figur 1. Årsvis medelhalt av Cs-137 (Bq/kg torrsbstans) för vall i U-, C-, X-, Y- och Z-län för första och andra skörd 1986-2005

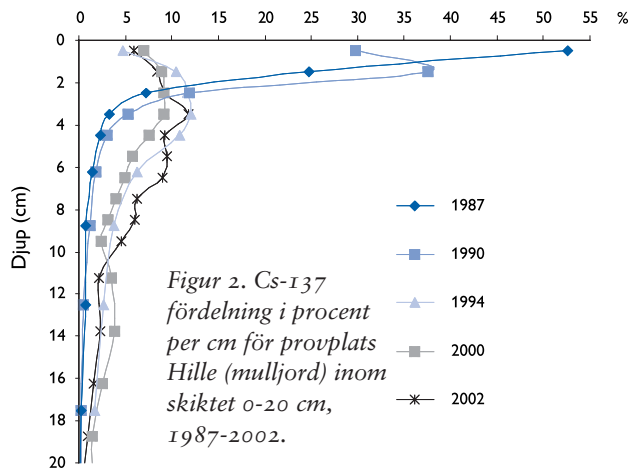
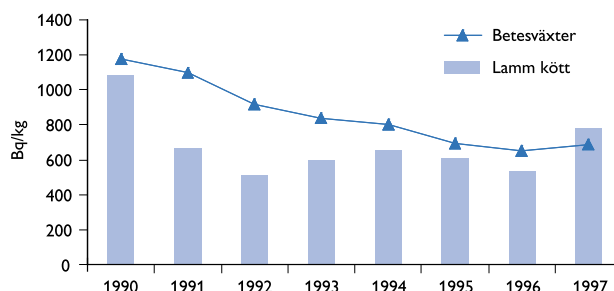
vårplöjning för att minska upp- taget till spannmålskärnan. Under sommaren 1986 påbör- jades regelbunden provtagning av vallar, beten, spannmål och markprover från ett antal går- dar i de värst drabbade länen, s.k. specialgårdar. Den första vallskördens cesiumhalt 1986 kontrollerades på många går- dar i landet. Den andra vall- skörden visade sig innehålla väsentligt lägre halter.

Cs-137 i jordbruksgrödor 1986-2005

På specialgårdarna har halter- na och överföringen av Cs-137 i jord- bruksgrödor undersökts på utvalda jordbruksmarker i Uppsala, Västman- lands, Gävleborgs, Västernorrlands och Jämtlands län mellan 1986-2005. Det var ett 70- tal gårdar fram till 1994 och cirka hälften senare. De grö- dor som analyserades var vall, bete, spannmålskärna och några få balj- växtprover. Cesiumhalterna har i alla grödor sjunkit relativt snabbt, men är fortfarande högst i Gävleborgs län och lägst i Västernorrlands- och Uppsala län. Generellt är Cs-137-halten mycket låg i grödorna 20 år efter Tjernobylo- lyckan. De högsta värdena finns i be- tesgräs, medan de är lägre i vallgräs och lägst i spannmålskärna.

Figur 1 visar en markant minsk- ning av Cs-137 halterna i vall från alla län sammantaget under perioden 1986-2005. De högsta halterna av Cs- 137 uppmättes under de två första åren efter Tjernobylyckan. Medelhalten var 3 000 Bq/kg (alla koncentrationer i växtmaterial anges som torrsubstans). Efter de två första åren var den årliga minskningen i Cs-137-halt låg. Under åren 1988-2005 var Cs-137-medelhal- ten 250 Bq/kg, det vill säga cirka 12 gånger lägre halter jämfört med åren 1986-1987.

Figur 3. Cs-137 i lammkött (färskvikt) och betesvegetation (torrsubstans) mellan åren 1990-1997. Depositionen i de stu- derade betesmarkerna var ca 15 kBq/m².



Figur 2. Cs-137 fördelning i procent per cm för provplats Hille (mulljord) inom skiktet 0-20 cm, 1987-2002.

Medelhalten för Cs-137 i spannmål i de undersökta länen var under pe- rioden 1986-2005 cirka 10-30 gånger lägre än medelhalten för Cs-137 i vall. Betesmark har högst överföring av Cs- 137 till växten. Detta beror till stor del på att dessa marker sällan eller aldrig gödslas eller plöjs. Mulljordar ger en högre överföring av Cs-137 till växten, eftersom växttillgängligheten ökar till följd av att mindre mängd cesium kan bindas till mineralpartiklar i marken. Jordbruk med extensiv drift har högre överföring av radiocesium än jordbruk med intensiv drift.

Miljöövervakning av Cs-137 på åkermark

Ovanstående resultat styrks av en på- gående nationell miljöövervaknings- studie av åkermark. Den visar bl.a. att Cs-137-halterna i grödor var mycket låga 16 år efter Tjernobylyckan. Detta baseras på provtagning på ca 3 000 åkermarker i hela landet, i vall och spannmålskärna samt i övre delen av matjordsskiktet. De lägsta halterna återfinns som förväntat i spannmål- skärna, vanligtvis 10 till 100 gånger lägre än i vall. Det beror delvis på att cesium inte lagras in i spannmålskär- nan i lika stor utsträckning som i gräs-

vegetation. Den genomsnittliga halten av Cs-137 i vallgräs var högst i Gävleborgs och Väster- botten län, men även relativt hög i Kronobergs och Jönkö- pings län. Halten Cs-137 var sällan över 20 Bq/kg i vallgräs, de högsta värdena var 35 Bq/kg och de lägsta 0 Bq/kg. Medel- halten av Cs-137 i spannmål- skärna för alla länen 2001 var 1 Bq/kg med en spridning mellan 0-7 Bq/kg.

Nedtransport av Cs-137 i markprofilen

I områden där nedfallet var re- lativt högt har förändringar av djup- fördelningen av Cs-137 i markprofilen undersökts. De åtta provplatserna låg på mineraljord eller mulljord i U, C, X, Y, och Z-län. Från 1987 till 2002 förflyttades Cs-137-aktiviteten nedåt i alla undersökta markprofiler. Fram till 1994 fanns mer än 50 procent i skiktet 0-5 cm. Transporthastigheten var 0,3-1,0 cm per år. Störst nedtrans- port i markprofilen observerades för provplatsen Hille som är en betesmark på mulljord (figur 2). En djupare för- delning av radioaktivt cesium i jorden innebär dels att upptaget i växter kan minska på sikt, dels att strålningsni- vån ovanför marken blir lägre.

Djurhållning

Olika djurslag tar upp radioaktiva ämnen i varierande grad. Överföring av Cs-137 till kött är större än till mjölk. Idisslare binder cesium i min- dre mängd än vad icke-idisslare gör. Skillnader mellan och inom djurslag förklaras bl.a. av skillnader i foder- stat, fodermältning och ålder. Över- föringen av radioaktivt cesium är stor i djur som har en hög ämnesomsättning i förhållande till sin kroppsvikt t.ex. hos fjäderfä. Experiment vid Sveriges lantbruksuniversitet har studerat över- föring av Cs-137 till de viktigaste hus- djurslagen. Försök med betande får på en gård i norra Jämtland visade att Cs-137 halten i kött ligger över gräns- värdet (300 Bq/kg) för saluförande vid relativt ett relativt lågt nedfall av Cs- 137, 15 kBq/m² (figur 3).

Motåtgärder finns

Det finns en rad åtgärder som kan vid- tas inom växtodlingen för att minska konsekvenserna under det första året

Forts. på sid 20

☞ efter ett radioaktivt nedfall. Putsa betet och kassera växtmaterialet som kompost utanför betesmarken eller lämna kvar det avslagna gräset på marken. Slå av vall samt kassera växtmaterialet som kompost utanför åkern eller lämna kvar gräset på åkermarken. Vid tidiga nedfall på året skörda första vall med hög stubbhöjd. Gödsla med extra tillskott av kaliumgödselmedel och tillför kalk. Plöj upp kontaminerade vallar och betesmark för att kunna så in på nytt. Skrapa bort det översta jordlagret (5 cm) eller rotmattan och deponera utanför åkermarken.

Olika åtgärder finns också inom djurhållningen för att minska konsekvenserna under först året efter ett radioaktivt nedfall. Dit hör betesrestriktioner med installation av främst mjölkkor, utfodring av mjölkkor med

rent foder, utfodring av djuren några veckor före slakt med rent foder, tillsats av cesiumbindare i fodret som minskar upptag i mag-tarmkanalen, och flyttning av betesdjuren till ett område med lägre eller inget nedfall.

Kvarstående effekter

Den främsta orsaken till att Cs-137-halterna minskar i jordbruksgrödor är att åkermarken har bearbetats och kaliumgödselats regelbundet sedan 1986. När marken plöjts och blandats om har cesiumjonerna spåtts ut på större jordvolym och delvis fixerats till lerpartiklar i mineraljordar. Minskning av cesiumhalten i grödorna kommer på längre sikt att ligga på en låg nivå.

Fält med fleråriga vallar och spannmål är generellt välgödslade och plöjs regelbundet i motsats till naturbetes-

marker som brukas mer extensivt. De uppmätta halterna av Cs-137 är generellt lägre på fleråriga vallar och spannmål jämfört med halterna på naturbetesmarker. Baljväxter kommer även i framtiden att ha högre halter än spannmål och vall.

I framtiden kommer det fortfarande att vara förhöjda cesiumhalter i vegetation, betesdjur och marker där extensivt jordbruk bedrivs. Sådana områden är exempelvis fjällbetesmarker och naturbetesmarker eller marker med hög mullhalt. Detta kan medföra att överföringen av cesium till djurprodukter i dessa fall kan bli förhöjd.

KLAS ROSÉN

Institutionen för Markvetenskap, SLU

Renskötseln 20 år efter Tjernobyl

När Tjernobylnedfallet drabbade Sverige 1986 stod det snabbt klart att radioaktivt cesium i av renarna skulle bli ett problem. Många renägare trodde att de skulle tvingas sluta med renskötsel. Med tiden lärde man sig att hantera problemet. Noggrann kontroll och effektiva motåtgärder har gjort att det renkött som produceras håller sig under gällande gränsvärde med god marginal. Ingen fara att äta renkött alltså.

Nedfallet

Kärnkraftsolyckan i Tjernobyl den 26 april 1986 innebar inte bara en katastrof i närområdet. I Sverige fick stora delar av södra och mellersta Norrland högt nedfall, lokalt upp till 200 000 becquerel (Bq) per kvadratmeter av cesium-137. För rennäringens del innebar det att betesmarkerna blev mer eller mindre förorenade med radioaktivt cesium.

Nedfallet kom på våren, men det stora problemet för rennäringen uppstod på hösten när renarna flyttade från fjället till skogen och började äta renlav. Laven tar upp föroreningar direkt från luft och från nederbörd. Den dör inte på hösten utan lever länge och föroreningarna finns därför kvar under lång tid. Där det finns gott om lav är laven huvudföda för ren på vintern. Halterna av radioaktivt cesium i renarna steg därför snabbt när renarna flyttade till vinterbetesmarkerna. Eftersom cesium är ett ämne som omsätts snabbt i kroppen minskar också halterna snabbt om renen går tillbaka till föda som inte innehåller radioaktivt cesium. Ändringarna i renens diet

över året ger en karakteristisk årstidsvariation av cesiumhalterna i ren.

Första hösten och vintern efter Tjernobylolyckan hade man samma gränsvärde, 300 Bq Cs-137/kg, för alla livsmedel inklusive renkött. Redan före Tjernobylnedfallet låg halterna av cesium i renarna nära denna nivå på vintern. Följden blev att det mesta (78 procent) av det renkött som producerades i Sverige första året måste kasseras. I juni 1987 höjdes gränsvärdet för bland annat renkött till 1 500 Bq/kg och därmed försvann i stort sett problemet i större delen av Norrbotten, södra Jämtland och Härjedalen. I Västerbotten och i norra Jämtland låg dock halterna fortfarande över gränsvärdet, åtminstone på vintern.

Motåtgärder

Redan första vintern efter Tjernobylolyckan började man pröva olika motåtgärder för att minska halterna av radioaktivt cesium i renkött. Eftersom cesiumhalterna minskar så snabbt i renen när den får äta föda utan cesium är utfodring en effektiv åtgärd. Det går också att flytta renar till ett om-

råde med mindre nedfall. Problemet med det är att det inte finns så många bra betesmarker att flytta till som inte redan är upptagna av andra renar. Utfodring blev därför den åtgärd man främst använde. Två månaders utfodring med fabriksstillverkat foder och hö eller ensilage räcker vanligtvis för att få ner halterna av radioaktivt cesium i köttet gott och väl under gränsvärdet.

En annan vanlig åtgärd har varit att utnyttja årstidsvariationen och slakta tidigt på hösten innan renarna har gått över på lavbete. I många områden är detta den huvudsakliga åtgärden. I andra, mer förorenade, områden ligger cesiumhalterna över gränsen även tidigt på säsongen och då blir utfodring det bästa alternativet.

Man har även provat att ge renar ämnen som kan binda cesium i mag-tarmkanalen och förhindra att det tas upp i kroppen. Det kan vara lermaterialer (exempelvis bentonit) eller andra ämnen (berlinerblått och liknande) som har denna effekt. Dessa ämnen kan tillsättas i foder eller ges separat. Foder innehållande bentonit användes under flera år men effekten visade sig



Mätning av cesium-137 i ren

vara begränsad och kostnaden relativt hög så man slutade med det. Berlinerblått är effektivt även i låga doser och man kan ge djuren det via slickstenar. Nackdelen är då att man inte har någon kontroll på doseringen. Vissa renar får i sig mycket och andra inget alls. I den situation som nu råder är cesiumbindare inget intressant alternativ för renskötseln.

Cesiumhalterna sjunker

Cesium-137, som är den viktiga radioaktiva isotopen, har visserligen en fysikalisk halveringstid på 30 år, men minskningen i betet går snabbare. Cesium som finns i vegetationen kommer ner i marken, en viss del binds av jord-

partiklar eller sköljs bort och kan inte tas upp av växterna igen. Halterna av radioaktivt cesium minskar i renarnas föda och därmed även i renarna på lång sikt. Det visade sig efter några år att denna nedgång lyckligtvis gick betydligt snabbare än vad man först hade räknat med och efter 3-4 år hade nivåerna halverats jämfört med de ursprungliga.

Renkött – det mest kontrollerade livsmedlet

Allt renkött som säljs i butik kommer från godkända slakterier. Det innebär att köttet är kontrollerat även vad avser radioaktivt cesium. I Sverige finns inget annat livsmedel som kontrolleras

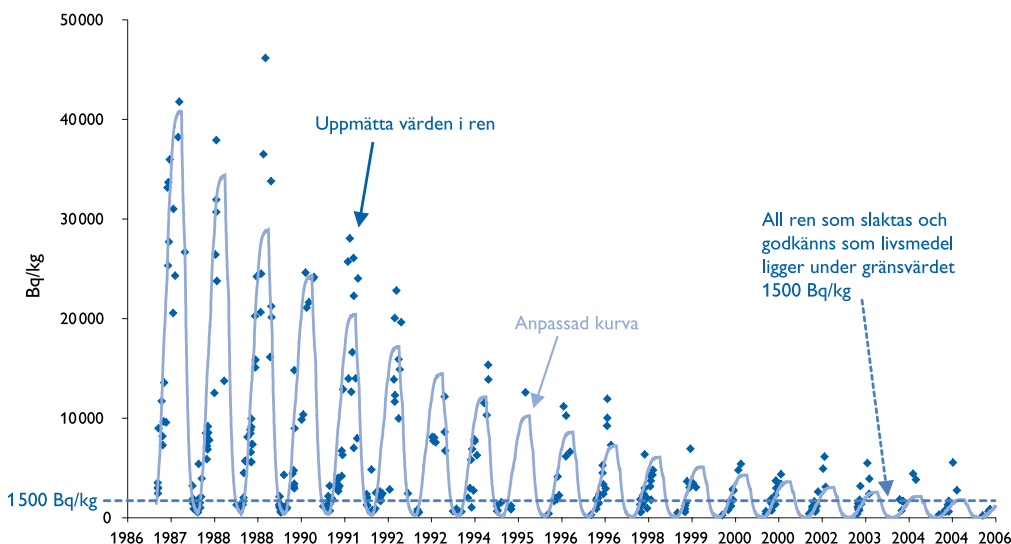
lika noga som renkött. Kunskaperna är stora om i vilka områden och vid vilka tidpunkter det finns risk att renar ligger över gränsvärdet. I sådana fall mäts i princip alla renar vid slakt. Skulle det vara så att någon ren ligger över gränsvärdet så kasseras den. Det är besiktningsveterinären som på plats ser till att kontrollen sköts som den ska och att kött som kasseras destrueras enligt gällande bestämmelser.

Tjugo år efteråt

Nu, 20 år efter Tjernobylyoluckykan, är halterna av Cs-137 i renar i naturen mindre än en tiondel av de ursprungliga. I områden där värdena ändå fortfarande ligger för högt har man väl utarbetade rutiner för kontroll och motåtgärder. Större delen av de renar som slaktas ligger långt under gränsvärdet och faktiskt oftast även väl under det gränsvärde, 300 Bq per kilo, som gäller för jordbruksprodukter som konsumeras i större mängd.

