



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

2017:27

Översyn av beredskapszoner
Bilaga 1 – Referensnivåer, doskriterier
och åtgärdsnivåer



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

2017:27

Översyn av beredskapszoner
Bilaga 1 – Referensnivåer, doskriterier
och åtgärdsnivåer

Datum: Oktober 2017

Rapportnummer: 2017:27 ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på www.stralsakerhetsmyndigheten.se

Innehåll

1. Inledning	4
2. Referensnivåer	5
2.1. Bakgrund	5
2.2. Förslag till referensnivåer	6
3. Doskriterier och åtgärdsnivåer	8
3.1. Om doskriterier för skyddsåtgärder	8
3.2. Om åtgärdsnivåer	9
4. Skyddsfaktor vid inomhusvistelse	10
4.1. Skyddsfaktorer vid molnpassage	10
4.2. Skyddsfaktorer vid markbeläggning	11
5. Doskriterier och åtgärdsnivåer för utrymning	12
5.1. Doskriterier för förebyggande utrymning.....	12
5.2. Doskriterier för utrymning.....	13
5.3. Åtgärdsnivåer för utrymning på grund av markbeläggning	13
6. Doskriterier för inomhusvistelse	15
7. Doskriterier för intag av jodtabletter	16
8. Åtgärdsnivåer för livsmedelsproduktion	17
8.1. Åtgärdsnivåer för dricksvatten	18
8.2. Åtgärdsnivåer för mjölkproduktion.....	18
8.3. Åtgärdsnivåer för köttproduktion	19
8.4. Åtgärdsnivåer för spannmål, bladgrönsaker, potatis	19
9. Åtgärdsnivåer för sanering	21
Referenser	23

1. Inledning

Denna bilaga utgör en del av rapporten *Översyn av beredskapszoner*. I bilagan redovisas de referensnivåer, doskriterier och åtgärdsnivåer som använts i arbetet. Dessa parametrar utgör den huvudsakliga grunden för dimensioneringen av föreslagna beredskapszoner och planeringsavstånd. Dessutom redovisas hur skyddsfaktorer vid inomhusvistelse tagits fram.

Beredskapszoner och planeringsavstånd är geografiska områden kring anläggningar i hotkategori I och II inom vilka skyddsåtgärder för allmänheten ska förberedas. Med skyddsåtgärd avses här en åtgärd som vidtas för att minska människors pågående eller potentiella exponering för strålning. De huvudsakliga skyddsåtgärder för vilka planering bör finnas inom föreslagna beredskapszoner och planeringsavstånd är utrymning, inomhusvistelse och intag av jodtabletter. De skyddsåtgärder som förbereds är avsedda att leda till att vald referensnivå kan underskridas för den eller de händelser som ligger till grund för beredskapszonerna och planeringsavstånden.

Referensnivåer ska tillämpas i planeringen för radiologiska nödsituationer och ligga till grund för beredskapsplaner. Den operativa nyttan av referensnivåer under en radiologisk nödsituation är dock liten, och de är inte heller direkt användbara vid dimensioneringen av beredskapszonerna, eftersom referensnivåer uttrycks som årlig stråldos. Skyddsåtgärder, såväl operativt som i planeringsfasen, baseras istället i huvudsak på stråldoser som erhålls under kortare tidsperioder, på dosratsvärden eller på aktivitetsnivåer. Dessa parametrar kallas doskriterier och åtgärdsnivåer.

2. Referensnivåer

2.1. Bakgrund

En av de stora förändringarna i EU:s nya strålskyddsdirektiv [1] är att strålskyddet nu ska utgå från exponeringssituationer istället för som tidigare verksamheter och ingripanden. Denna förändring följer de rekommendationer som den internationella strålskyddskommissionen (ICRP) publicerade 2007 i ICRP 103 [2]. Strålskyddsdirektivet anger tre typer av exponeringssituationer: planerade exponeringssituationer, befintliga exponeringssituationer och radiologiska nödsituationer. Tanken är att alla situationer som innebär, eller kan innebära, exponering från joniserande strålning faller in under någon av dessa exponeringssituationer.

Planerade exponeringssituationer är situationer där skyddsåtgärder kan planeras innan exponeringen äger rum och där storleken och omfattningen av exponeringen kan förutses med rimlig säkerhet. Exempel på planerade exponeringssituationer är drift av kärnkraftverk och strålbehandlingar på sjukhus. Befintliga exponeringssituationer är situationer som redan existerar när beslut om att kontrollera dem måste fattas. Exempel på befintliga exponeringssituationer är exponering av allmänheten från radon eller exponering av allmänheten från radioaktiva ämnen som spridits i omgivningen i samband med en kärnkraftsolycka, efter att den radiologiska nödsituationen avslutats. Med radiologisk nödsituation avses en plötsligt inträffad händelse som inbegriper en strålkälla, har medfört eller kan befaras medföra skada och kräver omedelbara åtgärder. Exempel på en händelse som gett upphov till en radiologisk nödsituation är kärnkraftsolyckan i Fukushima Daiichi 2011.

Motivet för ICRP att byta strålskyddssystem är att principerna om berättigande och optimering varit framgångsrika verktyg för att sänka stråldoser i verksamheter med joniserande strålning och därför borde användas i alla situationer där exponering för joniserande strålning kan förekomma. Framför allt menar ICRP att ett ökat fokus på optimering istället för på ingripanden kan förbättra strålskyddet i befintliga exponeringssituationer och vid radiologiska nödsituationer.

