



Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

# 2017:27

Översyn av beredskapszoner  
Bilaga 5 – Centralt mellanlager  
för använt kärnbränsle





Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

# 2017:27

Översyn av beredskapszoner  
Bilaga 5 – Centralt mellanlager  
för använt kärnbränsle

Datum: Oktober 2017

Rapportnummer: 2017:27 ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på [www.stralsakerhetsmyndigheten.se](http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se)



# Innehåll

<b>1. Sammanfattning .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Dimensionerande händelser .....</b>	<b>6</b>
2.1. Val av händelser.....	7
2.1.1. Kriticitet.....	7
2.1.2. Mottagningsbassängen.....	7
2.1.3. Transportbehållaren .....	7
<b>3. Representativa källtermer .....</b>	<b>9</b>
3.1. Kriticitet .....	9
3.1.1. Nuklidinnehåll.....	9
3.1.2. Känslighetsanalys .....	9
3.1.3. Sammanfattning av källterm .....	10
3.2. Mottagningsbassängen .....	11
3.2.1. Känslighetsanalys .....	12
3.3. Transportbehållaren .....	13
3.3.1. Känslighetsanalys .....	13
<b>4. Spridnings- och dosberäkningar .....</b>	<b>15</b>
4.1. Kriticitet .....	15
4.1.1. Utrymning och inomhusvistelse .....	15
4.1.2. Utrymning på grund av markbeläggning .....	16
4.2. Mottagningsbassängen .....	16
4.2.1. Utrymning och inomhusvistelse .....	16
4.2.2. Utrymning på grund av markbeläggning .....	17
4.3. Transportbehållaren .....	18
4.3.1. Utrymning och inomhusvistelse .....	18
4.3.2. Utrymning på grund av markbeläggning .....	21
<b>5. Beredskapszon och planeringsavstånd .....</b>	<b>23</b>
5.1. Underlag till beredskapszon och planeringsavstånd .....	23
5.1.1. Nuvarande beredskapszon .....	23
5.1.2. Utrymning.....	24
5.1.3. Inomhusvistelse .....	24
5.1.4. Jodtabletter .....	24
5.1.5. Utrymning på grund av markbeläggning .....	25
5.1.6. Varning och förhandsutdelad information .....	25
5.2. Slutsatser gällande beredskapszon .....	25
5.3. Förslag till planeringsavstånd .....	26
<b>6. Dos efter skyddsåtgärder .....</b>	<b>27</b>
<b>7. Livsmedelsproduktion .....</b>	<b>28</b>
7.1. Resultat från spridningsberäkningar .....	28
7.2. Analys.....	33
<b>8. Sanering .....</b>	<b>34</b>
8.1. Resultat från spridningsberäkningar .....	34
8.2. Analys.....	38
<b>Referenser .....</b>	<b>40</b>



# 1. Sammanfattning

På Simpevarpshalvön nordost om Oskarshamn ligger sedan 1985 en anläggning för lagring av använt kärnbränsle, Centralt mellanlager för använt kärnbränsle (hädanefter benämnd Clab). På Clab mellanlagras allt använt kärnbränsle från den svenska kärnkraftsindustrin, för närvarande cirka 6500 ton, i väntan på slutförvar. Inom anläggningen finns bland annat förvaringsbassänger 40 m under marknivå samt mottagningsbassänger på marknivå. Anläggningen drivs av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB).

Clab är av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) klassificerad i hotkategori II, vilket innebär att olyckor på anläggningen bedöms kunna ge upphov till sådana omgivningskonsekvenser som motiverar att skyddsåtgärder vidtas utanför anläggningen. Som en del i beredskapsplaneringen för att möjliggöra att skyddsåtgärder kan genomföras på ett effektivt sätt ska en beredskapszon och ett planeringsavstånd finnas kring anläggningen om så krävs.

Kring Clab föreslår SSM att det ska finnas ett planeringsavstånd med en utsträckning på 2 kilometer. Inom planeringsavståndet ska det finnas en planering för utrymning som bygger på underlag från strålningsmätning av markbeläggningen. Utanför anläggningsområdet kring Clab bedömer SSM att det inte uppstår stråldoser i samband med olyckor som motiverar en beredskapszon. Nuvarande beredskapszon bör därför avvecklas.

Förslaget till planeringsavstånd och avveckling av beredskapszon kring Clab baseras på analyser av möjliga händelseförlopp, där tre stycken dimensionerade händelser har valts ut för att ligga till grund för beredskapsplaneringen. För dessa händelser har representativa källtermer tagits fram, som beskriver de utsläpp som antas följa från respektive händelse. SSM har genomfört spridnings- och dosberäkningar baserade på historiska väderdata för att uppskatta vid vilka avstånd det kan anses motiverat att vidta olika skyddsåtgärder. Utifrån dessa avstånd har slutligen ett förslag till planeringsavstånd och slutsats om beredskapszon tagits fram. Förslaget har utarbetats i samråd med Länsstyrelsen i Kalmar län och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). SSM har informerat den lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk om pågående arbete. Länsstyrelsen i Kalmar län har inhämtat synpunkter från regionala aktörer.

Denna bilaga utgör en del av rapporten *Översyn av beredskapszoner*. För förklaring av termer och begrepp, samt ytterligare information av icke anläggningsspecifik natur, hänvisas till huvudrapporten.