I stora delar av Västerbotten och i nordligaste Jämtland måste renägarna fortsätta anpassa slakttidpunkten och kanske utfodra renar under ytterligare ett antal år. Man får nog räkna med att det kan dröja ytterligare minst 20 år innan åtgärder och kontroll helt kan avvecklas. Det är viktigt för rennäringen att staten avsätter de medel som krävs för att upprätthålla systemet så att konsumenterna även fortsättningsvis kan känna sig säkra på att renkött, förutom att vara gott och nyttigt i andra avseenden, även är en ur strålningssynpunkt säker produkt.

Cs-137 i ren från södra Västerbotten under 20 år efter Tjernobylnedfallet



BIRGITTA ÅHMAN
Docent, SLU



Tillstånd krävs för att få komma in i zonen, men det är möjligt att över dagen komma in som »turist«.



I staden Tjernobyl som har gett namnet åt reaktoranläggningen bodde en gång cirka 15 000 människor. Idag bor här ungefär 5000 som alla arbetar inom zonen, bland annat vid kraftverket. Men de bor i skift, inte permanent. En omfattande sanering har skett för att möjliggöra detta. I delar av byn, som vid detta övergivna hus är doshastigheten lägre än den normala bakgrunden i Sverige.

Tjernobyl en gråm

Bilderna på detta och nästa uppslag är tagna efter olyckan. De är alla tagna inom den avstängda zonen. Sarkofagen tonar fram i dimman. I informationen var doshastigheten som högst 10 mikrosivert per timme mot den naturliga bakgrunden i Sverige.

Nedanstående modell visar den omfattande förstörelsen avsliten med alla rör till bränslekanalerna avbrutna. Behov av förstärkning av delar av sarkofagen.





ulen marsdag 2006

den 30 mars 2006, nästan 20 år efter
 a 30 km zonen runt den havererade reaktors-
 rmationsbyggnaden till höger om sarkofa-
 ievvert i timmen, ungefär 50 gånger högre än

lsen i reaktor nr 4. Överdelen av reaktortanken är
 Stödjande väggar är sneda och det finns ett fortsatt



Staden Pripiat byggdes för dem som arbetade vid reaktoranlägg-
 ningen. Hela staden, knappt 50 000 människor, utrymdes under
 tre timmar den 27 april 1986. Väder och vind, men framförallt
 en omfattande plundring förstärker intrycket av en spökstad.
 Här finns inga människor, men doshastigheten var på delar som
 besöktes inte särskilt hög.



Forts. på sid 24



Väster om den havererade reaktorn var strålningsnivåerna så höga att tallskogen dog. De döda träden har senare avverkats och grävts ned. Bilden visar en sådan plats angiven med en varningsskylt. Doshastigheten vid just denna plats var över 30 mikrosievert i timmen (se mätinstrumentet nedan).



Den sanering som genomförts inom zonen har också inneburit att hela byar rivits och grävts ned. Kullen på bilden visar var delar av Kopachi finns nedgrävd.



Leif Moberg, textansvarig för detta reportage, kontrolleras vid utpassagen.



Förekomst av radioaktiva ämnen på fordon och på människor kontrolleras vid utpassagen ur den avstängda zonen.



SSI:s fotograf Bosse Alenius vid infarten till den avstängda zonen.

Cesium-137 i svamp, bär och vilt

Halterna av Cs-137 har varit och är fortfarande betydligt högre i skogens produkter än i jordbruksprodukter. De kan fortfarande vara relativt höga i svamp, skogsbär och vilt och sjunker långsamt.

Svamp

Skogsekosystemet har som regel lägre halter av mineralnäring än åkermarken inom samma område och marken är vanligen skiktad där de översta centimetrarna innehåller mycket organisk substans. Det är från detta skikt som mineralnäring tas upp av olika svamparter som bildar ett finfördelat nätverk av svampmycel. I princip tas mineralnäring upp av svampmycelet och i mykorrhizabildningen sker en överföring av mineralnäring från svampmycelet i utbyte med fotosyntesprodukter från de gröna växterna.

Slutresultatet blir att Cs-137 halterna i svamp blir betydligt högre än i andra produkter från skogen som i bär och växter, vilka betas av älg och rådjur. Förutom att svamparna har höga Cs-137 halter uppvisar de också stora variationer i halter, dels mellan arter vilket man kan förvänta sig, men även inom samma art och till och med inom samma individ. Halterna av Cs-137 överstiger ofta försäljningsgränsvärdet på 1500 Bq per kg (färskvikt). Som svampplockare kan det vara bra att veta att svampar med relativt låga halter växer på näringsrika marker t.ex. i närheten av åkermark. Svampar som bildar mykorrhiza med träd eller andra växter har ofta högre halter än förna-nedbrytande svampar.

Kan man då äta svamp från de värst drabbade områdena i Sverige? Jag tycker att man skall fortsätta att plocka svamp – det är en utmärkt rekreation och det troliga är att man mår mycket bättre i svampskogen än i vardagsstressen. Dessutom finns det många goda matsvampar. Ta reda på vilka svamparter som har låga halter, kommunens miljökontor har ofta information, och vilka som innehåller mycket Cs-137. Storkonsumenter av svamp kan undvika arter med högst halter av Cs-137 exempelvis sandsopp

och rynkad tofsskivling. Om svampen förvälls och kokvattnet hålls bort försvinner också 80-90 procent av Cs-137 aktiviteten.

Potentiellt kan svamp vara den viktigaste transportören av Cs-137 till människan. Man har det i forna Sovjet funnit ett antal personer som uppvisar mycket högt kroppsinnehåll av Cs-137 och det gemensamma för dessa personer är att de har ätit stora mängder svamp. Cs-137 halterna kan där inom de värst kontaminerade områdena vara upp mot 1 miljon Bq per kg.

Bär

Av våra vanliga skogsbär växer ofta skogshallon och smultron på relativt näringsrika marker, blåbär och lingon på frisk skogsmark medan hjortron och tranbär växer på näringsfattiga mossmarker. Man kan förutse att hjortron och tranbär uppvisar högre Cs-137 halter än blåbär och lingon, vilket också stämmer med de mätningar som skett. I ett försöksområde i Heby kommun relativt nära Uppsala var nedfallet av Cs-137 mellan 30 000 och 40 000 Bq per kvadratmeter. Relativt normala halter för blåbär och lingon har varit under 300 Bq per kg (färskvikt), medan hjortron som regel hade betydligt högre halter, omkring 1 000 Bq per kg.

I jämförelse med svamp har Cs-137 halterna varit betydligt lägre i bär, i snitt ungefär tio gånger lägre, även om variationen mellan arter kan vara stor.

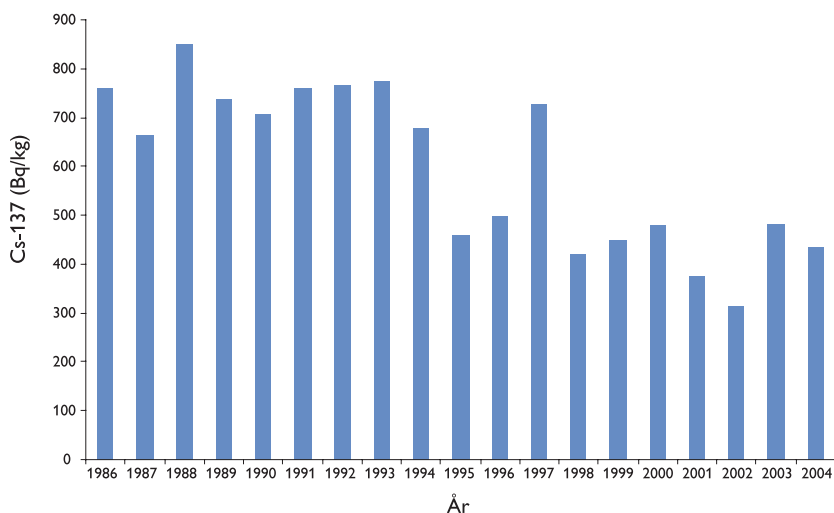
Med undantag av trägna hjortronplockare i norra Jämtland eller södra Lappland där Cs-137 beläggningen är relativt hög överför skogsbär relativt liten Cs-137 aktivitet till dem som plockar bär. Men å andra sidan hjortron är gott.

Älg

Älgen är det viktigaste jaktbara vilt som kan vara transportör av Cs-137 till människa. Dessutom är älgjakten en av de viktigaste rekreationskällorna speciellt i Norrland där Cs-137 beläggningen är högst. En stor älgdjur kan ge minst 200 kg kött och med 1 000 Bq per kg av Cs-137 innebär det totalt 200 000 Bq som skall tas till vara.

Cs-137 halterna i älgar från Heby kommun uppvisade ett medelvärde på 750 Bq per kg från 1986 till 1994. Cs-137 halterna har sedan minskat till omkring 400 Bq per kg. Ett bakslag kom 1997 då medelvärdet var nästan 750 Bq per kg igen. De höga halterna av Cs-137 orsakades troligen av att älgarna hade ett stort intag av svamp, framförallt sandsopp som är den svampart bland de ätbara svamparna som uppvisade de högsta halterna av Cs-137 under hösten 1977. Cs-137 halterna i älgar från t.ex. Gävle kommun har varit ungefär dubbelt så höga som i Heby kommun. Generellt gäller att halterna av Cs-137 i vilt är ungefär desamma som i skogsbär, men med stor variation mellan arter.

I slutet av 1980-talet sköts det omkring 130 000 älgar med en medelvikt av 100 kg rent kött – totalt omkring 13 miljoner kg. Medelälgen i Sverige



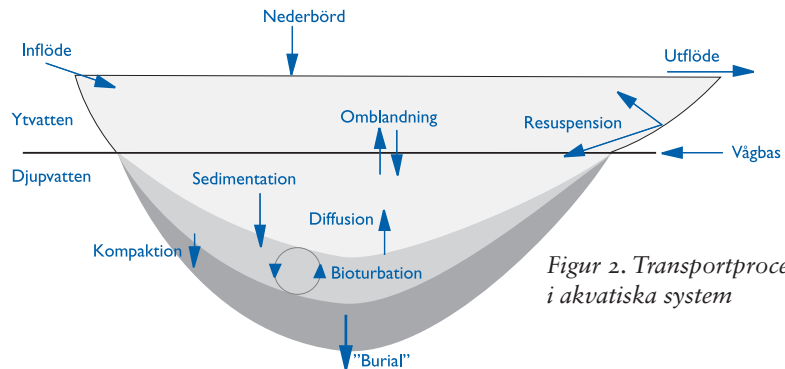
Halten av Cs-137 i älgar i Heby kommun 1986-2004

Forts. på sid 31

Radioaktiva ämnen i insjöfisk – förändringar i tiden

Nedfallet efter olyckan i Tjernobyl ledde till höga halter av cesium-137 ($Cs-137$) i fisk i många sjöar. I vissa sjöar minskade halterna relativt snabbt medan det i andra, 20 år efter olyckan, fortfarande kan vara halter betydligt över gränsvärdet för försäljning, vilket ligger på 1 500 becquerel per kilogram (Bq/kg).

Före Tjernobyl fanns goda kunskaper om viktiga processer om radioaktiva ämnen i sjöar. Det var väl känt att höga kaliumhalter i vatten motverkar biologiskt upptag av radioaktivt cesium, att höga kalciumhalter motverkar bioupptag av radioaktivt strontium, och att vissa radionuklider, t.ex. $Cs-137$, diffunderar från sediment och blir tillgängliga för bioupptag om syrekonzentrationen är låg medan andra inte gör det, t.ex. bly-210. Det var vidare känt att bioupptaget i fiskar är olika för olika fiskarter beroende på deras



Figur 2. Transportprocesser i akvatiska system

födoval, fiskar som äter botten djur exponeras på ett annat sätt av sedimentens kontaminering än fiskar som lever på plankton i vattenmassan.

Efter Tjernobyl har forskargrupper från många länder haft tillfälle att systematiskt samla data och kunskap om hur främst cesium och strontium i det radioaktiva nedfallet transporteras från mark till vatten, från bäckar till sjöar, kuster och hav och hur dessa radioaktiva ämnen också fångas upp av biologiskt material i akvatiska system. Detta är information som inte funnits tillgänglig i denna omfattning

före Tjernobylolyckan och som haft en avgörande betydelse för förståelsen av processerna i ett vattensystem och för utvecklingen av matematiska modeller som beskriver och kan förutsäga radioaktiva ämnens transport och uppehållstider i sjöekosystem.

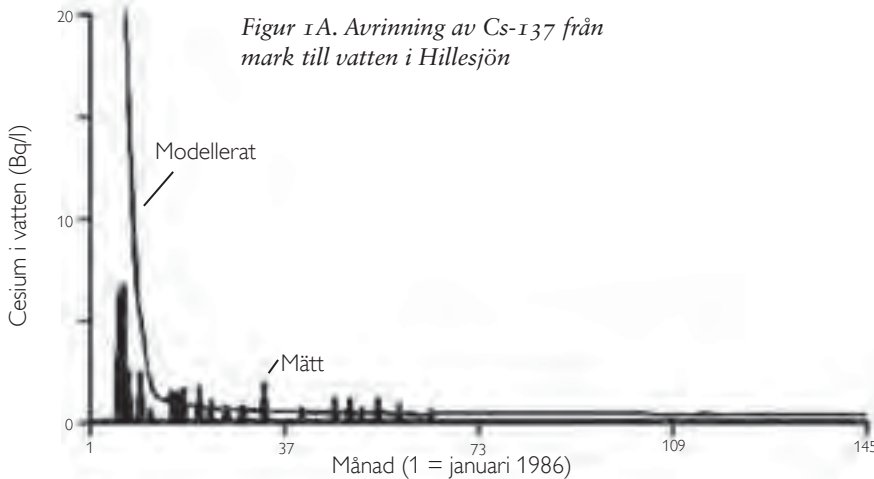
Forskningen efter Tjernobyl har i hög grad kretsat kring ett antal internationella projekt. Inom ramen för dessa har betydande framsteg gjorts och i denna artikel beskrivs i korthet särskilt nya beräkningsmodeller, bättre möjligheter till kvantifiering av hur radioaktiva ämnen rör sig i akvatiska system, cesiumhalter i fisk i framtiden, samt åtgärder för att minska stråldosen till människor, flora och fauna.

Nya beräkningsmodeller

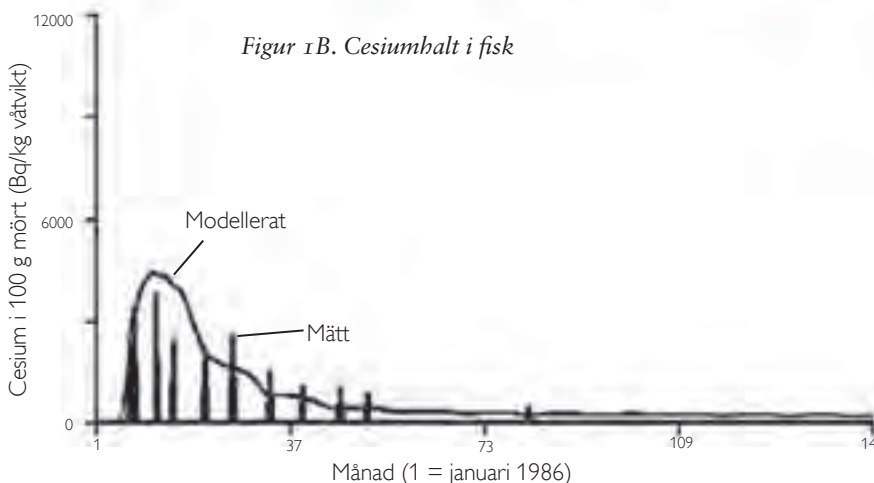
Före Tjernobylolyckan var flertalet modeller som beskrev radioaktiva ämnens transport och upptag i vattenmiljö av deskriptivt slag. Efter olyckan har flera studier genomförts där modeller testats mot nya mätdata. I jämförande studier har man i detalj granskat modellens förmåga att träffa rätt, dvs deras prediktiva kraft. Också begreppet prediktiv kraft har definierats matematiskt på ett enkelt och användbart sätt. Detta har medfört att nya grundtyper av modeller utkristalliserats, var och en med för- och nackdelar. Det är således inte så att det kommit fram någon allena rådande modell.