I planerade exponeringssituationer ska dosrestriktioner användas som ett optimeringsverktyg. I befintliga exponeringssituationer och vid radiologiska nödsituationer har ICRP istället introducerat begreppet referensnivåer som optimeringsverktyg. ICRP har valt att introducera detta nya begrepp istället för det befintliga begreppet dosrestriktioner för att lyfta fram skillnaden mellan optimeringsarbetet i planerade exponeringssituationer å ena sidan och optimeringsarbetet i befintliga exponeringssituationer och radiologiska nödsituationer å andra sidan. I planerade exponeringssituationer kan individuella stråldoser uppskattas med så pass stor säkerhet att dosrestriktioner i stort sett alltid underskrids. I befintliga exponeringssituationer och vid radiologiska nödsituationer är det däremot inte möjligt (eller troligt) att planera för alla individuella stråldoser som kan

förekomma. Referensnivån kan därför i dessa fall ses som en målsättning i planeringsarbetet. ICRP betonar att en beredskapsplan som i planeringsstadiet av en radiologisk nödsituation inte leder till att den valda referensnivån underskrids ska omarbetas. När en radiologisk nödsituation inträffar ska referensnivån istället ses som ett riktvärde där optimeringsarbetet initialt fokuserar på de individer eller befolkningsgrupper som riskerar att överskrida referensnivån, för att sedan fortsätta under referensnivån.

Enligt strålskyddsdirektivet ska referensnivåer för radiologiska nödsituationer fastställas inom intervallet 20 till 100 millisievert (mSv) årlig effektiv dos. Kraven i strålskyddsdirektivet att referensnivåer ska fastställas för radiologiska nödsituationer kan uppfyllas genom att en generell referensnivå fastställs för alla händelser som kan leda till radiologiska nödsituationer, genom att enskilda referensnivåer fastställs för olika händelser som kan leda till radiologiska nödsituationer eller genom ett mellanting av båda dessa alternativ. I syfte att förenkla arbetet med att ta fram effektiva beredskapsplaner anser SSM att antalet referensnivåer bör vara litet.

2.2. Förslag till referensnivåer

SSM har använt referensnivån 100 mSv årlig effektiv dos som utgångspunkt i framtagandet av förslagen på nya beredskapszoner och planeringsavstånd för den dimensionerande händelsen på ett kärnkraftverk som motsvarar ett allvarligt haveri med härdsmälta, tankgenomsmältning och utsläpp där de konsekvenslindrande systemen inte fungerar och där reaktorinneslutningens inte är tät. För alla andra dimensionerande händelser har SSM istället använt referensnivån 20 mSv årlig effektiv dos som utgångspunkt i framtagandet av förslagen på nya beredskapszoner och planeringsavstånd.

En referensnivå på 20 mSv effektiv för allmänheten ligger i linje med ambitionsnivån för arbetstagare vid radiologiska nödsituationer. I strålskyddsdirektivet anges att värdet för dosgränsen för arbetstagare på 20 mSv effektiv dos under ett år om möjligt inte ska överskridas även vid radiologiska nödsituationer. Denna ambition omfattar även arbetstagare inom t.ex. räddningstjänst, polis och akutsjukvård som deltar i hanteringen av den radiologiska nödsituationen och sannolikt inte kommer exponeras för joniserande strålning i tjänsten vare sig före eller efter den radiologiska nödsituationen. För allmänheten kring berörda anläggningar anser SSM att målsättningen med strålskyddet för motsvarande situationer ska vara minst lika ambitiös. Referensnivån 20 mSv årlig effektiv dos ligger dessutom i linje med den nordiska överenskommelsen från 2013 om gemensamma riktlinjer för skyddsåtgärder i radiologiska nödsituationer [3]. Så långt det är rimligt anser SSM därför att referensnivån 20 mSv effektiv dos bör tillämpas för de dimensionerande händelser som ligger till grund för förslagen till nya beredskapszoner.

För den dimensionerande händelsen på ett kärnkraftverk som motsvarar ett allvarligt haveri med härdsmälta, tankgenomsmältning och utsläpp där de konsekvenslindrande systemen inte fungerar och där reaktorinneslutningens inte är tät använder SSM referensnivån 100 mSv årlig effektiv dos som grund

för förslaget till nya beredskapszoner. Händelsen motsvarar ett tänkt värsta fall med avseende på utsläppets storlek från en kärnkraftsreaktor. Denna händelse bedöms vara så osannolik att den inte behöver beaktas i konstruktionen av konsekvenslindrande system på kärnkraftverken enligt regeringsbeslut från 1986 [4]. Eftersom det för denna händelse inte finns krav på ytterligare konsekvenslindrande system är det heller inte rimligt att använda referensnivån 20 mSv effektiv dos som utgångspunkt för beredskapsplaneringen. Kostnaden för att upprätthålla en sådan beredskap skulle bli mycket hög samtidigt som sannolikheten för att genomföra en framgångsrik utrymning av så stora områden som då skulle omfattas är låg.

I planeringen för radiologiska nödsituationer ska strålskyddet optimeras. En beredskapszon kan därför vara motiverad även för verksamheter där inga händelser förväntas leda till att den valda referensnivån överskrids, men där skyddsåtgärder som leder till mer nytta än skada kan vidtas. Detta kan gälla för verksamheter i hotkategori II där förberedda rutiner för snabb inomhusvistelse kan vara motiverade, även om inga händelser på anläggningen förväntas kunna leda till effektiva doser för allmänheten över 20 mSv.

3. Doskriterier och åtgärdsnivåer

3.1. Om doskriterier för skyddsåtgärder

Ett doskriterium för en skyddsåtgärd är det värde på dos till en person, utan beaktande av skyddsåtgärder, som när det överskrids eller riskerar att överskridas i de flesta fall innebär att skyddsåtgärden bör vidtas. För varje separat skyddsåtgärd ska ett doskriterium definieras. Doskriterier väljs så att den sammanlagda dosen underskrider vald referensnivå om skyddsåtgärder genomförs när respektive doskriterium överskrids. Olika referensnivåer leder därför till olika doskriterier. Doskriterier används främst för att definiera vilka skyddsåtgärder som behövs innan eller i samband med utsläpp av radioaktiva ämnen, då radioaktiva ämnen fortfarande kan finnas i luften och det finns flera olika exponeringsvägar.

Doskriterier avser effektiv dos, ekvivalent dos eller absorberad dos som en oskyddad person erhåller vid exponering från joniserande strålning under en bestämd tidsperiod. I beräkningen av dosbidraget från extern exponering ingår dos från molnpassage och från markbeläggning. I beräkningen av dosbidraget från intern exponering ingår intecknad dos från inandning av radioaktiva ämnen i molnet. Intern dos från radioaktiva ämnen som virvlat upp från marken (s.k. resuspension) beaktas inte vid val av doskriterierna, eftersom det ger ett försumbart bidrag till den totala effektiva dosen för de händelser där doskriterierna ska användas. Intern dos från intag av radioaktiva ämnen via livsmedel beaktas inte heller vid val av doskriterierna, då livsmedelsrestriktioner och kontrollprogram förväntas begränsa dosbidraget från denna exponeringsväg till mindre än 1 mSv effektiv dos per år.

Doskriterier har definierats för respektive skyddsåtgärd som genomförs utgående från tillståndet på anläggningen eller baserat på en spridningsprognos om utsläppet. Doskriterierna är framtagna med dosen integrerad under sju dygn med start då utsläppet inleds för att inkludera dosbidragen under hela molnpassagen även under långdragna utsläppsförlopp.

Doskriterier för skyddsåtgärderna utrymning, inomhusvistelse och intag av jodtabletter anges för både vuxna och barn, där barn representeras av åldersgruppen 1-åringar. Barn är känsligare än vuxna för exponering från joniserande strålning vilket motiverar att stråldoser beräknas för både vuxna och barn. Skälet till att barn representeras av gruppen 1-åringar är att denna åldersgrupp utgör den mest känsliga gruppen av barn¹. För skyddsåtgärden intag av jodtabletter omfattar doskriteriet även gravida i syfte att skydda fostret.

¹ För vissa nuklider och exponeringsvägar är andra åldersgrupper mer utsatta. För de händelser och doskriterier/åtgärdsnivåer som använts i detta arbete gäller dock antagandet om 1-åringar.

3.2. Om åtgärdsnivåer

En åtgärdsnivå är ett värde på en mätbar storhet kopplad till en viss skyddsåtgärd som när den överskrids eller förväntas överskridas innebär att skyddsåtgärden i de flesta fall bör vidtas. Åtgärdsnivåer har således definierats för de skyddsåtgärder som främst genomförs baserat på mätdata. Åtgärdsnivåerna avser deponerad aktivitet på marken per ytenhet av en viss nuklid och är angivna i enheten kilobecquerel per kvadratmeter (kBq/m²). Åtgärdsnivåerna är endast vägledande eftersom de, till skillnad från doskriterier, bara beaktar en enskild exponeringsväg. Eftersom åtgärdsnivåerna relaterar till uppmätta värden av markbeläggning kan de komma att anpassas till rådande situation. Detta innebär att skyddsåtgärder kan vara lämpliga att vidta även vid högre eller lägre nivåer. Det kan i vissa fall vara lämpligt att vidta skyddsåtgärder vid lägre åtgärdsnivåer i optimeringssyfte om skyddsåtgärden i sig förutses ge begränsade negativa effekter. Samtliga åtgärdsnivåer syftar till att minska risken för stokastiska effekter från joniserande strålning.

4. Skyddsfaktor vid inomhusvistelse

Med skyddsfaktor vid inomhusvistelse menas kvoten mellan stråldos inomhus i skydd och stråldos utomhus utan skydd för samma plats och exponeringstid. Det betyder att ju lägre skyddsfaktorn är desto bättre skydd erhålls. En litteraturstudie genomförd av SSM visar att skyddsfaktorn kan variera mycket beroende på hustyp, byggnadsmaterial, typ av ventilation och partikelstorlek för de radioaktiva ämnena i utsläppet [5] [6] [7] [8] [9] [10].

Ett flerbostadshus ger ett bra skydd för extern exponering från moln och mark främst eftersom byggnadsmaterialet skärmar av strålningen i relativt hög utsträckning. En svag eller avstängd ventilation med låg luftomsättning ger ett bra skydd för intern exponering vid inandning eftersom det minskar mängden radioaktiva ämnen som kommer in i huset. En större partikelstorlek för de radioaktiva ämnena ger ett bättre skydd för intern exponering vid inandning eftersom större partiklar filtreras bort i högre utsträckning och har en större tendens att deponera på olika ytor.

4.1. Skyddsfaktorer vid molnpassage

SSM har använt skyddsfaktorer vid molnpassage för att undersöka erhållna stråldoser under förutsättning att skyddsåtgärden inomhusvistelse genomförts i samband med ett utsläpp av radioaktiva ämnen. Stråldoser vid inomhusvistelse under molnpassage erhålls genom extern exponering från radioaktiva ämnen i luften och på marken samt genom intern exponering från radioaktiva ämnen i inomhusluften. Vid rekommenderad inomhusvistelse i samband med olyckor är det rimligt att anta 100 procent inomhusvistelse, dvs. att den gäller under hela den tid utsläppet pågår.