I så kallade regressionsmodeller använder man mätdata och statistiska metoder för att rangordna de faktorer som påverkar koncentrationen av ett radioaktivt ämne i miljön, exempelvis i fisk. En typisk sådan modellberäkning med data från 14 sjöar visade att 93 procent av variationen i cesiumhalt i gädda kan förklaras statistiskt av

Figur 1A. Avrinning av $Cs-137$ från mark till vatten i Hillesjön



Figur 1B. Cesiumhalt i fisk

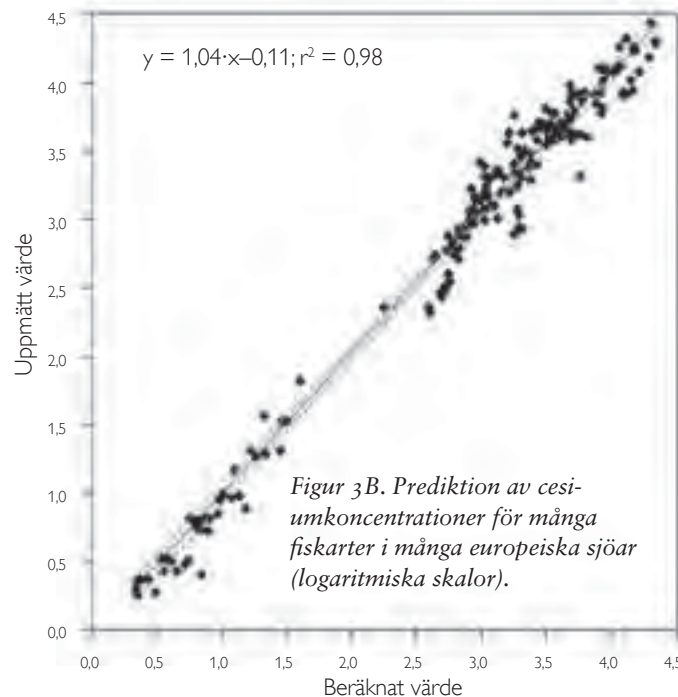
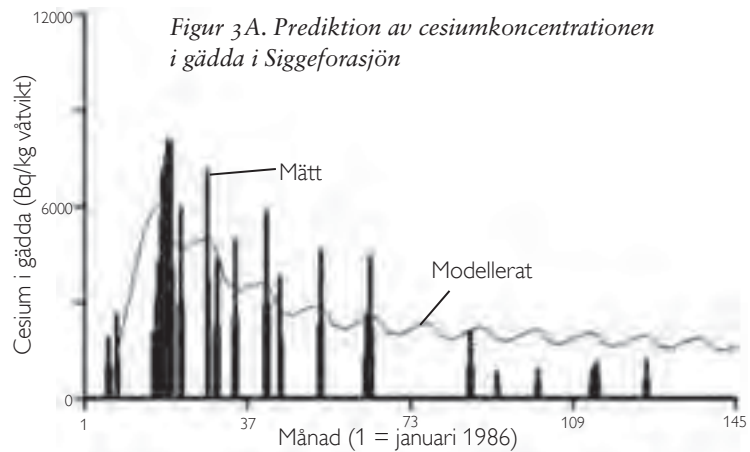


variationer i cesiumhalt i vatten (viktigast), kaliumkoncentration (näst viktigast), samt variationer i andelen öppen mark i sjöarnas tillrinningsområden och variationen i fosforhalt. Detta är viktig information om man vill ta fram en kausal (orsaks) modell för hur cesiumhalter varierar mellan sjöar. Men statistiska modeller av denna typ är ändå inte så användbara eftersom de inte är dynamiska, dvs de kan inte beskriva hur halter varierar i tiden. I exemplet avser cesiumhalten i gädda således endast året 1988.

Men det finns också statistiska modeller som är dynamiska. Sådana modeller måste kalibreras med hjälp av mätdata. Här har alla de mätningar som utförts efter Tjernobylyckan varit till ovärderlig hjälp. Dessa modeller har visat sig ge hög prediktiv kraft för främst koncentrationer av cesium i flod- och sjövattnen. Mätdata visar att det ofta finns två tidsförlopp för hur halter av det radioaktiva ämnet avtar, ett initialt snabbt avtagande som har att göra med det direkta nedfallet på vattenytan och ett långsammare förlopp, som rör avrinningen av radionukliden från mark till vatten (se figur 1A).

Två problem med dessa statistiska modeller är att de inte egentligen ger orsakssamband och att det är svårt prediktera biologiska förlopp. Cesiumhalten i fisk antar ofta ett maximivärde först en tid efter nedfallet och inte direkt efter nedfallet (se figur 1B). Då uppstår problemet att prediktera när det högsta värdet nås och avtagandet därefter. Detta kan numera hanteras mycket bra med mer avancerade modeller, kausala modeller. Dessa modeller ser lite olika ut beroende på om man främst vill modellera fysikaliska transportprocesser och prediktera exempelvis koncentrationer i vatten och sediment, eller om man vill prediktera medelvärden för större områden som sjöar, kustområden eller flodavsntitt och biologiska variabler.

Till saken hör dock att fiskar, men även djurplankton, är högt organiserade varelser som inte följer fysikaliska lagar i sina flyttnings- och rörelsemönster, utan andra mer svåråtgångade biologiska lagar som inte låter sig styras av matematiska modeller. Vissa kausala modeller drivs av meteorologiska data (vind, temperatur) men eftersom man inte kan prediktera vädret



tillförlitligt mer än högst några dagar är dessa modeller ofta inte prediktiva utan deskriptiva. Med sådana modeller kan man beskriva och förstå främst fysikaliska förlopp som dock ofta är viktiga och grundläggande även för kemiska och biologiska förlopp.

Bättre beskrivning av radioaktiva ämnen i akvatiska system

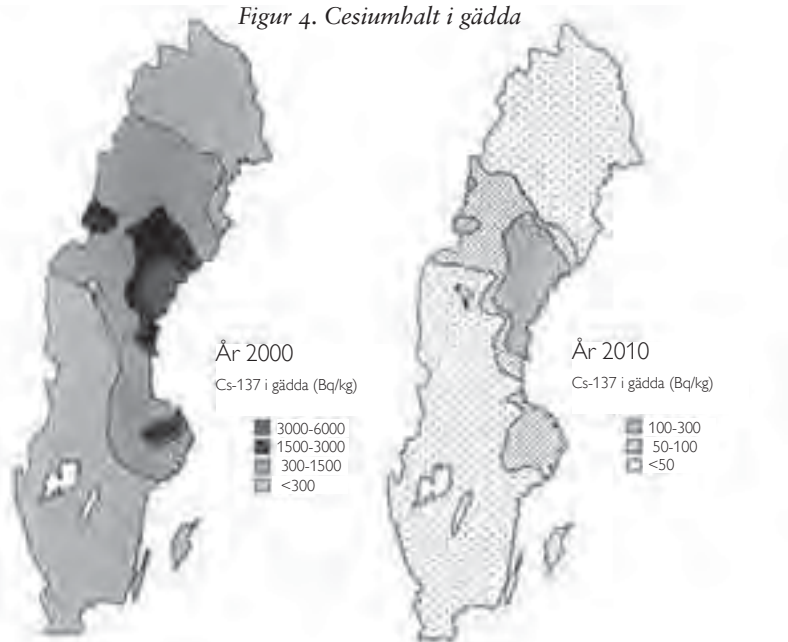
I figur 2 illustreras olika transportprocesser som idag kan beskrivas mycket väl med den nya generationens kausala modeller som tagits fram efter Tjernobyli. För att kvantifiera inflödet till en sjö från en å eller älv måste man ha data på vattentransporten (t.ex. i m³/månad) och på koncentrationen av substansen i ån (t.ex. i Bq/m³). Utflödet kvantifieras på liknande sätt från vattenflödet ut ur sjön och den beräknade koncentrationen i sjön. Utmaningen

är främst att beräkna denna koncentration. Den beror av en rad processer som också anges i figur 2. Först måste man ha kunskap om hur stor andel av det radioaktiva ämnet som finns i löst respektive i partikelbunden form. Endast den partikelbundna formen kan sedimentera genom gravitation, och det är främst den lösta formen som är tillgänglig för bioupptag i alger och sedan till djurplankton, som äter alger, och vidare till fisk, som äter djurplankton. Idag finns mycket bra kunskap om detta för cesium och strontium, och det är här som vattnets innehåll av kalium, respektive kalcium kommer in.

En sjös storlek och form har avgörande betydelse för alla interna processer: hur mycket av den partikulära andelen sedimenterar per tidsenhet (sedimentation), hur mycket av det

Forts. på sid 28

Figur 4. Cesiumhalt i gädda



partikulära material som sedimenterat virvlas upp per tidsenhet av vindgenererade vågor (resuspension), hur mycket av det material som sedimenterat transporteras tillbaka till vattnet på grund av koncentrationsskillnader mellan sediment och vatten (diffusion), hur mycket transporteras ner och upp mellan yt- och djupvatten per tidsenhet (blandning) och hur mycket av det radioaktiva ämnet tas upp och hur mycket lämnar en organismgrupp per tidsenhet (bioupptag och kvarhållning)?

Alla dessa transportprocesser kan kvantifieras mycket bra med dagens modeller. Den riktigt svåra utmaningen har varit att få fram modeller för att prediktera koncentrationer i främst fisk som människor äter. Detta förutsätter att koncentrationerna i vatten och sediment också är beräknade så korrekt som möjligt.

Figur 3A visar hur en modell (LakeMab-modellen från Uppsala universitet), predikterar cesiumkoncentrationen i gädda i Siggeforasjön. Figur 3B visar hur denna modell predikterar cesiumkoncentrationer inte endast i gädda i Siggeforasjön utan i många olika fiskarter i ett stort antal europeiska sjöar vid en blindtest, dvs då den som gjorde beräkningarna inte kände till mätvärdena. I princip kan man inte prediktera bättre eftersom det också finns betydande osäkerheter i de mätvärdena som anges på y-axeln. Med de modeller som fanns för 10 år sedan

var man inte i närheten av denna prediktiva kraft.

Cesiumhalter i fisk i framtiden

Med dagens modeller kan man också göra rimliga prediktioner av hur cesiumläget kommer att förändras i Sveriges sjöar och figur 4 visar detta för cesium-137 i gädda. När läget var som värst 1987 hade Sverige ca 14 000 sjöar med cesiumhalter i fisk över riktvärdet 1 500 Bq/kg färskvikt och från figur 4 kan vi se att på regional basis så borde alla sjöar ha fisk med cesiumhalter klart under 1 500 Bq/kg omkring år 2010.

Åtgärder för att minska stråldosen

Ett stort antal åtgärder har testats för att minska främst cesiumhalten i fisk och Sverige har varit aktivt inom detta område eftersom Sverige i hög grad drabbades av nedfallet från Tjernobyl. I många sjöar har man testat om sjökalkning, våtmarkskalkning, fullskalekalkning, kaliumbehandling, utfiskning och gödsling (med fosfor) kan minska cesiumhalten i fisk. Resultaten är lika enkla att redovisa som de är nedslående. Ingen metod verkar fungera riktigt bra. Cesiumhalten i fisk beror främst på cesiumbelastningen på sjön och den påverkas inte nämnvärt av dessa eller andra kända metoder. Ökar man kaliumhalten i vatten genom att tillsätta pottaska till sjön, minskar visserligen direktupptaget av cesium från vatten till fisk, speciellt i sjöar med låga ingångshalter

av kalium, men det finns kompensatoriska effekter, exempelvis, att mer cesium kommer att bli biotillgängligt eftersom bindningen av cesium till suspenderade partiklar också minskar då kaliumhalten i vatten ökar.

Flera olika metoder att behandla fiskkött med hushållsmetoder har också testats med ganska nedslående resultat. Det går visserligen att via insaltning under kortare eller längre tid under mer eller mindre omfattande omrörning minska cesiumhalten i fisk, men det man vinner i form av lägre cesiumhalter i fiskkött upphävs till del av att köttet får en annan konsistens och smak och förlorar viktiga vitaminer.

Den viktigaste lärdomen från dessa omfattande och dyra experiment är att man nu kan ha realistiska förväntningar på vad olika åtgärder kan åstadkomma men att man inte skall vänta sig för mycket. Det gäller främst att förhindra att radioaktiva ämnen kommer ut i miljön.

Slutkommentar

Kunskapen från den radioekologiska forskningen efter Tjernobyl om olika generella transportprocesser har öppnat en ny värld för modellering av alla typer av miljöstörande substanser i akvatiska system.

LARS HÅKANSON

Professor, Institutionen för geovetenskaper

Uppsala universitet

Referenser

IAEA, 2000. *Modelling of the transfer of radiocaesium from deposition to lake ecosystems. Report of the VAMP Aquatic Working Group*. International Atomic Energy Agency, Vienna, IAEA-TECDOC-1143, 343 p.

Monte, L., Brittain, J.E., Håkanson, L., Heling, R., Smith, J.T. and Zheleznyak, M., 2003. *Review and assessment of models used to predict the fate of radionuclides in lakes*. J. Env. Radioactivity, 69:177-205.

Smith, J.T., Voitsekhovitch, O.V., Håkanson, L. and Hilton, J., 2001. *A critical review of measures to reduce radioactive doses from drinking water and consumption of freshwater foodstuffs*. J. Env. Radioactivity, 56:11-

Konsekvenser i Ryssland, Vitryssland och Ukraina

Kärnkraftsolyckan i Tjernobyl har haft mycket omfattande konsekvenser i Ryssland, Ukraina och Vitryssland. De slutsatser om hälsokonsekvenser som drogs av FN:s vetenskapliga strålningskommitté i dess senaste rapport från år 2000 bekräftas i en rapport från i höstas som de tre länderna och åtta FN-organisationer står bakom bland dem Världshälsoorganisationen WHO. Av den räddningspersonal som deltog i arbetet under olycksnatten dog 28 inom några månader av den strålning de utsattes för. Enligt senaste uppgifter har närmare 5 000 barn drabbats av cancer i sköldkörteln. Ett antal tusen personer i befolkningen beräknas få olika cancersjukdomar till följd av olyckan.

Men hittills har det inte varit möjligt att med säkerhet konstatera en ökning av antalet cancerfall som kan förknippas med strålning från olyckan förutom ökningen av sköldkörtelscancer. Det är osäkert om strålningen kan orsaka ökning av andra sjukdomar än cancer. Men olyckan har också inneburit att betydande landområden har utrymms för obestämd tid framöver. Den ekonomiska bördan har varit stor men enligt internationella bedömningar också till en del orsakad av felprioriteringar. Det finns förslag till hur länderna ska ta sig ur det trauma som olyckan förorsakat.

Denna artikel sammanfattar slutsatser från en rapport som tagits fram av åtta FN-organisationer i samarbete med representanter för regeringarna i Ryssland, Vitryssland och Ukraina. Rapporten presenterades vid en konferens¹ i Wien i september 2005. De stråldosbestämningar som redovisas i den nya rapporten överensstämmer med de som FN:s Vetenskapliga strålningskommitté (UNSCEAR) presenterade år 2000 och som bygger på en omfattande vetenskaplig prövning av publicerade artiklar.

Akuta hälsoeffekter

Höga stråldoser till hela kroppen, mer än cirka 0,5 Gy, erhållna under kort tid kan leda till akuta hälsoeffekter². En stråldos på cirka 2,5-5 Gy är dödlig för cirka 50 procent av dem som exponeras. Det är bara den personal som deltog i räddningsarbetet under olycksnatten som har fått så höga stråldoser (2-20 Gy). Akuta hälsoeffekter (strålsjuka) bekräftades för 134 personer och av dem dog 28 under månaderna efter olyckan.

Enligt den senaste internationella utvärderingen har till idag ett femtiotal av de räddningsarbetare som deltog under olyckans första dygn avlidit. Det är osäkert hur många utöver de 28

som dött till följd av den strålning de utsatts för. Ingen person i allmänheten har fått så höga stråldoser att det kan ha medfört akut strålskada.

Cancer

Bestrålning av joniserande strålning kan leda till sena skador³, i första hand cancer. Beroende på cancerform kan den uppkomma från några år upp till flera decennier efter bestrålning. Om

olyckan, insjuknat och 15 uppges ha dött av sjukdomen till och med 2002. På grund av den korta halveringstiden var radioaktivt jod (jod-131 med halveringstid 8 dagar) bara ett problem under några månader. För dem som exponerades under denna tid finns dock en bestående risk att senare i livet få sköldkörtelcancer. Antalet fall förväntas öka många år framöver, men det är svårt att uppskatta hur många det kan

Befolkningsgrupp	Antal personer	Genomsnittlig dos (mSv)
Räddnings- och röjningsarbetare (1986-1989)	600 000	~100
Evakuerad civilbefolkning (1986)	116 000	33
Befolkning i högkontaminerade områden (1986-2005)	270 000	>50
Befolkning i övriga kontaminerade områden (1986-2005)	5 000 000	10-20

Genomsnittlig sammanlagd stråldos för angivna årtal

en person får i sig radioaktiv jod via inandning eller föda så ansamlas den snabbt i sköldkörteln. Risken att detta leder till sköldkörtelcancer är störst för barn under 10 år medan risken för vuxna är betydligt lägre.

En kraftig ökning av sköldkörtelcancer bland dem som var barn eller ungdomar vid tiden för olyckan är den enda ökning i cancersjukdomar som med säkerhet kan relateras till olyckan. Enligt senaste uppgifter har närmare 5 000 barn, som var under 18 år vid

bli. Detta innebär att det är viktigt med en fortsatt uppföljning av dem som var barn 1986 och som fick höga stråldoser till sköldkörteln liksom av dem som redan drabbats av cancer.

De befolkningsgrupper som fick högst stråldoser och som därför löper störst risk att drabbas av cancer till följd av strålningen är de 200 000 arbetare som det första året deltog i uppröjningsarbetet runt reaktorn, de 116 000 personer som evakuerades det första året, och de 270 000 personer som bor i de mest nedsmutsade områdena, sammanlagt cirka 600 000 människor. Med den riskmodell som rekommenderas av Internationella strålskyddskommisionen (ICRP) har

Forts. på sid 30

¹ Konferensen ordnades av IAEA i samverkan med WHO, FAO, UNDP, UNEP, UN-OCHA, UNSCEAR och Världsbanken och tillsammans med regeringarna i Ryssland, Ukraina och Vitryssland (www.iaea.org).

² Akuta (deterministiska) skador är direkt beroende på bestrålningen. Vid stråldoser över ett visst värde uppstår alltid skada, och högre doser ger allvarligare skador. Doserna vid akuta effekter anges i "absorberad dos" och enheten 1 gray (Gy).

³ Sena (slumpmässiga) skador beror på bestrålningen, men det är sannolikheten att få en skada som beror av stråldosen, inte hur allvarlig skadan blir. Doserna i samband med slumpmässiga skador anges i "effektiv dos" och i enheten 1 sievert (Sv).

☞ det uppskattats att ökningen i antalet dödsfall i cancer bland dessa kan uppgå till några få procent, jämfört med om olyckan inte inträffat. Detta skulle innebära cirka 4 000 fall under en femtioårsperiod efter olyckan. En sådan ökning kan vara svår att bekräfta med de metoder som finns tillgängliga.

För övriga cirka fem miljoner människor i Ryssland, Vitryssland och Ukraina som bor i områden med en markbeläggning av cesium-137 som överstiger 37 kBq/m² är stråldoserna relativt låga. Det betyder också att alla uppskattningar av antalet dödsfall i cancer blir mycket osäkra, men de visar att det kan röra sig om cirka 5 000 fall. Sådana små ökning blir mycket svåra att påvisa i epidemiologiska undersökningar. Bedömningen för närvarande är att det inte är särskilt troligt att det någonsin med någon högre grad av säkerhet kommer att kunna fastställas hur många extra cancerfall olyckan medför. Uppföljningen försvåras också av att de flesta epidemiologiska studier som gjorts efter Tjernobyl har saknat information om enskilda individers stråldoser, relevanta kontrollgrupper, och att sjukdomsorsaker eller dödsorsaker inte alltid har varit väl bestämda. Hittills genomförda studier av andra tumörsjukdomar än sköldkörtelcancer har inte kunnat klart påvisa någon ökning i sjuklighet eller dödlighet som kan relateras till Tjernobylolyckan. Det faktum att en ökning av cancerrisken hit-

tills inte kunnat påvisas, bortsett från ökningen i sköldkörtelcancer, är inte något bevis för att det verkligen inte skett någon ökning. Små förändringar i antagandet om strålningsrisken kan medföra stora skillnader i uppskattade hälsokonsekvenser. Men det är också så att flertalet av dessa sjukdomar förväntas uppkomma först en eller flera tiotal år efter olyckan.

Nyligen publicerade studier antyder en fördubbling i antal leukemifall 1986-96 bland de högst exponerade ryska röjningsarbetarna som kan vara orsakad av strålning. Det är också möjligt att det skett en ökning i bröstcancer hos kvinnor i de mest kontaminerade områdena som kan vara relaterad till stråldosen. Båda dessa observationer behöver dock bekräftas genom ytterligare uppföljning.

Ärftliga skador

Bestrålning av joniserande strålning kan skada könsceller och leda till ärftliga förändringar som kan komma att visa sig i framtida generationer. Sådana skador har visats i djurförsök men har aldrig kunnat påvisas hos människor. Man förväntar sig att skador ska uppkomma men att ökningen är för liten för att kunna observeras bland de förändringar i arvmassan som förekommer spontant eller av andra orsaker.

Andra sjukdomar

Det förekommer ofta uppgifter om att antalet missbildade barn ökat till följd av olyckan. I Vitryssland har det

skett en ökning av antalet barn med missbildningar, men det finns inte någon skillnad i antalet fall mellan områden med hög och låg radioaktiv markbeläggning. Ökningen beror därför knappast på strålning. En troligare förklaring uppges vara att fallen idag registreras i större utsträckning än tidigare.

När det gäller andra sjukdomar än cancer, och som har ökat med åren, är det osäkert i vilken utsträckning som de kan orsakas av strålning.

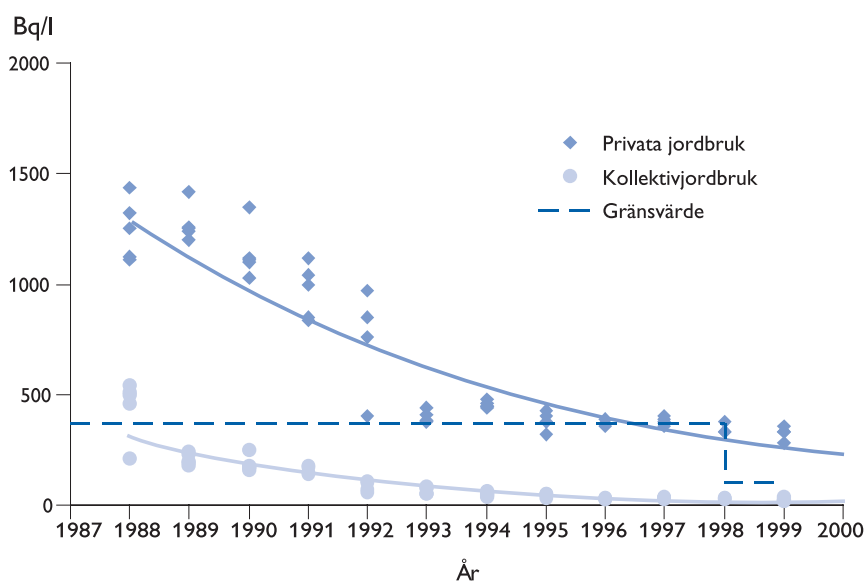
Grå starr är en ögonsjukdom som kan uppkomma efter relativt höga stråldoser. Studier på räddnings- och upprijsningsarbetare tyder nu på att grå starr kan uppkomma vid lägre stråldoser än vad som observerats tidigare, men det krävs fortsatt uppföljning för att bekräfta detta.

I rapporten från konferensen i Wien betonas också, vilket även har sagts i tidigare internationella utvärderingar, att de psykosociala konsekvenserna utgör ett stort hälsoproblem. Detta medför också överdriven rädsla för hälsoeffekter till följd av strålningsexponering. Denna rädsla tycks inte ha minskat med åren.

Miljökonsekvenser

Jordbruket drabbades hårt i stora områden men generellt skedde det en avsevärd minskning av i överföringen av radioaktiva ämnen till vegetation och djur under de första åren efter olyckan. På senare år är dock minskningstakten betydligt lägre. Kvarstående problem finns framförallt på näringsfattiga jordar och där djur betar på marker som inte bearbetats. Idag är det cesium-137 i mjölk och kött som ger de största bidragen till stråldosen via livsmedel från jordbruket. Koncentrationerna är dock i allmänhet under de gränsvärden som gäller i de tre länderna. I vissa områden med hög beläggning av Cs-137 kan dock cesiumhalten i mjölk fortfarande överstiga gränsvärdet på 100 Bq/l.

Växter och djur i skogen har visat de högsta koncentrationerna av cesium-137. Särskilt höga halter finns i svamp, bär och vilt. Nedgången i halter är betydligt långsammare än i jordbruksprodukter och överstiger fortfarande ofta gällande gränsvärden. För många människor ger skogsprodukter det största bidraget till stråldosen från



Minskning över tiden av cesium-137 i mjölk från jordbruk i Rovno-regionen i Ukraina. Källa: Rapporten Chernobyl's Legacy

livsmedel. Detta kan förväntas bestå för tiotal år framöver.

De första åren efter olyckan sanerades med varierande framgång tätorter för att reducera stråldosen från radioaktiva ämnen på mark, hus och vägar. Tjugo år efter olyckan är strålningsnivåerna i flertalet tätorter ungefär desamma som före olyckan. Undantag är nivåerna i parker, trädgårdar och över oströd jod. De stora mängderna radioaktivt avfall som då uppkommit har skapat särskilda problem.

Inom jordbruket har en rad motåtgärder använts, allt ifrån att kasta produkter med för högt innehåll av cesium till att utfordra djur med rent foder och användande av speciella medel som binder cesium och hindrar upptag i växter och djur. Av ekonomiska skäl har dock användandet av motåtgärder inom jordbruket avsevärt minskat sedan mitten av 1990-talet. Detta har inneburit att halterna i jordbruksprodukter har ökat igen. Erfarenheterna visar att det i praktiken bara finns begränsade möjligheter till motåtgärder i skog och sjö. Restriktioner av olika slag är de mest effektiva för att minska stråldoserna.

Olyckan medförde omfattande direkta skador på miljön ut till några tiotal kilometer från den havererade reaktorn. Barrskog utsattes för mycket höga och dödliga strålningsnivåer under de första veckorna efter olyckan. Ökad dödlighet och reproduktionsstörningar observerades hos vissa djurarter (exempelvis möss, insekter) som lever nära marken eller i översta jordlagret där koncentrationerna av radioaktiva ämnen var högst.

Till följd av minskande strålnivåer skedde en återhämtning från de akuta effekterna under åren efter olyckan. Frånvaron av jordbruk och annan mänsklig påverkan har inneburit en ökning av antalet individer bland flera djurarter också beroende på immigration av djur från mindre kontaminerade områden. En fortsatt långsiktig uppföljning behövs för att visa om det blir bestående effekter till följd av strålningsexponeringen.

Andra konsekvenser

Tjernobylolyckan har inneburit stora sociala och ekonomiska konsekvenser för Ryssland, Vitryssland och Ukraina. En stor kostnad har varit de bidrag och förmåner som getts till så kallade

Tjernobylofffer. Mer än fem miljoner människor har officiellt erkänts som offer och därmed fått rätt till olika former av bidrag. Bidragen grundas på att kompensera för risk att bli sjuk av strålning snarare än för en faktisk skada eller sjukdom. De stråldoser som flertalet har fått innebär dock små risker för framtida ohälsa. I slutet på 1990-talet fanns det mer än 70 olika bidrag och förmåner i Ryssland. En uppskattning visar att olyckan totalt kostat de tre länderna storleksordningen 1000 miljarder kronor i direkta och indirekta utgifter under de 20 år som gått sedan olyckan.

Om framtiden

Åtta FN-organisationer och regeringarna i Ryssland, Vitryssland och Ukraina är i huvudsak eniga om strålningskonsekvenserna av Tjernobylolyckan. Naturligtvis finns det osäkerheter och delvis ganska stora sådana, och det motiverar fortsatt uppföljning av olika slag. Men det finns nu en god vetenskaplig grund för att ge befolkningen i sin helhet en balanserad bild av de verkliga riskerna med den strålning som härrör från Tjernobylolyckan. På så sätt kan förhoppningsvis tillgängliga resurser i första hand satsas på de mest behövande, dvs. personer som bor i områden med högst nedfall. Genom att vara överens om konsekvenserna ska det vara möjligt att se framåt mot en bättre framtid.

LEIF MOBERG

Myndighetsspecialist, SSI

Referenser

Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine. Sammanfattande rapport från konferensen *Chernobyl – Looking back to go forwards* som ägde rum i Wien 6-7 september 2005 (www.iaea.org).

UNSCEAR 2000, *Sources and effects of ionizing radiation, Volume II, Annex J: Exposures and effects of the Chernobyl accident* (finns på sajten www.unscear.org)

hade då omkring 200 Bq av Cs-137 per kg kött. Om allt Cs-137 överförts till människor skulle det innebära 2,6 miljarder Bq Cs-137. Detta skulle motsvara en årlig kollektivdos på 35 manSv. De helkroppsmätningar som genomförts tyder på att den kollektivdosen blir något lägre vilket kan bero på att jägarna använde motåtgärder. Man utnyttjade troligen inte sämre köttbitar, dvs kasserade mer än normalt. Dessutom försvinner en del Cs-137 i samband med matlagning.

Älgen är ett utmärkt objekt för att undersöka hur Cs-137 halterna varierar med tiden efter Tjernobyl. Älgen integrerar över sitt hemområde omfattande 1000-2000 hektar. Under den första veckan av älgjakten skjuts de flesta älgarna så årstidsvariationer påverkar resultaten i liten utsträckning. Det visar sig att Cs-137 halten i älg var ganska konstant under de första 10 åren – cirka 750 Bq per kg i undersökningsområdet i Heby. Älgen äter relativt små mängder av svamp men dock tillräckligt för att orsaka variationer i Cs-137 halterna – bra svampår går halterna upp speciellt i de delar av Sverige där vi har septemberjakt.

Rådjur

En storkonsument av svamp är rådjuren. Man kan finna att 20-30 procent av vominnehållet är svamp. Detta orsakar en höjning av Cs-137-halterna under svampsäsongen med 300 - 400 procent. Ett rekordår var 1988, då medelhalten i rådjur skjutna under augusti var 12 000 Bq per kg i Gävle kommun. Efter svamptoppen gick Cs-137-halterna ner relativt snabbt och i Gävle var halterna utanför svampsäsongen ca 2 000 Bq per kg. En naturlig motåtgärd var att införa vårjakt på råbock. Denna åtgärd gjorde att man kunde skjuta en vårbock som hade 2000 Bq per kg istället för att skjuta motsvarande bock under augusti – september då de hade fyra gånger högre halt.

KARL J. JOHANSON

Professor emeritus, Institutionen för skoglig mykologi och patologi, SLU, Uppsala

Tsjernobyl-ulykken 20 år etter

En oppsummering fra Norge

Tsjernobyl-ulykken for 20 år siden overrasket oss alle, og var også tidenes mest alvorlige kjernekraftulykke. Enkelte hevder at ulykken var medvirkende årsak til Sovjetunionens fall – den fikk helt sikkert konsekvenser for en rekke lands kjernekraftutbygging i årene som fulgte. Ulykken medførte betydelig nedfall over store deler av Europa, deriblant Skandinavia.

I Norge var det spesielt sentrale områder av Sør-Norge, Trøndelagsfylkene og søndre del av Nordland som fikk mest radioaktivt nedfall. Konsekvensene ble store, siden det i disse områdene også var viktige utmarksområder som ble brukt som beiteområde for reinsdyr, småfe og delvis storfe. I disse områdene observerte vi høy overføring av radioaktivitet fra jord til planter og dyr.

En tidlig fase med hektisk virksomhet

I en tidlig fase forsøkte Strålevernet (den gang Statens institutt for strålehygiene) å skaffe seg en oversikt over situasjonen og omfanget av utslippet. Som kjent varslet ikke Sovjetunionen selv om ulykken, og det var først da de radioaktive luftmassene kom inn over Skandinavia at myndighetene forsto at det hadde skjedd en alvorlig ulykke. Strålevernet har en luftsuger med filter, og da dette filteret ble analysert mandag morgen den 28. april, så spektret høyst uvanlig ut. En rask kontakt med nordiske kolleger bekreftet at her pågikk alvorlige utslipp. I Norge fikk en etter hvert satt i gang en landsdekkende innsamling av snø og nedbør. Dette ble senere supplert med fire jordprøver innsamlet fra hver kommune.

Senere fant en at radioaktiviteten var svært ujevnt fordelt, selv innenfor små områder, og gjennomsnittsverdiene for hver kommune er derfor bare en indikasjon på hvilke områder som ble rammet av det radioaktive nedfall

let. Det er i stor grad radioaktivt cesium (Cs-137 og Cs-134) som har vært hovedproblemet i nedfallet i Norge etter Tsjernobyl-ulykken.

Tiltaksgrenser

Det ble tidlig bestemt at ingen enkeltperson eller gårdbruker skulle bli økonomisk lidende etter Tsjernobyl-ulykken. Det var også svært viktig å opprettholde norsk matvareproduksjon, og opprettholde forbrukernes tillit til norskproduserte matvarer. Etter et fellesnordisk møte i Uppsala i juni 1986 innførte Helsedirektoratet tiltaksgrenser for de radioaktive isotopene Cs-137 og Cs-134. Tiltaksgrensene var 370 Bq/kg for melk og barnemat og 600 Bq/kg for alle andre matprodukter. I november 1986 ble tiltaksgrensen hevet til 6 000 Bq/kg (sum av Cs-134 og Cs-137) for reinsdyrkjøtt og i juli 1987 til 6 000 Bq/kg også for ferskvannsfisk og vilt. Denne grensen ble senere (i 1994) senket til 3 000 Bq/kg. Tiltaksgrensene tok sikte på å redusere radioaktivitet i næringsmidler slik at selv om all mat en konsument inntok første år etter ulykken skulle være maksimalt forurenset, ville dosen maksimalt bli 5 mSv. Disse tiltaksgrensene var bare delvis koordinert med andre nordiske land og EU. Vi vet jo for eksempel at den svenske tiltaksgrensen for Cs-137 i rein i årene etter Tsjernobyl-ulykken har vært 1 500 Bq/kg, og vi blir ofte spurt om der er slik at sven-



Bild.: Statens strålevern

ske reindriftsutøvere skal beskyttes bedre enn norske reindriftsutøvere.