I Tabell 1 anger SSM rimligt konservativa värden på skyddsfaktorerna för de olika exponeringsvägarna. Skyddsfaktorn för intern exponering via inandning baseras på att småhus har självdragsventilation med relativt låg luftomsättning. Motsvarande skyddsfaktor för flerbostadshus anges inom ett intervall eftersom olika typer av ventilation och eventuella ventilationsfilter ger betydande skillnader i skyddet.

Tabell 1. Skyddsfaktorer vid inomhusvistelse för olika exponeringsvägar i samband med molnpassage.

Exponeringsväg	Skyddsfaktor	
	Småhus	Flerbostadshus
Extern exponering från markbeläggning	0,4	0,04
Extern exponering från moln	0,7	0,1
Intern exponering via inandning	0,5	0,1 – 0,5

Baserat på värdena i Tabell 1 har SSM valt att använda en sammanvägd skyddsfaktor på 0,5 för inomhusvistelse i småhus och 0,1 för inomhusvistelse i flerbostadshus eller andra lokaler med utökat skydd för skyddsåtgärden inomhusvistelse vid molnpassage.

Vid framtagande av åtgärdsnivåer och beräkning av stråldos efter skyddsåtgärder har SSM i första hand utgått från boende i ett småhus eftersom detta potentiellt kan ge högre doser än boende i ett flerbostadshus och således bättre representerar skyddet vid inomhusvistelse för en mer utsatt grupp av personer bland befolkningen.

4.2. Skyddsfaktorer vid markbeläggning

SSM har valt att använda skyddsfaktorn 0,5 för inomhusvistelse i småhus och 0,25 för inomhusvistelse i flerbostadshus för bestämning av åtgärdsnivåer för utrymning och sanering vid en markbeläggning av radioaktiva ämnen med relativt lång halveringstid.

Dessa skyddsfaktorer gäller för långvarig vistelse i ett område med en markbeläggning av radioaktiva ämnen och är beräknade under antagande om 80 procent inomhusvistelse med skyddsfaktorn 0,4 respektive 0,04 enligt Tabell 1 och 20 procent utomhusvistelse utan skyddsfaktor.

En studie från Japan [11], baserad på data insamlade 5 till 51 månader efter kärnkraftsolyckan i Fukushima Daiichi, visar att 0,5 är ett rimligt konservativt värde på skyddsfaktorn vid en markbeläggning av cesium. Studien, som genomfördes i Date City nordväst om Fukushima Daiichi, visade att medelvärdet på skyddsfaktorn var 0,15 och att skyddsfaktorn var lägre än 0,5 för cirka 95 procent av befolkningen.

5. Doskriterier och åtgärdsnivåer för utrymning

I detta kapitel redovisas val av doskriterier och åtgärdsnivåer för skyddsåtgärden utrymning. De har delats upp i tre delar beroende på syfte och användningsområde.

5.1. Doskriterier för förebyggande utrymning

Det mest prioriterade målet för strålskyddet under en radiologisk nödsituation är att undvika allvarliga deterministiska effekter. För att nå detta mål föreslår SSM införandet av en inre beredskapszon kring anläggningar i hotkategori I. Det är endast vid dessa anläggningar som allvarliga deterministiska effekter kan uppstå utanför anläggningsområdet. Inom den inre beredskapszonen ska utrymning kunna genomföras i förebyggande syfte baserat på tillståndet på anläggningen och innan ett utsläpp av radioaktiva ämnen skett.

Doskriterier för förebyggande utrymning utgår från tröskeldoser för uppkomsten av allvarliga deterministiska effekter som finns angivna av ICRP [2]. Tröskeldosen, som avser absorberad dos till ett organ, innebär en ökad incidens av allvarliga deterministiska effekter bland de som erhåller stråldoser över denna nivå. För vuxna och barn blir den gränssättande organdosen absorberad dos till röd benmärg. Foster är särskilt känsliga för exponering från joniserande strålning under vissa perioder av utvecklingen, varför särskilda doskriterier för foster är nödvändiga. Gränssättande är absorberad dos till embryot under den period som organen utvecklas samt absorberad dos till fostrets hjärna under den period när det sker betydande utveckling av denna. I Tabell 2 anges doskriterier i form av tröskeldoser för skyddsåtgärden förebyggande utrymning. Den inre beredskapszonen dimensioneras utgående från de angivna tröskeldoserna, som innefattar summan av den absorberade dosen från extern exponering och den inandade absorberade dosen från inandning.

Tabell 2. Tröskeldoser angivna av ICRP [2] för skyddsåtgärder för att undvika allvarliga deterministiska effekter.

Dos	Doskriterium (mGy)	Kommentar
Absorberad dos till röd benmärg (vuxna och barn)	1 000	Tröskelvärde som motsvarar 1 procent dödlighet utan medicinskt omhändertagande
Absorberad dos till embryo	100	Tröskelvärde för missbildningar på embryon 2-7 veckor efter befruktning
Absorberad dos till fostrets hjärna	300	Tröskelvärde för allvarlig utvecklingsstörning hos foster 8-15 veckor efter befruktning

5.2. Doskriterier för utrymning

Det näst mest prioriterade målet för strålskyddet under en radiologisk nödsituation är att minska risken för stokastiska effekter så långt det är möjligt och rimligt. För att nå detta mål föreslår SSM införandet av en yttre beredskapszon kring anläggningar i hotkategori I. Inom den yttre beredskapszonen ska skyddsåtgärden utrymning kunna genomföras antingen med anledning av tillståndet på anläggningen eller baserat på en spridningsprognos.

Doskriterier som gäller för skyddsåtgärden utrymning avser summan av effektiv dos från extern exponering och intecknad effektiv dos från intern exponering. En utrymning som genomförs enligt plan kommer helt att avbryta exponeringen från joniserande strålning och av denna anledning sätts doskriterierna för utrymning till samma nivå som referensnivåerna. Doskriteriet för skyddsåtgärden utrymning är således 20 mSv effektiv dos till både vuxna och barn för alla händelser utom för den dimensionerande händelsen utan fungerande konsekvenslindrande system som beskrivs närmare i huvudrapporten. För denna händelse är doskriteriet 100 mSv effektiv dos. Dessa doskriterier ligger till huvudsaklig grund för dimensioneringen av den yttre beredskapszonen kring kärnkraftverken.

5.3. Åtgärdsnivåer för utrymning på grund av markbeläggning

Åtgärdsnivåer för skyddsåtgärden utrymning på grund av markbeläggning är framtagna med syfte att begränsa den effektiva dosen från extern exponering från markbeläggning på längre sikt. De är framtagna för nuklider med relativt lång halveringstid och är satta till en nivå som begränsar den effektiva dosen till 20 mSv under det första året från dessa nuklider. Utrymning baserat på resultat från strålningsmätningar bör övervägas i områden där åtgärdsnivån överskrids. Åtgärdsnivåerna för skyddsåtgärden utrymning har använts för dimensionering av planeringsavstånd inom vilka strålningsmätningar ska kunna genomföras inom en vecka.

När räddningstjänst avslutas efter en händelse avslutas också den radiologiska nödsituationen. Om händelsen lett till utsläpp av radioaktiva ämnen som ger upphov till långvarig exponering övergår den radiologiska nödsituationen i en befintlig exponeringssituation. Enligt krav i strålskyddsdirektivet får referensnivån för en befintlig exponeringssituation inte sättas högre än 20 mSv effektiv dos under ett år. Att identifiera och utrymma områden där markbeläggningen kan ge en effektiv dos överstigande 20 mSv under första året är därmed en förutsättning för att kunna avsluta den radiologiska nödsituationen.

I Tabell 3 anges åtgärdsnivåer som indikerar när utrymning på grund av markbeläggning kan behöva övervägas. Åtgärdsnivån har beräknats med skyddsfaktorn 0,5 baserat på ett antagande om boende i ett normalt svenskt småhus och 80 procent inomhusvistelse. Vidare har det antagits att de

radioaktiva ämnena är jämnt fördelade på marken i den översta centimetern av ett jordlager med densitet 1,6 g/cm³.

För händelser med utsläpp från kärnkraftverk kommer stråldoser på längre sikt (efter en månad eller mer) att erhållas främst från sönderfall av nukliderna Cs-134 och Cs-137. Åtgärdsnivån för utsläpp från kärnkraftverken i Tabell 3 gäller summan av aktiviteten för dessa nuklider, där aktivitetsförhållandet nukliderna emellan är detsamma som i de representativa källtermerna för händelser vid kärnkraftverken.

De dimensionerande händelserna vid Centralt mellanlager för använt kärnbränsle (Clab) kan ge upphov till markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 men även betydande markbeläggning av Co-60. Åtgärdsnivåerna för Cs-134 + Cs-137 skiljer sig åt mellan utsläpp från kärnkraftverk och från Clab. Orsaken till detta är att kärnbränslet vid Clab antas vara äldre i de analyserade händelserna, vilket gör att aktivitetsförhållandet mellan de båda nukliderna skiljer sig åt. Eftersom Cs-134 och Cs-137 har olika dosomvandlingsfaktorer blir även åtgärdsnivåerna olika. Mer detaljer om detta kan hittas i de anläggningsspecifika redovisningarna i huvudrapporten.

Händelser vid bränslefabriken i Västerås kan inte ge upphov till så kraftig markbeläggning av långlivade, gammastrålande nuklider att utrymning på grund av extern exponering blir aktuell. Av denna anledning anges inga åtgärdsnivåer för utrymning för denna anläggning.

Tabell 3. Åtgärdsnivåer för skyddsåtgärden utrymning där extern exponering från markbeläggningen av utvalda nuklider kan ge upphov till en effektiv dos på 20 mSv under första året.

Anläggning	Nuklider	Åtgärdsnivå (kBq/m ²)
Kärnkraftverk	Cs-134 + Cs-137	2 000
Clab	Co-60	1 000
	Cs-134 + Cs-137	3 000

6. Doskriterier för inomhusvistelse

Inomhusvistelse är en relativt enkel skyddsåtgärd som inte kräver lika mycket förberedelser som utrymning eller intag av jodtabletter. Om den rekommenderade inomhusvistelsen kan hållas begränsad i tiden innebär den inte heller några allvarliga negativa konsekvenser för allmänheten. Av denna anledning anser SSM att det är rimligt att använda samma doskriterium för inomhusvistelse för alla händelser, oavsett om referensnivån är 20 eller 100 mSv årlig effektiv dos.

Enligt den nordiska överenskommelsen från 2013 om gemensamma nordiska riktlinjer för skyddsåtgärder i radiologiska nödsituationer [3] och enligt principerna för optimering i radiologiska nödsituationer ska skyddsåtgärder övervägas även i de fall händelsen inte förväntas leda till stråldoser över den valda referensnivån. De nordiska strålsäkerhetsmyndigheterna är överens om att det generellt är lämpligt att vidta skyddsåtgärder om stråldosen förväntas överstiga 10 mSv effektiv dos. SSM har därför satt doskriteriet för skyddsåtgärden inomhusvistelse till 10 mSv effektiv dos.

Doskriteriet för inomhusvistelse avser summan av effektiv dos från extern exponering och inandning effektiv dos från inandning och gäller för både vuxna och barn. Det syftar till att minska risken för stokastiska effekter från joniserande strålning.