Tiltak i matvareproduksjonen

Kassasjon av matvarer er et dyrt tiltak mot radioaktiv forurensning, og i Norge har vi derfor gjennomført flere mer kostnadseffektive tiltak for å unngå kassasjon. Av tiltak mot forurensningen var det i hovedsak tre metoder som ble tatt i bruk Norge etter ulykken; nedføring, gjødsling av eng og bruk av cesiumbindere. Nedføring går ut på at dyr med for høyt innhold av radioaktivt cesium blir gitt rent før i en tid slik at cesium i dyret kan skilles ut. Gjødsling av eng reduserer opptaket av radioaktivitet i føret til dyrene. Bruk av cesiumbindere (bentonitt og berlinerblått) i kraftfôr, saltslikkestein eller vomtablett reduserer opptaket av radioaktivt cesium i kjøttet og melken hos dyret.

Det var i hovedsak landbruksprodukter fra utmark som kjøtt av storfe, småfe, reinsdyr og melk av ku og geit som hadde aktivitetsnivåer over tiltaksgrensene. I Norge slaktes nærmere 1,2 millioner småfe hvert år. Mellom 200 000 og 400 000 av disse har hvert år etter Tsjernobylulykken hatt for høyt radioaktivitetsinnhold. Måling av radioaktivt cesium i levende dyr har vært et viktig tiltak for å unngå kassasjon, og gjør det mulig å avgjøre om dyret kan slaktes med en gang, eller

Ordforklaringar

enkelte: vissa
hevet till: höjt till, ökat till
nedføring: stödfodring
sau: gris
småfe: får och grisar
storfe: kor
svært: väldigt
tiltak: åtgärd

må føres ned i en lengre periode. Etter gjennomført tiltak er gjennomsnittlig aktivitetsnivå i alle områder godt under tiltaksgrensen. Unntaket her var i 1986 da det var nødvendig å kassere kjøtt.

Reinsdyr var spesielt utsatt etter Tsjernobyl-ulykken. Store deler av reinbestanden sør for Rana har hatt konsentrasjoner høyere enn tiltaksgrensen. Dersom tiltaksgrensen ikke hadde blitt hevet over 600 Bq/kg i løpet av høsten 1986 ville ca. 85 % av den totale norske reinproduksjonen i 1986 måtte blitt kassert. De tiltakene som er brukt innen reindriften er slaktning om høsten (i stedet for vinteren) og nedføring (inkludert beiting i mindre forurensete områder). I begrenset omfang har vomtabletter og saltslikkestein tilsatt berlinerblått blitt brukt. Kassasjon brukes også av og til når det bare er noen enkelte dyr som er over tiltaksgrensen. De høyeste verdiene målt i reinsdyr i Norge i løpet av høsten og vinteren 2005/06 er 5 000 – 7 000 Bq/kg, og selv med dagens tiltaksgrense på 3 000 Bq/kg må noen distrikter (samebyer) fremdeles føre ned rein før slaktning.

Kostholdsråd

For personer som har og hadde et forholdsvis høyt konsum av reinsdyrkjøtt og ferskvannsfisk ble det gitt kostholdsråd som blant annet anga hvor ofte en kunne spise matvarer med aktivitetsnivåer høyere enn tiltaksgrensene. Det er også blitt informert om hvordan man kan redusere aktivitetsnivåene ved tilberedning av maten.

Første år etter Tsjernobyl-ulykken anbefalte myndighetene at ingen skulle ha et høyere totalinntak av radiocesium enn 400 kBq, barn under to år, gravide og ammende ikke over 80 kBq. For senere år er det anbefalt et maksimum kostinntak på 80 kBq/år, og 40 kBq/år for barn, gravide og ammende.

Bistand til andre land

I etterkant av Tsjernobyl-ulykken hadde Hvite-Russland, Ukraina og Russland innført strenge grenser for hvor mye radioaktivitet som var akseptert i matvarer, og dette medførte store problemer for de lokale bøndene. Basert på de positive erfaringene i Norge, ble derfor norske eksperter bedt av FN om å bistå med informasjon og vei-

ledning om hvordan mottiltak kunne gjennomføres i de tre landene. Det som ble spesielt viktig for den lokale befolkningen var å få en uavhengig, vestlig vurdering av forurenningssituasjonen.

Stråledoser til den norske befolkningen

Bestråling av befolkningen i forbindelse med radioaktivt nedfall kan medføre helsemessige konsekvenser. Dette har vært grunnlaget for myndighetenes reaksjon etter ulykken, og det har vært gjennomført tiltak for å redusere helsekonsekvensene. Det ble derfor viktig å se på hvilke stråledoser den norske befolkningen mottok som følge av Tsjernobyl-nedfallet. I Norge er det er bare 1,5 % (rundt 60 000 mennesker), av den totale befolkningen som bor i områder som mottok mer enn 50 kBq/m² nedfall. Men det foregår en del husdyrproduksjon i disse områdene, og dette innvirker på interndosene. Etter Tsjernobyl vet vi at i gjennomsnitt bidrar melkeprodukter, småfe-, storfe- og reinsdyrkjøtt med 60 % av det totale radiocesiuminntaket i befolkningen.

Måling av aktivitet i luft i Oslo-området den første måneden etter ulykken viser en integrert luftaktivitet på 140 Bq/m³·h av I-131, og 40 Bq/m³·h av Cs-137. Det ble etter denne tid målt svært lave luftkonsentrasjoner (mindre enn 1 mBq/m³).

I tabell 1 er det gitt en oversikt over dosene det første året, over 5 år og femti år. Det er beregnet en gjennomsnittlig individdose på 2 mSv summert over 50 år. Dette tilsvarer 8 400 personSv for den norske befolkningen i samme tidsrom. Dette er selvsagt en teoretisk vurdering, men basert på dagens kunnskap om stråledoser er dette den risikovurderingen vi kan gjøre.

Spesielt utsatte grupper

For å få bedre kunnskap om stråledosene til befolkningen som følge av Tsjernobyl-ulykken, ble det fra 1987 gjennomført kostholdsundersøkelser og målinger av personer i ulike befolkningsgrupper:

- Reindriftssamer fra Sør- og Midt-Norge og spesielt utvalgte personer fra Øystre Slidre. Disse gruppene omfattet personer som hadde et høyt konsum av næringsmidler med forholdsvis høyt innhold av radioaktivt cesium, og hos reindriftssamene skyldes nærmere 90% av inntaket av radiocesium konsum av reinsdyrkjøtt. Blant de spesielt utvalgte i Øystre Slidre skyldes hoveddelen av inntaket av radiocesium konsum av ferskvannsfisk, reinsdyrkjøtt og melk.
- Tilfeldig utvalgte personer fra Oslo (lite nedfall) og Sel (mye nedfall). Disse gruppene ble tatt med for å kunne ha et sammenlikningsgrunnlag (befolkning med mer gjennomsnittlig norsk kosthold). I Oslo kom størstedelen av cesiuminntaket fra melk og storfekjøtt, mens hos de utvalgte i Sel skyldes over halvparten av inntaket av radiocesium konsum av ferskvannsfisk og melk.

Undersøkelsene viste at gjennomsnittlig stråledose til befolkningen var innenfor den anbefalte maksimumsdosen på 5 mSv det første året og 1 mSv de etterfølgende år. Kostholdsråd bidro til at stråledosene til spesielt utsatte grupper av befolkningen ble betydelig redusert selv om man målte enkelt-doser over de anbefalte grensene. Mange av de undersøkte personene hadde endret kostholdet for å redusere inntaket av radiocesium via maten.

Økt kreftisiko som følge av Tsjernobyl-ulykken?

Fra en beregnet total befolkningsdose på 8 400 personSv over 50 år kan det anslås at ca 500 personer i Norge kommer til å få kreft på grunn av Tsjernobyl-ulykken. Det totale antallet kreftdødsfall pr år i Norge utgjør i dag rundt 21 000. Effekten av Tsjernobyl-ulykken utgjør således mindre enn 0,5 % av det totale antall, og lar

Tabell 1. Oversikt over beregnede doser, landsgjennomsnitt.

Dose (mSv)	1. år	Etter 5 år	Etter 50 år
Inhalasjon	0,01		
Ekstern dose	0,07	0,22	1,30
Intern dose	0,11	0,50	0,70
Sum	0,19	0,72	2,00
Totalt, personSv	810	3 020	8 400

Forts. på sid 34

☞ seg derfor vanskelig rent statistisk påvises i den norske befolkning.

Et offentlig utvalg foretok allerede i 1986 en vurdering av helsekonsekvensene av ulykken. Utvalget antydte at mellom 40-100 ville få kreft pga. Tsjernobyl-ulykken, hvorav 20-40 av disse vil dø. Utvalget konkluderte også med at »det er ikke sannsynlig at fosterskader vil opptre« og at »dosene i de følgende år må antas å bli betydelig lavere enn første år«. Derimot ble det også hevdet at den usikkerhet og angst nedfallet fra Tsjernobyl-ulykken hadde skapt, måtte sees som en viktig side av nedfallets helseskadelige virkninger.

For mange mennesker representerer Tsjernobyl-ulykken et vendepunkt når det gjelder opplevelse av miljøforurensning og dens globale karakter. Mange nordmenn følte nok at Norge ble utsatt for en forurensning det var vanskelig å beskytte seg mot. Kort etter nedfallet ble det gjort en undersøkelse på hvordan folk i Norge hadde reagert på ulykken. Nesten tusen personer ble intervjuet blant annet om stressreaksjon og psykiske problemer i forbindelse med Tsjernobyl-nedfallet. Rundt 20 % opplevde situasjonen ubehagelig stressende og kvinner viste seg

å være mer bekymret enn menn. Det kom også frem at befolkningen hadde liten kunnskap om radioaktivitet og stråling. Selv om få oppsøkte profesjonell hjelp, var det stor etterspørsel om informasjon fra myndigheter og fra helsepersonell. I tillegg til rask, klar og forståelig informasjon, ønsket man spesielt informasjon om ting som hadde direkte betydning for dagliglivet med utgangspunkt i praktiske råd og mottiltak.

Var det riktig bruk av ressurser?

Det er altså gjennomført omfattende tiltak for å redusere helsekonsekvensene i Norge etter Tsjernobyl-ulykken. Stråledosen og dermed risiko for helseskader i befolkningen som følge av dette er blitt betydelig redusert. I snitt for befolkningen er dosen til nå blitt halvert. For de mest utsatte gruppene av befolkningen er reduksjonen større. Reindriftssamer i Sør- og Midt-Norge mottok i gjennomsnitt kun 1/10 av stråledosen de ville fått uten tiltak de første årene.

En sammenligning mellom ressurser benyttet på tiltak for å redusere helsekonsekvensene og de kostnadene samfunnet ville kunne bli påført uten tiltak, med flere helseskader, viser at samfunnet

har »tjent« på de tiltak som er gjennomført. Det har også vært rent økonomisk sett en fornuftig investering ved at mottiltak på ca. 200 mill kr. har »reddet« kassasjon av kjøtt til over 1 milliard kr. Dette, i kombinasjon med overvåking og kontroll av næringsmidler har

trolig medført at befolkningens tiltro til norske næringsmidler er tilfredsstillende. Uten denne tilliten ville de økonomiske konsekvensene ved den potensielle salgssvikten av de mest forurensede landbruksprodukter vært betydelig større enn kostnadene av tiltakene.

Det var fra befolkningen og media en utpreget skepsis til myndigheter og eksperter den første tiden etter ulykken. Dette hadde sitt utgangspunkt i den informasjon og troverdighetskrise man opplevde rett etter ulykken og som delvis kunne forklares i myndighetenes (og også Strålevernets) tidlige forholdsvis bastante konklusjoner. Dette ble betraktet som urimelig forsikrende og bagatelliserende.

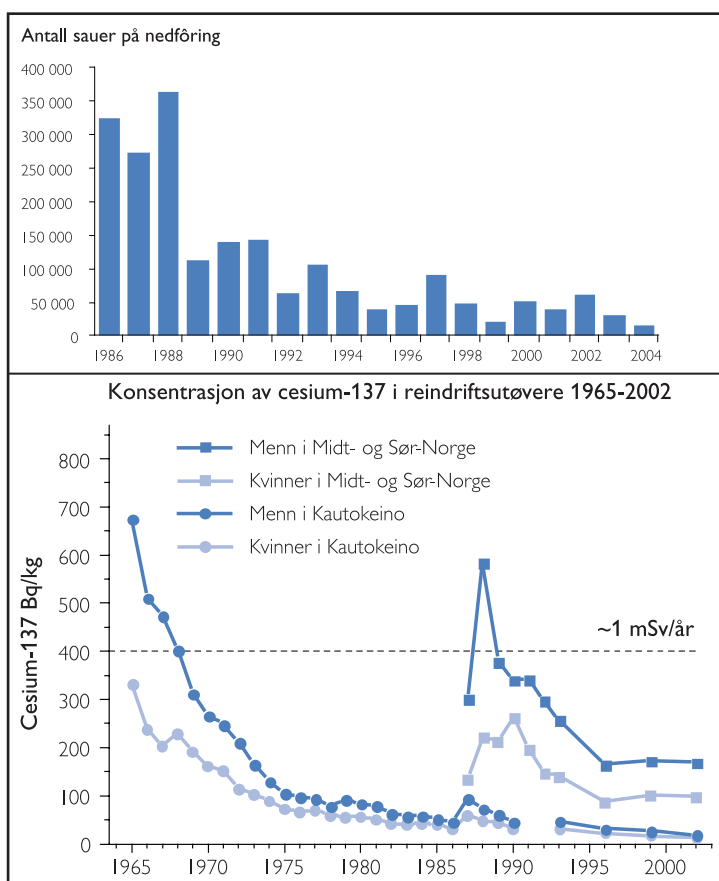
Unødig angst er trolig redusert i forbindelse med det tiltaks- og overvåkningsprogram som ble iverksatt. For de involverte i de utsatte næringer betyr tilliten til deres produkter mye. Kort etter ulykken var fornemmelsen om samekulturens sammenbrudd og fjellbygdenes avfolkning utbredte, og spesielt var opplevelsen av eventuell kjøttproduksjon for kassasjon etisk og mentalt uakseptabelt for de fleste. Kassasjonsbehovet er nå redusert til et minimum, og effekten av kostholdsråd har vært god.

Hva har vi lært?

Tsjernobyl-ulykken er ingen solskinnshistorie i Norge, selv om ulykken fikk en rekke myndigheter både på sentralt og lokalt plan til å samarbeide – og det kan se ut som det er en lykkelig slutt. Til tross for at Norge var lite forberedt på en kjernekraftulykke av et slikt omfang, klarte en raskt å håndtere situasjonen, og det var også et utstrakt samarbeid på tvers av landegrensene.

Etter 1986 har vi lært mye. Den norske atomulykkesberedskapen er betydelig styrket, og likeledes erkjenner vi viktigheten av å ha tett og god kontakt med våre nordiske søsterorganisasjoner. Vi vet også at for å lykkes med en tilsvarende forurensnings-situasjon er det viktig å involvere de berørte partene så tidlig som mulig. »Stakeholder involvement« og »co-expertise« må ikke bare bli fine ord som ligger i våre beredskapsplaner.

TONE D. BERGAN, LAVRANS SKUTERUD,
PER STRAND
Statens strålevern



Tjernobylolyckans följder i Finland

Också i Finland blev våren 1986 dramatisk på grund av kärnkatastrofen i Tjernobyl den 26 april. Redan då hade Finland ett heltäckande nät för övervakning av yttre strålning (ca 300 mätstationer) och några andra övervakningsstationer, bland annat för att mäta radioaktiva ämnen i luften. Vid den tiden gjordes emellertid ännu insamling och hantering av mätdata för hand.

Den första signalen om förhöjda strålningsvärden iakttoogs i Kajaland i mellersta Finland på kvällen söndagen den 27 april. Regn sköljde ner radioaktiva ämnen ur luften till marken.

Uppgifter om de förhöjda strålningsnivåerna kom till Strålsäkerhetscentralen (STUK) i Helsingfors på måndag morgon, och man började genast utreda vad som var orsaken. Mycket snart framgick det att de inhemska kärnreaktorerna inte var orsak till strålningen, utan ursprunget låg utanför landets gränser. Denna uppgift fick vid samma tid sin bekräftelse genom uppgiften från Sverige att personalen vid kärnkraftverket i Forsmark evakuerats på grund av förhöjda strålningsvärden.