7. Doskriterier för intag av jodtabletter

Sköldkörteln är känslig för strålning och ackumulerar radioaktiv jod vid inandning under molnpassage. Genom intag av stabil jod förebyggs upptag av radioaktiv jod i sköldkörteln. Jodtabletter bör tas innan ett radioaktivt utsläpp sker. Det är därför en skyddsåtgärd som kräver omfattande planering om den ska kunna genomföras i praktiken, antingen genom att jodtabletter delas ut i förväg eller genom att jodtabletter skyndsamt delas ut under den radiologiska nödsituationen. Doskriteriet 50 mSv intecknad ekvivalent dos till sköldkörteln för vuxna, barn och gravida ligger till grund för planeringen för jodtabletter. Detta doskriterium syftar till att minska risken för stokastiska effekter från joniserande strålning.

För utsläpp från ett kärnkraftverk vid händelsen med fungerande konsekvenslindrande system kan nivån 10 mSv ekvivalent dos till sköldkörteln användas för att ge information om när intag av redan förhandsutdelade jodtabletter kan rekommenderas.

För vuxna över 40 år har jodtabletter liten effekt. Om tillgången på tabletter är begränsad ska därför barn och gravida prioriteras. Intag av jodtabletter används sällan som enda skyddsåtgärd utan kombineras ofta med skyddsåtgärden inomhusvistelse.

8. Åtgärdsnivåer för livsmedelsproduktion

I detta kapitel redovisas åtgärdsnivåer över vilka skyddsåtgärder inom livsmedelsproduktion bör övervägas. De skyddsåtgärder som kan bli aktuella i detta sammanhang innefattar t.ex. mät- och kontrollprogram, begränsning av intag genom saluförbud eller kostråd samt olika typer av motåtgärder inom djurnäring och jordbruk för att minska växter och djurs upptag av radioaktiva ämnen. Åtgärdsnivåer redovisas i grupperna dricksvatten, mjölk, kött samt spannmål, bladgrönsaker och potatis och syftar till att begränsa intecknad effektiv dos från förtäring av dessa livsmedel. Åtgärdsnivåerna avser en markbeläggning (kBq/m²) av utvalda nuklider och ska ses som en indikation på när aktivitetskoncentrationen (Bq/kg) i livsmedlen kan komma att överskrida EU:s gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel och foder [12]. Dessa gränsvärden, vilka redovisas i Tabell 4, syftar till att hålla den effektiva dosen från intag av livsmedel under 1 mSv det första året.

Åtgärdsnivåer för livsmedelsproduktion är behäftade med betydande osäkerheter. Överföringsfaktorer från markbeläggning till livsmedel kan variera mycket (t.ex. beroende på årstid) och är i flera fall inte helt kända. Åtgärdsnivåerna har därför angivits med en värdesiffra och är konservativt avrundade nedåt till närmsta tiopotens. De värden som presenteras här gäller under den första tiden efter ett radioaktivt nedfall om det sker under vegetationssäsongen. Åtgärdsnivåerna för livsmedel är dels hämtade från Livsmedelsproduktion vid nedfall av radioaktiva ämnen [13] och dels beräknade av Totalförsvarets forskningsinstitut [14].

Tabell 4. Gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel enligt EU: s förordning [12]

Nuklidgrupp/ livsmedelsgrupp	Livsmedel (Bq/kg)			
	Spädbarns- mat	Mjölk- produkter	Andra livsmedel	Flytande livsmedel
Summan av strontiumisotoper, i synnerhet Sr-90	75	125	750	125
Summan av jodisotoper, i synnerhet I-131	150	500	2 000	500
Summan av alfastrålande isotoper av plutonium och transplutonier, i synnerhet Pu-239 och Am-241	1	20	80	20
Summan av alla andra nuklider med mer än tio dagars halveringstid, i synnerhet Cs-134 och Cs-137	400	1 000	1 250	1 000

8.1. Åtgärdsnivåer för dricksvatten

Med åtgärdsnivåer för dricksvatten menas en nivå av markbeläggning över eller i nära anslutning till ytvattentäkter som kan leda till för höga nivåer av radioaktivitet i dricksvattnet. Grundvattentäkter påverkas initialt i mycket begränsad omfattning av ett radioaktivt nedfall och tas därför inte upp här.

I Tabell 5 anges indikativa åtgärdsnivåer för skyddsåtgärder i dricksvattenproduktionen genom användandet av en markörnuklid. Om markbeläggningen av markörnukliden överskrider åtgärdsnivån riskerar aktiviteten från summan av alla isotoper inom nuklidgruppen att överskrida EU:s livsmedelsgränsvärden för dricksvatten. Åtgärdsnivåerna är behäftade med stora osäkerheter och de är beräknade för två fall av vertikal utspädning. Med utspädning menas här hur långt ner i ytvattentäkten som de radioaktiva ämnena blandas ut innan dricksvattnet produceras.

Tabell 5. Åtgärdsnivåer för radioaktivitet i dricksvatten från ytvattentäkter, beräknade givet antagande om 0,5 respektive 10 m vertikal utspädning ovanför råvattenintaget.

Markörnuklid*	Nuklidgrupp	Åtgärdsnivå (kBq/m ²)
Cs-137	Nuklider med halveringstid mer än tio dagar	100 (0,5 m utspädning)
		1 000 (10 m utspädning)
I-131	I-131, Te-132, I-132, I-133	100 (0,5 m utspädning)
		1 000 (10 m utspädning)
Sr-90	Sr-89, Sr-90, Y-90	10 (0,5 m utspädning)
		100 (10 m utspädning)
Cm-242	Pu-238, Pu-239, Pu-240, Cm-242, Cm-244	10 (0,5 m utspädning)
		100 (10 m utspädning)

*En markbeläggning av markörnukliden enligt nivåer i tabellen kan leda till överskridande av EU:s gränsvärden för saluförande av flytande livsmedel för hela nuklidgruppen.

8.2. Åtgärdsnivåer för mjölkproduktion

I Tabell 6 anges åtgärdsnivåer för mjölkproduktion. Med dessa åtgärdsnivåer menas en nivå av markbeläggning över betesmark som kan leda till att EU:s livsmedelsgränsvärden överskrids i mjölken. I det tidiga skedet efter en kärnkraftsolycka (dagar till veckor) är jodisotopen I-131 gränssättande för dessa åtgärder. En av åtgärderna som kan övervägas är installning av kor.

Tabell 6. Åtgärdsnivåer för mjölkproduktion.

Nuklider	Åtgärdsnivå (kBq/m ²)
Cs-134 + Cs-136 + Cs-137	10
Sr-89 + Sr-90	10
I-131	5

8.3. Åtgärdsnivåer för köttproduktion

I Tabell 7 anges åtgärdsnivåer för köttproduktion. Med dessa åtgärdsnivåer avses en nivå av markbeläggning över betes- eller odlingsmark som kan leda till att EU:s livsmedelsgränsvärden överskrids i köttet. Tabellen anger värden för bete och naturbete samt för fläskkött där grisen är uppfödd på säd. För viltkött kan variationen vara betydande, varför åtgärdsnivån angetts som ett intervall.

Tabell 7. Åtgärdsnivåer vid bete eller produktion av säd för köttproduktion.

Typ av kött	Nuklidgrupp	Åtgärdsnivå (kBq/m ²)
Nöt/lamm/ren	Cs-134 + Cs-136 + Cs-137	1/1 (naturbete/bete)
	Sr-89 + Sr-90	10/100 (naturbete/bete)
Fläskkött	Cs-134 + Cs-136 + Cs-137	10 (säd)
	Sr-89 + Sr-90	1 000 (säd)
Viltkött* (älg och rådjur)	Cs-134 + Cs-136 + Cs-137	10 -100 (naturbete)

* Ett intervall anges eftersom variationen kan vara betydande mellan djurtyper och t.ex. beroende på svamptillgång i skogen.

8.4. Åtgärdsnivåer för spannmål, bladgrönsaker, potatis

I Tabell 8 anges åtgärdsnivåer för produktion av spannmål (t.ex. brödsäd) samt bladgrönsaker och potatis. Med dessa åtgärdsnivåer menas en nivå av markbeläggning över odlingsmark som kan leda till att EU:s livsmedelsgränsvärden överskrids i producerade livsmedel. För bladgrönsaker ligger åtgärdsnivån mycket lågt eftersom bladgrönsaker har stor yta i förhållande till vikt. Potatis har en relativt hög åtgärdsnivå eftersom det är en

rotfrukt. Den har trots detta inkluderats, eftersom potatis är ett viktigt baslivsmedel.

Tabell 8. Åtgärdsnivåer för spannmål, bladgrönsaker och potatis.

Gröda	Nuklidgrupp	Åtgärdsnivå (kBq/m²)
Spannmål*	Cs-134 + Cs-136 + Cs-137	10
	Sr-89 + Sr-90	10
Bladgrönsaker*	Cs-134 + Cs-136 + Cs-137	1
	Sr-89 + Sr-90	1
Potatis	Cs-134 + Cs-136 + Cs-137	1 000
	Sr-89 + Sr-90	100

*För stående vegetation gäller att aktiviteten i växternas ovanjordiska delar minskar med en biologisk halveringstid om cirka 10-15 dagar. Det innebär att även om markdepositionen är densamma kommer aktiviteten i växten att minska med tiden och åtgärdsnivån kan därför efter hand höjas. Rotupptag under kommande växtsäsonger behandlas inte. Detta gäller även betesvall.

9. Åtgärdsnivåer för sanering

Sanering är en skyddsåtgärd som syftar till att minska stråldosen till befolkningen eller att göra ett utrymt område beboeligt igen. Sanering genomförs i den utsträckning detta är motiverat med hänsyn till följderna av utsläppet, det hotade intressets vikt, kostnaderna för insatsen och omständigheterna i övrigt. Vilka faktiska saneringsåtgärder som är berättigade efter ett utsläpp av radioaktiva ämnen och vid vilka åtgärdsnivåer dessa ska genomföras avgörs av en rad faktorer såsom tillgängliga resurser, kostnader och avfallsmängder. Av denna anledning har åtgärdsnivåer för sanering tagits fram i flera olika nivåer.

Storskalig sanering av utomhusytor genom avlägsnande av det översta jordlagret kan leda till betydande minskning av potentiella stråldoser, men det är mycket tidskrävande och kostsamt, och skapar dessutom stora avfallsmängder. Det medför också betydande ingrepp i miljön. Sanering genom rengöring av ytor minskar inte stråldoserna i samma omfattning, men är skonsammare mot miljön och enklare att genomföra.

I Tabell 9 redovisas möjliga saneringsåtgärder vid olika tillskottsdoser som erhålls från markbeläggningen under första året. Dessa kan utgöra en utgångspunkt för ett resonemang om vilket behov av sanering som kan uppstå för de händelser som SSM analyserat. Med enklare saneringsåtgärder i tabellen menas t.ex. att rensa dikesrenar och ta bort jord under utlopp från stuprör. Med avancerade saneringsåtgärder menas t.ex. större projekt för att sanera byggnader och mark. Som underlag till vilka saneringsåtgärder som kan övervägas för olika tillskottsdoser har SSM bland annat utgått från de beslut om sanering som fattades i Japan efter kärnkraftsolyckan i Fukushima Daiichi [15], [16] och [17].