En härva av bekymmer

Ett gammalt finskt ordspråk säger, att »en olycka kommer inte med bjällra om halsen«. Det stämde särskilt väl in på Tjernobyl-olyckan. I slutet av april rådde det tjänstemannastrejk i Finland och en stor del av statens tjänstemän var borta från arbetet, inklusive nästan hela personalen vid Meteorologiska institutet och en del av Strålsäkerhetscentralens personal. En del av de tjänstemän som inte strejkade höll dessutom sina sista semesterdagar, eftersom tjänstemännen i Finland måste hålla föregående års semester senast i april (annars går de uttagna semesterdagarna förlorade).

Av dessa orsaker hade vi stora svårigheter på STUK att få meteo-

rologiska uppgifter för att klarlägga ursprunget till strålningen och sätta igång den egna beredskapsfunktionen i full skala. Lyckligtvis fungerade samarbetet med Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut väl, och snart fick vi en uppskattning om att ursprunget till strålningen låg någonstans i Ukraina eller Vitryssland. Trots svårigheterna i början fick STUK snabbt en helhetsbild av strålningsläget i Finland, och de två första heltäckande lägesrapporterna kunde publiceras redan i början av maj både på finska och på engelska.

Strålningsverkan i Finland

Radioaktiva ämnen spreds i Finlands luftrum under flera dagar. Genast under de första dagarna stod det klart att strålningsnivåerna inte steg så högt att de skulle orsaka akuta hälsoskador. Genast i början av maj sattes i Finland så kallade åtgärdsnivåer för radioaktiviteten i livsmedel, baserade på dåvarande internationella rekommendationer. T.ex. åtgärdsnivån för jod-131 i mjölk sattes till 2 000 Bq/l (becquerel per liter) och för cesium-137 till 1 000 Bq/l. De högsta aktivitetshalterna i mjölk i Finland var emellertid bara några tiotal Bq/l. På grund av strålningssituationen i Finland gavs talrika rekommendationer åt allmänheten i syfte att minska befolkningens strålningsexponering. Korna hölls inomhus, råd gavs om olika livsmedel, användning av regnvatten osv. Ännu flera år efteråt gavs rekommendationer

gällande användning och behandling av svamp, fisk och vilt.

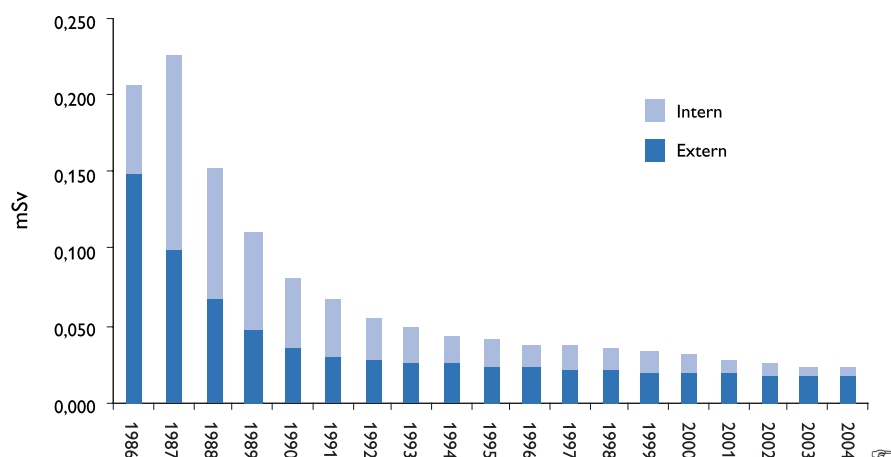
Huvuddelen av det radioaktiva nedfallet kom i södra och mellersta Finland. I norra Finland spreds mycket lite radioaktiva ämnen. Det var tursumt för renhushållningen i norra Finland, för i annat fall hade man också här tvingats till långvariga begränsningar i användningen av renkött, vilket skedde i mellersta Norge, där begränsningarna fortsätter ännu idag. Figur 1 visar åskådligt hur Tjernobylolyckan syntes i halten av cesium-137 i luften i Helsingfors.

Finländarnas genomsnittliga stråldos från Tjernobyl-nedfallet under olika år visas i figur 2. År 1987 var dosen högst, ca 0,23 mSv (millisievert), och år 2004 var den bara ca en tiondel därav (0,02 mSv). Som jämförelse kan nämnas att finländarnas genomsnittliga stråldos från samtliga strålkällor är ca 3,7 mSv per år, vilket innebär att dosen från Tjernobyl-nedfallet år 2004 var i medeltal 0,7 procent av den totala dosen.

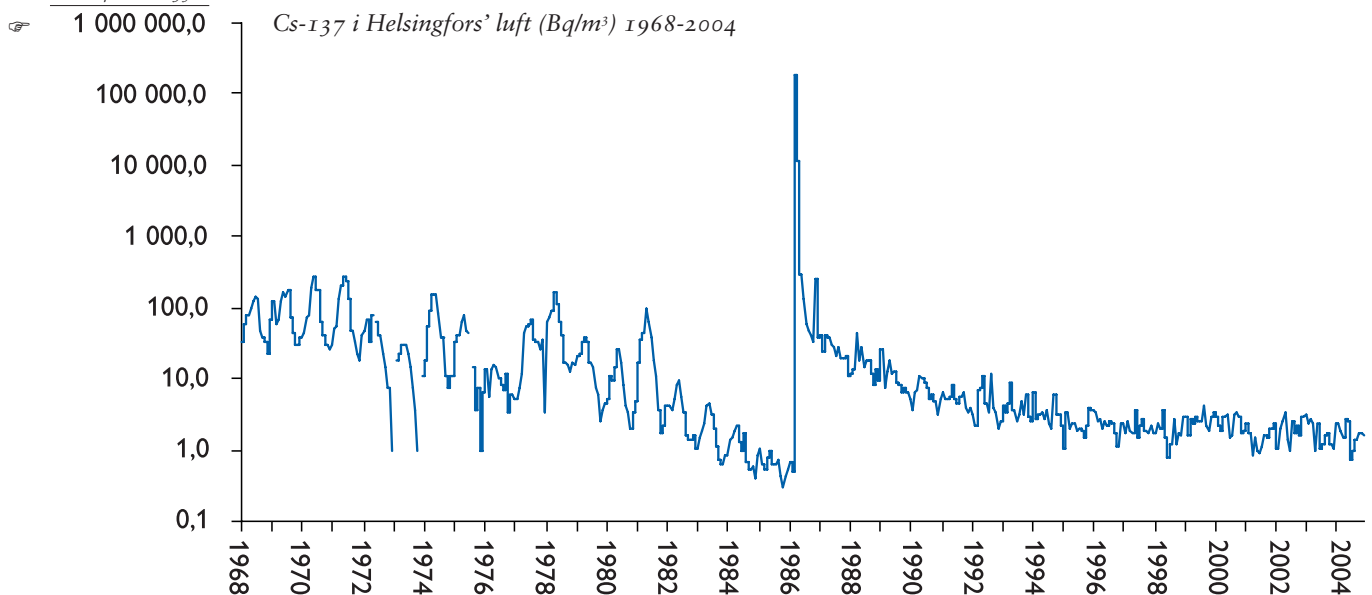
Hälsoeffekter i Finland

Hälsoverknningar av strålningsexponeringen från Tjernobylolyckan i Finland har undersökts i omfattande epidemiologiska studier. Undersökningarna har fokuserat på förekomsten av barnleukemi och sköldkörtelcancer samt på utfallet av graviditeter efter olyckan. Någon inverkan på antalet cancerfall har inte kunnat iakttagas. Däremot sågs en liten men statistiskt iakttagbar ökning i antalet missfall mellan juni och

Stråldoser i Finland förorsakade av nedfallet från Tjernobyl



Forts. på sid 36



december 1986. Enligt forskarna är det skäl att förhålla sig med reservation till iakttagelsen, då ökningen är liten och kan innehålla systematiska fel (*confounding factors*).

Sociala och ekonomiska följder

Tjernobylolyckan gjorde hela folket medvetet om frågor som rör strål- och kärnsäkerhet. Också media fick genom olyckan ypperliga ämnen för nyhetsförmedling för en lång tid framåt. Eftersom strålskydd och därtill hörande terminologi var fullständigt okända begrepp både för allmänheten och för media, uppstod naturligtvis missförstånd och också avsiktligt uppskrämmande av allmänheten från medias sida. Efteråt utförda, oberoende informationsundersökningar har visat att de myndigheter som ansvarar för strålsäkerheten i Finland agerade snabbt och informerade om läget öppet och effektivt i förhållande till de resurser som stod till buds. I efterhand kan man säga att myndigheterna i Finland inte förföll till överdimensionerade skyddsåtgärder men inte heller förringade situationens allvar.

Olyckan väckte naturligtvis också medborgare och politiker till att fundera över kärnenergens säkerhet, och motståndet mot kärnkraft växte snabbt i Finland. Som följd av detta sköt industrin upp sin ansökan till Riksdagen om att bygga ett femte kärnkraftverk till 1990-talet. Riksdagen godkände inte ansökan år 1993, då motståndet mot kärnkraft ännu var för stort. I början av 2000-talet lämnade industrin in en ny ansökan,

och år 2002 gav Riksdagen principiellt tillstånd för att bygga det femte kärnkraftverket. De kanske avgörande faktorerna för ändringen i det politiska klimatet är en växande tilltro till den inhemska kärnindustrins säkerhet och utfästelserna att minska utsläppen av växthusgaser från fossila bränslen.

Administrativa följder

Som en följd av Tjernobylolyckan fick beredskapen för avvikande strålningsituationer ny fart i Finland. Ansvaret för det heltäckande nätet för strålningsövervakning, som tidigare uppehållits av inrikesministeriet, överfördes på STUK och utvecklades till ett automatiskt, kontinuerligt fungerande och alarmerande system. Alla övriga metoder för övervakning av strålningen i miljön utvecklades likaså till större känslighet och automatiserades också delvis. Inom STUK grundades särskilda enheter för att utveckla och koordinera beredskap och information. Samtidigt upprättades ett dygnet-runt-joursystem för snabb initiering av beredskaps- och informationsverksamhet.

På internationell nivå har efter Tjernobylolyckan grundats system för meddelande, bistånd och informationsutbyte mellan olika länder och internationella organisationer. De nordiska länderna kom snabbt överens om metoder för att utbyta information om strålningsövervakning, och senare har liknande arrangemang gjorts också inom EU och mellan Östersjöländerna. Efter Sovjetunionens sönderfall inledde nästan alla västländer, Fin-

land inberäknat, och internationella organisationer massiva biståndsprogram för att förbättra säkerheten på kärnkraftverken i de östeuropeiska länderna och utveckla den administrativa övervakningen av strål- och kärnsäkerheten i de nya självständiga staterna.

En blick mot framtiden

Beredskapsarrangemang för strål- och kärnsäkerhet behövs också framöver, då vi kan vara säkra på att olyckor eller andra störningar kommer att inträffa också i framtiden. Frågan gäller bara när och var nästa störning inträffar och hurudan och hur allvarlig den är. Idag står vi också inför nya slag av hotbilder. Internationell terrorism och organiserad brottslighet är verkliga hot också från strål- och kärnsäkerhetssynpunkt och vi måste alla vara beredda på det. Lyckligtvis har vi idag betydligt bättre beredskap att reagera på avvikande strålningsituationer än år 1986.

När det gäller teknik och sakkunskap är vi bättre rustade, och även det internationella samarbetet och informationsutbytet är idag på en helt annan nivå än på 1980-talet. Internationellt samarbete är nödvändigt för att avvärja hot och, om de realiserar, också för att skydda befolkningen. Finland har gjort mycket för att alla centrala aktörer och intressegrupper ska vara med och utveckla beredskapen.

RAIMO MUSTONEN

Biträdande direktör, Strålsäkerhetscentralen

Miljöövervakning före och efter Tjernobylyckan

Övervakning av radioaktiva ämnen i miljön har bedrivits i olika omfattning sedan 1950-talet. Det radioaktiva nedfallet från de atmosfäriska kärnvapenproven, beredskap inför olyckor i ett kärnkraftverk och utsläpp från den normala driften av kärntekniska anläggningar har varit viktiga orsaker till miljöövervakningen. Tjernobylyckan innebar ett förnyat intresse för övervakningen av radioaktiva ämnen i miljön.

Efter Tjernobylyckan var intresset och oron för radioaktiva ämnen i miljön stort. En viktig uppgift var att få en tydlig bild av vilka områden som var drabbade av nedfallet, vilka ämnen som hade deponerats och vilka halter detta gav i olika provslag särskilt livsmedel. Den första tiden efter olyckan riktades provtagningen mot produkter från jordbruket och i synnerhet mjölk som kan ge ett betydande stråldosbidrag.

Men undersökningarna breddades successivt. Det visade sig så småningom att de största långsiktiga konsekvenserna fanns för Cs-137 i de naturliga ekosystemen där halterna i vilt, ren, svamp, bär och insjöfisk kunde vara relativt höga. Mätningarna visade tillståndet efter Tjernobylyckan, men vad visste man egentligen om hur det hade sett ut om Tjernobylyckan aldrig hade inträffat? Vilka var konsekvenserna av detta radioaktiva nedfall i förhållande till nedfallet från de tidigare atmosfäriska provsprängningarna av kärnvapen? Och vad skulle man tro om den framtida utvecklingen? Frågor av detta slag visar på behovet och nyttan av långsiktig miljöövervakning.

Miljöövervakningens historia

I Sverige har miljöövervakning av joniserande strålning bedrivits sedan slutet av 1950-talet. Kärn-

vapentesterna i atmosfären medförde att radioaktiva ämnen spreds särskilt över norra halvklotet. Övervakning av strålningsnivåer och luftburna partiklar påbörjades av dåvarande FOA, dels av politiska och militära skäl för att ha kunskap om provsprängningarna och i ett senare skede för att kontrollera att provstoppsavtalen följdes, dels av miljöskäl för att följa tillskottet av radioaktiva ämnen till den svenska miljön. SSI analyserade mejerimjolk som är en snabb indikator på föroreningsnivån i miljön samt en viktig exponeringsväg till människor.

För att direkt följa hur människor exponerades via livsmedel och vatten gjordes även mätningar av kroppsinnehållet av Cs-137 i olika befolkningsgrupper. De relativt höga halter av Cs-137 som då fanns i renskötande samer initierade i sin tur flera långsiktiga forskningsprojekt där man följde halterna av Cs-137 i lav och ren.

När de atmosfäriska sprängningarna upphörde och halterna i miljön började sjunka så minskade forskningen. 1986 fanns egentlig miljöövervakning återigen endast i reducerade program för luft, mjölk och människor.

Foto, BA, SSI



Lena Wallberg mäter ett miljöövervakningsprov i SSI:s laboratorium.

Förändringar efter Tjernobyly

Direkt efter Tjernobylyckan intensifierades och kompletterades miljöövervakningen av joniserande strålning i Sverige. Dåvarande Sveriges Geologiska AB genomförde flygmätningar av markbeläggningen av cesium för att kartlägga hur nedfallet hade fördelat sig i Sverige. Livsmedelverket föreskrev hur kontrollen av livsmedel skulle genomföras för att garantera att inga produkter med för höga halter av Cs-137 skulle komma ut på marknaden. Till stor del var den utökande övervakningen en form livsmedelkontroll. SSI:s mjölkövervakning ökade från ett fåtal mejerier till ett femtiotal det första året och så gott som allt renkött analyserades de första åren på jordbruksverkets uppdrag.

SSI startade även ett övervakningsprogram för dricksvatten från ytvattenverk. I många drabbade kommuner erbjöds invånarna att mäta egna prover av viltkött, svamp, insjöfisk och bär vilket innebar en omfattande frivillig kontroll av produkter även utanför de som säljs över disk. Samtidigt initierades ett stort antal forskningsprojekt för att närmare studera specifika processer.

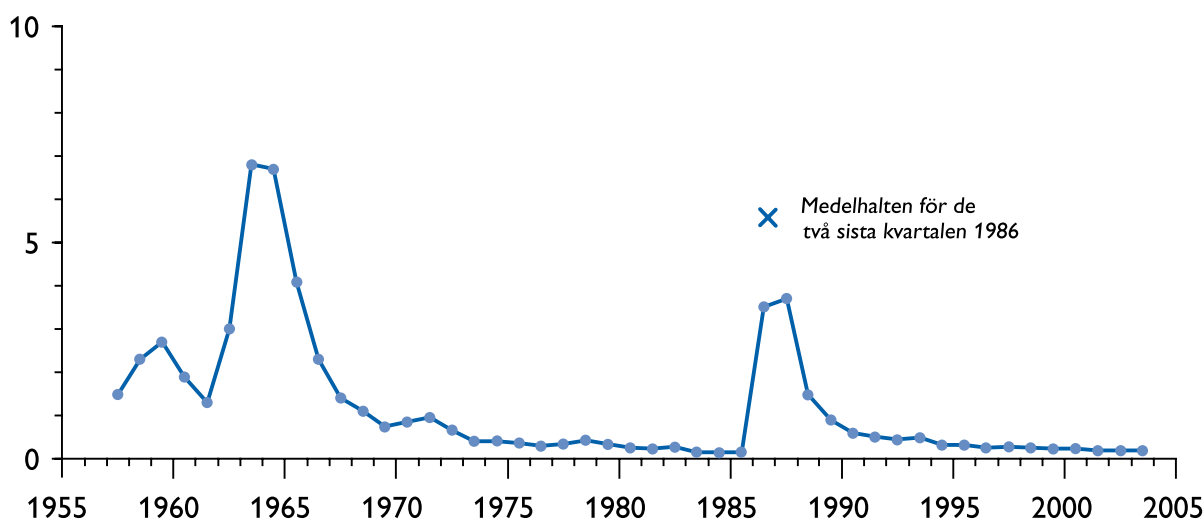
Läget idag

Tjugo år efter olyckan har halterna i olika provslag sjunkit och ligger många gånger på sådana nivåer att stråldoserna är att betrakta som försumbara. Övervakningen inom många delprogram har återigen minskat. Mätningar mjölk sker nu på fem mejerier vilket motsvarar cirka 65 procent av produktionen.