Tabell 9. Tillskottsdoser och möjliga saneringsåtgärder vid markbeläggning av radioaktiva ämnen.

Tillskottsdos (mSv/år)	Saneringsåtgärder
>1	En saneringsplan bör tas fram och enklare saneringsåtgärder kan vara motiverade
>5	Enklare saneringsåtgärder är troligen motiverade
>10	Avancerade saneringsåtgärder kan vara motiverade
>20	Avancerade saneringsåtgärder är troligen motiverade
>50	Avancerade saneringsåtgärder är troligtvis inte tillräckligt för att området ska gå att återvända till på flera år

Åtgärdsnivåer för sanering är, med ett undantag, beräknade för samma nuklider och med samma beräkningsförutsättningar som åtgärdsnivåerna för utrymning (se avsnitt 5.3), med syfte att begränsa den effektiva dosen från extern exponering från markbeläggning på längre sikt. De är satta till nivåer som ger tillskottsdoser från dessa nuklider enligt Tabell 9 under det första året. Det finns visserligen andra nuklider i utsläppen som bidrar till tillskottsdosen från markbeläggningen, men de har så pass kort halveringstid att SSM bedömer att de inte bör ligga till grund för saneringsbeslut.

I Tabell 10 redovisas åtgärdsnivåer för sanering vid tillskottsdosen 1 mSv under första året. Åtgärdsnivåer för andra nivåer erhålles genom multiplikation med den årliga tillskottsdosen. Detta gör t.ex. att åtgärdsnivåer för tillskottsdosen 20 mSv blir identiska med åtgärdsnivåerna för utrymning.

Tabell 10. Åtgärdsnivåer för sanering vid tillskottsdosen 1 mSv under första året.

Anläggning	Nuklider	Åtgärdsnivå (kBq/m ²)
Kärnkraftverken	Cs-134 + Cs-137	100
Clab	Co-60	50
	Cs-134 + Cs-137	150

För händelser vid bränslefabriken i Västerås har SSM valt att använda ett annat kriterium för åtgärdsnivåer för sanering. Åtgärdsnivån har satts till 10 kBq/m² för summan av uranisotoperna U-234, U-235 och U-238. Uran leder till en mycket begränsad dos från extern exponering, men en markbeläggning av uran kan potentiellt leda till interndoser vid ofrivilligt intag av aktivitet från marken eller resuspension följt av inandning. Beräkningar visar att det endast är begränsade områden som kan drabbas av markbeläggning över denna nivå varför SSM anser att det är rimligt att sanering övervägs ner till nivån för friklassning av lokaler och byggnader i SSM:s friklassningsföreskrifter [18].

Referenser

- [1] Europeiska Unionens råd, Rådets direktiv 2013/59/Euratom från den 5 december 2013, 2013.
- [2] ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, 2007.
- [3] De Nordiska Strålsäkerhetsmyndigheterna, Protective Measures in Early and Intermediate Phases of a Nuclear or Radiological Emergency, Nordic Guidelines and Recommendations, 2014.
- [4] Regeringen, Villkor för fortsatt tillstånd enligt 5 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet att driva kärnkraftsreaktorerna Oskarshamn 1, 2 och 3, 1986.
- [5] G. Danielsson, "FOA rapport C 20546-A3," 1984.
- [6] F. Gering, "Location factors in RODOS, RODOS(WG3)-TN(98)-05," 1998.
- [7] U. Bäverstam, "Stråldoser och markbeläggning i Sverige efter en stor kärnkraftolycka, SSI 95-32, Statens strålskyddsinstitut," 1995.
- [8] P. von Schoenberg, T. Nylén, H. Ramebäck, J. Boson, L. Thaning, H. Ericsson, J. Thorpsten, H. Grahn, "Ventilation och skyddsfaktorer för inandning av radioaktiva ämnen i byggnader under pågående nedfall steg 2, FOI," 2012.
- [9] J. Ingemarsdotter, P. Ånäs, T. Nylén, L. Thaning, P. von Schoenberg, "Ventilation och skyddsfaktorer för inandning av radioaktiva ämnen i byggnader under pågående nedfall steg 1 (förstudie), FOI," 2011.
- [10] C. Lange, "Indoor deposition and the protective effect of houses against airborne pollution, Risø-R-780, Risø National Laboratory," 1995.
- [11] M. Miyazaki, R. Hayano, "Individual external dose monitoring of all citizens of Date City by passive dosimeter 5 to 51 months after the Fukushima NPP accident: 1. Comparison of individual dose with ambient dose rate monitored by aircraft surveys," J. Radiol. Prot. 37, 2016.
- [12] Europeiska Unionens råd, Rådets förordning (Euratom) 2016/52 av den 15 januari 2016 om gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel och foder efter en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation, EURATOM, 2016.
- [13] SLU, FOI, SLV, SSI, SJV, "Livsmedelsproduktion vid nedfall av radioaktiva ämnen", Västerås, 2002.
- [14] T. Nylén, FOI, Beläggningsparametrar för radioaktivt nedfall, Umeå, 2016.
- [15] Nuclear Emergency Response Headquarters, "Basic Concept for Pushing Ahead with Decontamination Works," 2011.
- [16] Nuclear Emergency Response Headquarters, "Basic Policy for Emergency Response on Decontamination Work," 2011.
- [17] Nuclear Emergency Response Headquarters, "Guidelines for Municipal Decontamination Work," 2011.

- [18] SSMFS 2011:2, Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om friklassning av material, lokaler, byggnader och mark vid verksamhet med joniserande strålning, SSM, 2011.



2017:27

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stödjer forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 300 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00
Fax: +46 8 799 40 10

E-mail: registrator@ssm.se
Web: stralsakerhetsmyndigheten.se