Intresset hos allmänheten för att mäta halterna i viltkött har överlag sjunkit, men viltövervakning fortsätter inom SSI:s miljöövervakningsprogram i två jaktområden där mätningar har gjorts kontinuerligt sedan 1986 samt i ytterligare tre områden sedan 2002. Många samebyar har friklassats från kontroll av renkött när halterna av Cs-137 inte längre riskerar att överstiga försäljningsgränsvärdet. Stickprov-

Forts. på sid 38

Figur 1: Cesiumhalterna (Bq/l) i svensk mjölk under femtio år.



sövervakning fortsätter dock i många av dessa byar.

Några andra delprogram har istället tillkommit eller utökats på senare tid, bl.a. för att kunna leva upp till internationella krav på rapportering om radioaktiva ämnen i miljön och dess påverkan på människans hälsa. Till dessa delprogram hör övervakning av radioaktiva ämnen i ytvatten, havsvatten, havssediment, dricksvatten och blandad kost.

Förutom den nationella miljöövervakningen som inriktar sig på det generella tillståndet i miljön beroende av storskaliga och/eller diffusa spridningsvägar, finns det även en lokal kontroll riktad mot verksamheter som kan släppa ut radioaktiva ämnen, i dagsläget begränsat till kärntekniska anläggningar. I dessa program ingår mätning av gammastrålande radioaktiva ämnen i olika provslag insamlade från bestämda provtagningsplatser i närområdet kring anläggningarna. Denna omgivningskontroll har nyligen reviderats och ett nytt program gäller från 2005.

Som ett komplement till den regelbundna övervakningen utförs också karteringar exempelvis av förekomsten av radioaktiva ämnen i åkermark och gröda, i dricksvatten från vattenverk och privata brunnar, liksom av radon i bostäder.

Dagens miljöövervakning

Dagens miljöövervakningsprogram¹ sammanfattas i tabell 1 och är utformat med följande generella syften:

¹ Förutom den miljöövervakning som beskrivs i denna artikel så bedriver SSI också miljö-

- att långsiktigt följa tillstånd och trender i miljön med avseende på naturliga och konstgjorda strålkällor,
- att följa upp det nationella miljömålet *Säker strålmiljö*,
- att ge underlag för rapportering till internationella konventioner och fördrag,
- att ge underlag för nödvändiga åtgärder och vidare forskning, samt
- att ge underlag för information till allmänheten.

Miljöövervakningsprogrammet bevarar fortsatt tillskottet av radionuklider till den svenska miljön med hjälp av de mycket känsliga luftfilterstationerna och med omgivningskontrollen runt de kärntekniska anläggningarna.

En tänkbar utveckling är att någon form av egenkontroll också kommer att utvecklas för andra anläggningar än de kärntekniska, exempelvis depotier som hanterar aska kontaminerad med Cs-137.

Både allmänheten och EU efterfrågar att man kan verifiera att halterna av Cs-137 i provslag som mjölk, blandad kost och dricksvatten är fortsatt låga. Därför fortsätter dessa program trots mycket låga halter.

Provsdrag från naturliga ekosystem kan innehålla högre halter Cs-137 från Tjernobylyckan och övervakningsprogram som syftar till att följa den generella utvecklingen kan komma att vidareutvecklas.

övervakning angående ickejoniserande strålning (UV-strålning och elektromagnetiska fält) samt miljöövervakningsliknande verksamhet inom beredskapen, bl.a. i form av 37 stationer för mätning av gammastrålning

Det pågående internationella arbetet med att utvidga strålskyddet till att gälla hela miljön snarare än att koncentrera sig enbart på människor, tillsammans med det nationella miljömålet, vilket lyder »människors hälsa och den biologiska mångfalden skall skyddas mot skadliga effekter av strålning i den yttre miljön«, innebär att övervakningen kan komma att ytterligare breddas mot provslag som har mindre direkt

betydelse för människor. Till dessa hör exempelvis havssediment och prover från myrmarker m.m.

Från traditionell strålskyddssynpunkt är det också viktigt att ordentligt kartera förekomsten av naturligt förekommande radionuklider i dricksvatten, föda och inomhusluft.

Slutsatser

Avslutningsvis, det miljöövervakningsprogram som utvecklats under senare år har sin grund i en ökad förståelse av betydelsen av att känna till tillståndet i miljön. Detta blev uppenbart efter Tjernobylyckan då bättre kunskap om existerande koncentrationer av Cs-137 i exempelvis ren och älg skulle kunna ha påverkat de gränsvärden som sattes.

Programmet är också en nödvändighet för en trovärdig uppföljning av miljömålet *Säker strålmiljö*.

PÅL ANDERSSON
utredare, SSI

Tabell 1. Aktuell miljöövervakning och aktuella karteringar i Sverige avseende joniserande strålning.

Nationell miljöövervakning	Nuklider*	Antal prov	Kommentarer	Medverkande
Radionuklider på partiklar i luft	γ (^{137}Cs , ^7Be)	5 platser	Veckovis mätning	FOI, SSI
Ytvatten	^{137}Cs , total- α , total- β , ^{234}U , ^{238}U , ^{226}Ra	2 vattenverk	Vår- och höstmätning	SSI
Dricksvatten	^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , total- α , total- β , ^{234}U , ^{238}U , ^{226}Ra	6 vattenverk	Vår- och höstmätning	SSI
Mejerimjök	γ (^{137}Cs), ^{90}Sr	5 mejerier	Kvartalsmätning	SSI
Blandad kost	γ (^{137}Cs), ^{90}Sr	3 sjukhus	Vår- och höstmätning	SSI
Vilt (älg och rådjur)	γ (^{137}Cs)	5 områden	Årlig mätning	SLU, Gävle jaktvårdkrets, SSI
Renkött	γ (^{137}Cs)	32 byar	Varierande omfattning i olika byar	SJV, SLV
Marina sediment i öppet hav	γ (^{137}Cs)	17 platser	Provtas vart 5:e år	SGU, SSI
Marin fisk	γ (^{137}Cs)	8 områden	Årlig provtagning	SSI
Helkroppsmätning människa	γ (^{137}Cs , ^{40}K)	2 grupper	Årlig provtagning	FOI, SSI
Regional miljöövervakning				
Några kommuner har egna program och/eller erbjuder medborgarna att mäta egna prover av främst vilt, svamp, fisk, bär:	γ (^{137}Cs)		I många fall snarare en service till medborgarna än egentlig miljöövervakning	Berörda kommuner
Lokal miljöövervakning				
Omgivningskontroll runt kärntekniska anläggningar: Nederbörd, naturlig vegetation, odlad vegetation, kött, mjölk, rötslam, vatten, sediment, alger mol-lusker, leddjur och fisk.	γ (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{110}mAg , ^{137}Cs), ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U (endast Westing-house)	Totalt ingår provtagning på 184 platser fördelat på sex anläggningar	Provtagningsfrekvens 14 dagar till ett år plus ett utökat program med provtagning vart fjärde år.	De kärntekniska anläggningarna, SSI
Karteringar				
Åkermark och gröda	γ (^{137}Cs)	1250 platser	Pågår 2001-2010.	NV, SLU, SSI
Radon i bostadshus	^{222}Rn	2000 bostäder	Pågår 2003-2013 (ev. snabbare)	SoS, BoV, SSI,
Dricksvatten från vattenverk	total- α , total- β , ^{226}Ra , ^{234}U , ^{238}U .	256 vattenverk	Genomförd 2004	SGU, SSI
Dricksvatten från privata brunnar	total- α , total- β , ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{234}U , ^{238}U	500 brunnar	Genomförd 2001-2005	SGU, SSI
Dricksvatten från privata brunnar	γ (^{210}Pb , ^{228}Ra), total- α , total- β , ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{234}U , ^{238}U	350 brunnar	Pågår 2006	SGU, SSI
Flygmätningar av strålning från marken	γ (^{137}Cs , K, U, Th)	Yttäckande	Pågår	SGU, SSI

* γ innebär en screening där alla förekommande radioaktiva ämnen som sänder ut gammastrålning kan upptäckas med varierande detektionsgränser. Inom parentes anges de nuklider som är mest frekventa eller tilldrar sig speciellt intresse.

Lämna synpunkter på SSI:s friklassningsföreskrifter senast 12 maj

Statens strålskyddsinstitut har tagit fram ett förslag till föreskrifter och allmänna råd om friklassning av material, lokaler och byggnader vid verksamhet med joniserande strålning. SSI önskar få synpunkter på förslaget senast den 12 maj 2006. Posta dem till SSI, 171 16 Stockholm eller mejla till ssi@ssi.se

Förslaget till föreskrifter och allmänna råd samt bakgrund och kommentarer hittar du på www.ssi.se

Hur klarar vi nästa olycka? Sveriges strålskyddsberedskap idag

Sveriges beredskap mot olyckor med strålning har under åren förändrats till följd av ny teknik, nya händelser och därmed nya tänkbara scenarier inom en värld med ökad användning och ökad tillgänglighet av radioaktiva ämnen. Genom en rad åtgärder har sårbarheten reducerats och den nationella strålskyddsberedskapen är idag bättre rustad för hantering av olyckor och andra händelser med radioaktiva ämnen än vid tiden för Tjernobylolyckan.

När Tjernobylolyckan inträffade var den svenska strålskyddsberedskapen planerad för olyckor vid de svenska kärntekniska anläggningarna. En förstärkning av beredskapen hade skett som en följd av olyckan vid kärnkraftverket Three Mile Island i USA i mars 1979, och beredskapen hade utvidgats i de fyra kärnkraftsläna. Beredskapsorganisationen omfattade länsstyrelserna i dessa län samt vissa centrala myndigheter. Beredskapszoner specificerades runt anläggningarna, en mätverksamhet infördes i närområdet till kraftverken, och deltagarna i beredskapsorganisationen utbildades.

Tjernobylolyckan visade att stora områden utanför kärnkraftsläna kunde drabbas av radioaktiv förorening i samband med ett allvarligt reaktorhaveri utomlands. Att svensk beredskap var begränsad till de fyra kärnkraftsläna vållade otillfredsställande samordning av mätinsatser och av information till de drabbade läna, andra myndigheter, pressen och allmänheten. Infrastrukturen för sådana insatser fanns helt enkelt inte.

Som en följd av olyckan utvecklades därför beredskapen till att omfatta hela Sverige. Länsstyrelserna fick ansvaret för den regionala beredskapsplaneringen samt för att informera och besluta om åtgärder för att skydda allmänheten. Lokala beredskapsplaner utvecklades och länsstyrelserna fick mandat att vid behov uppdraga åt kommunala räddningstjänsten, polisen, kustbevakningen, SOS Alarm, med flera, att genomföra sådana räddningstjänstinsatser som kan bli aktuella i samband med en kärnenergiolycka. För att uppehålla kompetensen genomförs övningar i bland annat de fyra kärnkraftsläna, med deltagare från länsstyrelsen, lokala aktörer, SSI och SKI, samt andra myndigheter som till exempel SMHI, SRV och SoS.

Efter Tjernobylolyckan genomfördes nya satsningar på mätorganisationen. Avtal skrevs med ett antal laboratorier vid universitet och myndigheter för att ingå i beredskapens mätorganisation. Mätstrategin för livsmedel blev särskilt viktig, eftersom vissa radioaktiva ämnen vid utsläpp snabbt överförs till mjölk och andra

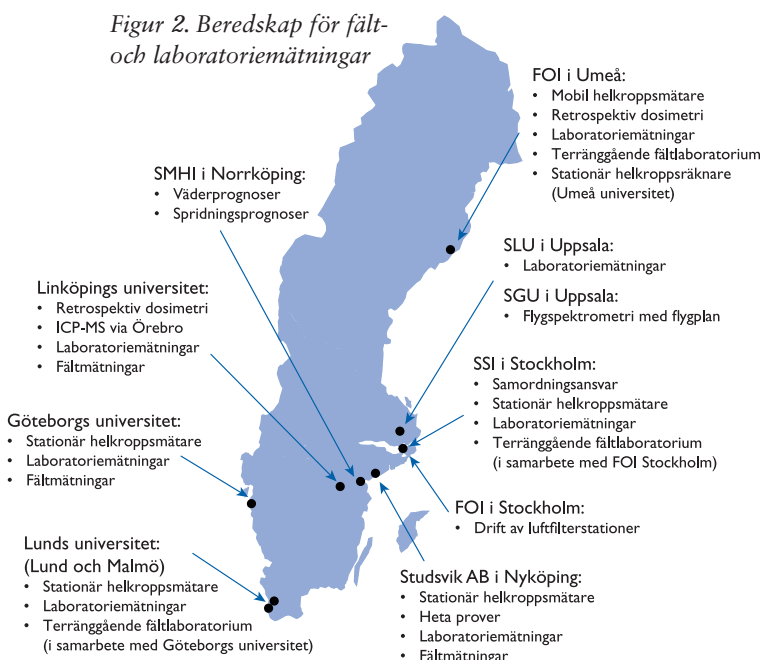
produkter. SSI skaffade fler stationer för mätning av gammastrålning från marken och i luften. FOI effektiviserade sina luftfilterstationer för mätning av radioaktiva ämnen på partiklar i luften. Varje kommun i Sverige fick mätinstrument och utbildning för att mäta gammastrålningen lokalt.

Flera satsningar under åren närmast efter Tjernobylolyckan siktade på dels att utveckla beredskapen för att hantera konsekvenserna av utländska kärnkraftolyckor, dels att stödja forskning kring långtidskonsekvenserna av en sådan olycka. Som en engångsinsats i början av 1990-talet anskaffades kvalificerade mätinstrument och experter utbildades på universitetsnivå.

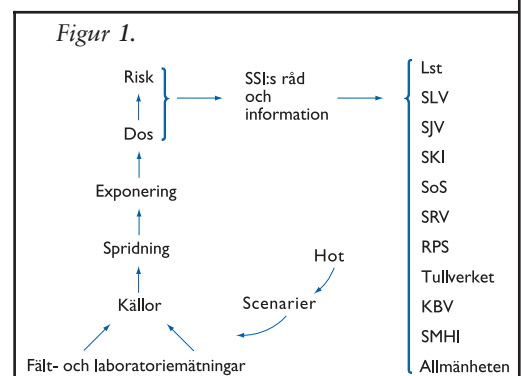
Nationella strålskyddsberedskapens krisorganisation

Den 11 september 2001 fick alla länder starka skäl att omvärdera sin krishanteringsförmåga och att beakta nya möjliga katastrofscenarier. I Sverige inrättades 2002 Krisberedskapsmyndigheten (KBM) med uppgift att samordna arbetet kring utveckling av krisberedskapen i samhället. KBM organiserade arbetet genom samverkan mellan centrala myndigheter i en gemensam kraftsamling av krisberedskapen. Man bildade sex samverkansområden vilka innefattade verksamheter som är viktiga för samhällets förmåga att hantera allvarliga kriser. De omfattar alla kategorier av det så kallade

Figur 2. Beredskap för fält- och laboratoriemätningar



Figur 1.



CBRN-området (kemiska, biologiska, radiologiska och nukleära hot).

Under sommaren 2002 utfärdade regeringen *krisberedskapsförordningen (2002:472) om åtgärder för fredstida krishantering och höjd beredskap*. SSI fick där ett särskilt ansvar inom två av de sex samverkansområdena, *Spridning av farliga ämnen (SFÅ)* och *Skydd, undsättning och vård (SUV)*. Ansvaret innebär bland annat att SSI ska samverka med andra berörda centrala myndigheter, lands- ting, kommuner, organisationer och näringsliv i uppbyggnad av en krisorganisation för strålskyddsberedskapen. Enligt förordningen ska SSI inom sitt ansvarsområde också genomföra omvärldsbevakning, årliga risk- och sårbarhetsanalyser och, med medel anvisade för höjd beredskap, samordna mätberedskapen för att klara uppgifterna vid höjd beredskap.

Fem tunga krisscenarier

De scenarier som strålskyddsberedskapen idag organiseras efter kan grupperas enligt

- (1) olycka i svensk kärnteknisk anläggning
- (2) annan svensk olycka med radiologisk konsekvens
- (3) händelse i utlandet med radiologisk konsekvens
- (4) nedfallande satellit, samt
- (5) medveten spridning av radioaktivt material (inkl kärnexplosioner).

De scenarier som har tillkommit ställer nya krav på krishantering och hur en beredskapsorganisation byggs upp. Ett betydande arbete har lagts ned på att i samverkan med andra centrala myndigheter identifiera roller, ta fram en helhetsstrategi, urskilja sårbarheter och specificera vilken förmåga som bör finnas för strålskyddsberedskapen.

Figur 1 visar komponenter i den krishanteringsorganisation för strålskyddsberedskap som är under uppbyggnad. Tänkbara hot identifieras vilka leder till formulering av en mängd scenarier. Varje scenario innebär en specifik typ av strålkälla som kan sprida, exponera, och resultera i dos och risk till människor och miljön. I en krissituation ska mätinsatser, datahantering och analys resultera i att riskerna snabbt kan bedömas.

- Berörda länsstyrelser får råd från SSI om lämpliga åtgärder på den regionala nivån.
- Livsmedelsverket (SLV) och jordbruksverket (SJV) får råd och beslutsunderlag angående åtgärder för livsmedel och jordbruk.
- Statens kärnkraftinspektion (SKI) och Socialstyrelsen (SoS) samarbetar med SSI i en krissituation angående källtermer och säkerhet vid en händelse på en kärnkraftanläggning respektive med medicinska frågor.
- Räddningsverket (SRV), Rikspolisstyrelsen (RPS), Tullverket och Kustbevakningen (KBV) är aktörer som vid många händelser är »först på plats«. Adekvat stöd till sådana aktörer ingår i helhetsstrategin för strålskyddsberedskapen.
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) samarbetar med SSI med väderprognoser samt med spridningsprognoser.

Förbättrad krishanteringsförmåga

Under treårsperioden 2006-08 är arbetet koncentrerat till fyra långsiktiga mål:

- (1) långsiktig kompetensförsörjning
- (2) ledningsförmåga
- (3) mätning och analys, samt
- (4) stöd till »först på plats«-myndigheter.

Målet *långsiktig kompetensförsörjning* har vuxit fram utifrån sedan lång tid identifierade behov av att säkerställa att kvalificerade experter finns tillgängliga i samband med

nukleära och radiologiska händelser. Åtgärderna omfattar finansiering av doktorand- och universitetstjänster som är inriktade på katastrofstrålskydd samt utbildningsinsatser som kan täcka hela spektrumet från praktisk utbildning för »först på plats«-insatser till strålskyddskompetens på expertnivån.

Målet *ledningsförmåga* syftar till att ta fram tillräckliga resurser för ledning, samordning, samverkan och information. Åtgärderna innebär bland annat en etablering i fält av beredskaps- och analyscentraler, arbete med tidiga varningssystem, ett säkerställande av förmågan att hantera det dataflöde som följer mätinsatser i ett tidigt skede av en händelse samt att förstärka och vidmakthålla funktionalitet avseende teknik och samband i beredskapscentralen i SSI:s lokaler.

För att klara av att leverera beslutsunderlag, råd och information är det nödvändigt att kunna genomföra kvalificerade *mätningar och analyser*. Betydande arbete har lagts ned på att färdigställa en organisation för den nationella mätverksamheten. Organisationen visas i figur 2. Förstärkningsinsatser inkluderar investering i förnyade mätsystem och fördelning av resurserna i landet samt utveckling av en mätmetodhandbok. Jämfört med när Tjernobylolyckan hände finns idag en mätorganisation och mätförmåga över hela landet. Det finns två nya bilburna fältlaboratorier för diverse typer av mätningar i fält (se foto 1). Under 2006 tillkommer ytterligare



Foto 1. Bilburet fältlaboratorium

Forts. på sid 42

en. Flygmätning kan genomföras både med SGU:s flygplan för kartering av stora områden – en funktion som utnyttjades under Tjernobyltiden – och genom helikopterflygning för snabb kartering eller sökning av strålkällor.

Det fjärde målet innebär att det ska finnas ett adekvat stöd till »först på plats«-myndigheter. Detta nås dels genom utbildning av insatspersonalen, dels genom att säkerställa att det finns en utrustad, utbildad och övad nationell resurs som genom mätningar och analyser kan utgöra ett operativt stöd för »först på plats«-myndigheterna.

Sammanlagt ska arbetet med dessa fyra mål leda till en god nationell operativ- och krishanteringsförmåga för strålskyddsberedskapen.

Sammanfattning

Den nationella strålskyddsberedskapen befinner sig i ett dynamiskt skede som dels innebär en anpassning till en förändrad hotbild, dels att det måste skapas en balans mellan den mer traditionella beredskapen mot kärntekniska olyckor och de nya scenarierna. SSI har inlett ett omfattande arbete med att stärka den nationella strålskyddsberedskapen. Detta har blivit möjligt med stöd från både KBM:s medel för krishantering och från avgifter från kärntekniska anläggningar.

Dessa åtgärder, kombinerat med en allmän förstärkning av SSI:s materiella beredskapsresurser, leder till bedömningen att sårbarheten har reducerats och att den nationella strålskyddsberedskapen idag är bättre utrustad för hantering av händelser eller olyckor med strålning än den var 1986. Förutsatt att de åtgärder som planeras för de närmaste åren genomförs kommer ytterligare förbättringar att ske.

Behovet av kompetens och övning kan inte betonas nog starkt. Kompetensförsörjning behövs för långsiktighet i den stora satsning som pågår och övningsverksamheten är väsentlig för att hålla kunskaperna vid liv. Det är också viktigt att organisationen är flexibel och kan anpassas till oförutsedda händelser. Sammanfattningsvis syftar den pågående satsningen på den nationella strålskyddsberedskapen till att kunna hantera alla händelser eller olyckor med strålning, och att begränsa konsekvenserna av dessa.

LYNN HUBBARD

Verksambetsansvarig beredskap, SSI

Foto: Dzoia Grinda Barauskaitė



Litauens president Valdas Adamkus (till höger) dekorerar SSI-veteranen Jan Olof Snihs i presidentpalatset i Vilnius den 16 februari 2006.

Svenska strålskyddsinsatser i Baltikum högtidligen belönade

För svenska insatser i strålskydd i Litauen har mångåriga SSI-medarbetaren **Jan Olof Snihs** belönats med *Litauens Förtjänstordens medalj* av president Valdas Adamkus i Vilnius den 16 februari 2006.

Jan Olof har också för svenska insatser i strålskydd i Estland erhållit *Terra Mariana-korsets orden av tredje klass* av president Arnold Rüütel i Tallinn den 22 februari. Vidare tilldelades han ett pris av den estniska strålskyddsmyndigheten 27 januari i år.

Jan Olof är mycket glad och stolt över detta och delar med sig av äran till medverkande kollegor på SSI och utanför. Dekorationerna är en bekräftelse på vilken stor betydelse våra nya grannländer fäster vid strålskydds-samarbetet med Sverige.

– RED.

Foto: BA, SSI



Terra Mariana-korsset av tredje klass.

Extern publicering

Moberg, L.

A view from Sweden on some consequences of Chernobyl
Strahlenschutz-Praxis. – 2006(12):1, s. 66-68

Pereira, A., Broed, R. & Moberg, L.
Global sensitivity analysis – a tool for remediation

Environmental contamination from uranium production facilities and their remediation : proceedings of an International Workshop on Environmental Contamination from Uranium Production Facilities and their Remediation / organized by the International Atomic Energy Agency and held in Lisbon, 11-13 February 2004. – Vienna: IAEA 2005. – 262 s. – (Proceedings series) (STI/PUB 1228), s. 171-180

Protection of the environment from the effects of ionizing radiation : proceedings of an International Conference on the Protection of the Environment from the Effects of Ionizing Radiation / organized by the International Atomic Energy Agency ... hosted by the government of Sweden through the Swedish Radiation Protection Authority, and held in Stockholm 6-10 October 2003. – Vienna: IAEA 2005. – 548 s. + 1 CD-ROM. – (Proceedings series) (STI/PUB ; 1229)

Holm, L.-E., Conference president's address, s. 59-68

Moberg, L., Rapporteur's summary 1: Contributed papers on regulatory approaches and case studies, s. 215-227

Larsson, C.-M. & Strand, P., The FASSET and EPIC projects: development of conceptual and practical approaches to environmental assessment and protection, s. 275-290

Zinger, I., Sundell-Bergman, S., Coplestone, D. & Woodhead, D., Effects of ionizing radiation on the individual: an overview, s. 351-367

Holm, L.-E., ICRP developments on protection of non-human species, s. 455-465

Sundell-Bergman, S., Johanson, K.J. & Larsson, C.-M., The weighting of absorbed dose in environmental risk assessments, CD-ROM s. 238-241

SSI Rapporter

2006:02 Recent Research on EMF and Health Risks.

Third annual report from SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields 2005. Pris: 110 kr

2006:01 Formella expertbedömningar av jordskalv efter nedslag i Sverige

Stephen Hora och Mikael Jensen. Pris: 90 kr

2005:20 Expert Panel Elicitation of Seismicity Following Glaciation in Sweden

Stephen Hora and Mikael Jensen. Pris: 270 kr

2005:19 Utsläpps- och omgivningskontroll vid de kärntekniska anläggningarna 2002-2004

Maria Lüning. Pris: 300 kr

2005:18 Kartläggning av kvalitetssäkringsrutiner för DAP-mätare i svensk sjukvård

Anja Almén, Jan-Erik Grindborg och Wolfram Leitz. Pris: 70 kr

2005:17 Utveckling, övervakning och åtgärder när det gäller radioaktivt cesium i renar efter Tjernobylyolocken

Birgitta Åhman. Pris: 70 kr

2005:16 Radon Risk Map of Estonia; Explanatory text to the Radon Risk Map Set of Estonia at the scale of 1:500 000

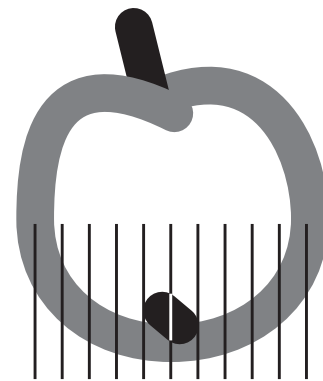
V. Petersell, G. Åkerblom, B-M Ek, M. Enel, V. Möttus och K. Täht
Kostnadsfri

Använd gärna SSI:s elektroniska beställningstjänster via epost bestall@ssi.se eller på vår hemsida www.ssi.se

Rättelse

Bilden på sidan 5 i *Strålskyddsnytt* 4-2005 har fel källhänvisning. Korrekt källa är SSI. Vi beklagar missödet.

– RED



Kurser hos SSI utbildning våren 2006

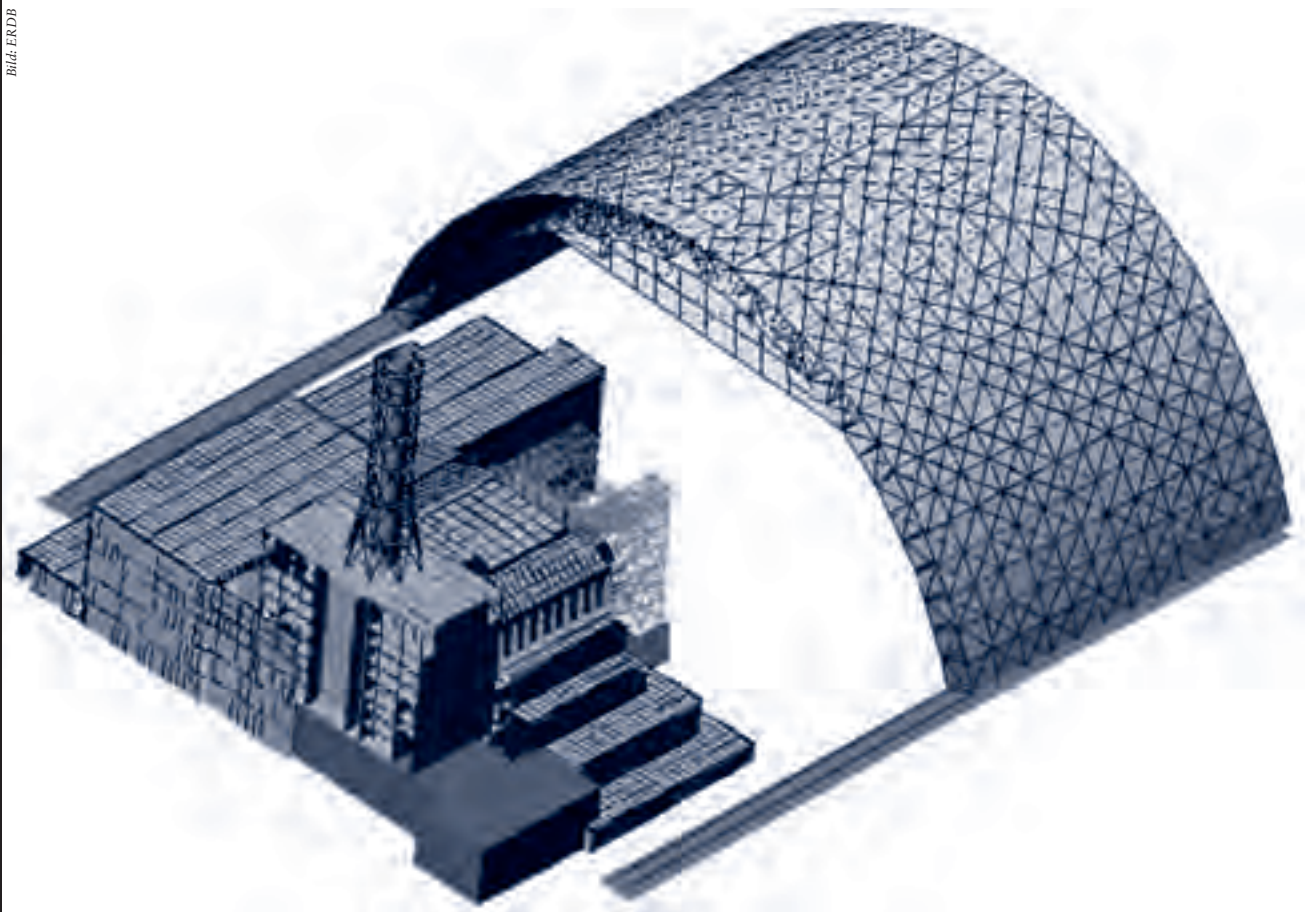
- **Mobiltelefoni och kraftledningar ur ett strålskyddsperspektiv:** 8 mars
- **Radon – grundläggande kurs:** 22-23 mars
- **Tillämpning av föreskrifter om hantering av trädbränsleaska:** 29 mars
- **Regelverk för strålskydd inom medicinsk verksamhet*:** 18-19 april
- **Radon – mätteknik:** 25-26 april
- **Joniserande strålning ur ett strålskyddsperspektiv – grundkurs:** 9-10 maj
- **Mobiltelefoni och kraftledningar ur ett strålskyddsperspektiv:** 16 maj
- **Regelverk för strålskydd inom forskning och industri:** 23 maj
- **Tillämpning av föreskrifter om hantering av trädbränsleaska:** 1 juni

Anmälningsblankett och kursinformation hittar du på SSI:s hemsida www.ssi.se när du klickar på applet.

*Kursen har granskats av CPD-rådet och godkänts som CPD-kurs för legitimerade sjukhusfysiker. Poäng i CPD-kurser räknas i ett kompetenssystem för personlig utveckling för sjukhuspersonal. Poängberäkningen revideras just nu för att anpassas till EU-riktlinjer. Enligt det nya systemet ger denna kurs 12 CPD-poäng. IPULS har granskat och godkänt denna utbildning. Fullständig utbildningsbeskrivning finns på www.ipuls.se

För ytterligare information kontakta
Andrea Wolde 08-729 71 43
andrea.wolde@ssi.se
www.ssi.se

Ny reaktorsarkofag på ritbordet



En ny inneslutning planeras runt den existerande sarkofagen. För att begränsa stråldoserna till dem som bygger inneslutningen kommer den att sättas samman bredvid sarkofagen och sedan skjutas in över den havererade reaktorn som framgår av bilden. Den nya inneslutningen får en höjd av 100 meter, ett spann på 250 meter och en längd på 150 meter. Enligt nuvarande förhoppningar ska den vara klar 2008 och utgöra ett säkert skydd för åtminstone 100 år. Under denna tid kommer olika åtgärder att vidtas för att demontera nuvarande sarkofag och ta hand om bränsleresterna. Kostnaderna för den nya byggnaden administreras av den Europeiska utvecklingsbanken (EBRD).

INNEHÅLL 1/2006 (FORTS.)

Miljöövervakning före och efter Tjernobyl _____ 37

Hur klarar vi nästa olycka? _____ 40

Svenska strålskyddsinsatser belönade _____ 42

Ny reaktorsarkofag på ritbordet _____ 44