## 2. Dimensionerande händelser

SSM har i detta arbete utgått från analyser av möjliga händelser med omgivningskonsekvenser som redovisats av SKB [1]. Dessa händelser kan delas in i två kategorier: utsläpp av fissions- eller aktiveringsprodukter på grund av bortfall av kylning och kriticitetsolyckor. De två kategorierna skiljer sig åt med avseende på vilken typ av omgivningskonsekvenser de kan ge upphov till. Kriticitetshändelser ger dels upphov till direktstrålning (gamma- och neutronstrålning), och dels utsläpp av kortlivade fissionsprodukter i form av jod och ädelgaser. Utsläppet leder främst till inandnings- och molndos i samband med plympassage. Utsläpp av fissions- eller aktiveringsprodukter på grund av bortfall av kylning resulterar huvudsakligen i en markbeläggning av cesium eller kobolt. Båda typerna av händelser bör därför beaktas i förslaget till beredskapszon och planeringsavstånd.

Följande tre händelser ligger till grund för förslaget till beredskapszon och planeringsavstånd för Clab:

- **Händelse med kriticitet.** En händelse som leder till kriticitet med omedelbart utsläpp av fissionsprodukter. Kriticitetshändelsen baseras på en händelse där bottenplåten i en kompaktkassett lossnar varpå bränslet exponeras i en ofördelaktig geometri utan de neutronabsorberande borplåtar som finns i kassetten.
- **Händelse med mottagningsbassängen.** En händelse som motsvarar läckage i mottagningsbassängen till följd av en kraftig jordbävning. Den sammanlagda resteffekten för bränslet som förvaras i mottagningsbassängen antas vara den maximala som får hanteras (400 kW). Bränslet i mottagningsbassängen torrläggas och överhettas till följd av utebliven kylning vilket leder till bränsleskador och utsläpp av fissionsprodukter.
- **Händelse med transportbehållaren.** En händelse där en vattenfylld transportbehållare med kylmantel monterad blir hängande i en travers utan kylning på grund av elbortfall. Vattnet i transportbehållaren innehåller fissions- och aktiveringsprodukter som kokar bort. Inga ytterligare skador på bränslet inträffar.

SSM anser att dessa tre händelser ska ligga till grund för förslaget till beredskapszon och planeringsavstånd eftersom de på olika sätt är dimensionerande avseende förvarningstid och utsläpp av långlivade radioaktiva ämnen. Samtliga dimensionerande händelser sker ovan jord i mottagningsbyggnaden. SSM har även beaktat händelser i förvaringsbassängerna under marknivå, men dessa är inte dimensionerande med avseende på vare sig förvarningstid eller storleken på utsläppet.



## 2.1. Val av händelser

### 2.1.1. Kriticitet

Händelsen där kriticitet uppstår på grund av att bottenplåten på en kompaktkassett lossnar har ett snabbt förlopp. Bränslet åker ur kassetten vid förflyttning eller stannar kvar på botten av bassängen vid lyft, vilket gör att bränslet hamnar i en ofördelaktig geometri utan de neutronabsorberande borplåtarna som finns i kassetten. Bränslet är omgivet av vatten i mottagningsbassängen, vilket gör att kriticitet med påföljande utsläpp omedelbart uppstår. Den snabba energiutvecklingen (1000 MW under 1 s) från kärnklyvningen gör att bränslet fragmenteras varpå fissionen upphör [1].

SSM bedömer att händelsen är dimensionerande med avseende på förvarningstid då tidsförloppet är snabbt och utsläpp antas ske omedelbart.

### 2.1.2. Mottagningsbassängen

En händelse som motsvarar ett läckage i mottagningsbassängen till följd av en kraftig jordbävning har valts som dimensionerande med avseende på utsläpp av långlivade cesiumisotoper. Tidsförloppet är långsamt. Jordbävningen antas leda till ett läckage av vatten från mottagningsbassängen, vilket i sin tur gör att det använda kärnbränslet som förvaras i bassängen överhettas då kylningen försvinner. Överhettningen leder efter nio dygn till bränsleskador med utsläpp av fissionsprodukter till omgivningen från det använda kärnbränslet som följd [1].

SSM bedömer att händelsen är dimensionerande med avseende på utsläpp av fissionsprodukter, vilka kan ge upphov till en långvarig markbeläggning av främst cesium.

### 2.1.3. Transportbehållaren

Använt kärnbränsle transporteras inne på Clab i en transportbehållare som kyler bränslet med vatten. Om transportbehållaren förlorar kylningen till följd av elbortfall och kylningen inte kan återställas uppnås kokningstemperatur efter cirka 12 timmar. I det upphettade kylvattnet finns radioaktiva ämnen i form av s.k. crud som löses upp i vattnet i samband med kokningen. Vidare antas det finnas kapslingskador (pin-holes) i det använda kärnbränslet. I samband med kokningen släpps aktiverings- och fissionsprodukterna ut i mottagningsbyggnaden där de sedan antas gå oförminskat ut till omgivningen på en höjd som motsvarar mottagningsbyggnadens höjd [1].

SSM bedömer att händelsen är dimensionerande med avseende på utsläpp av aktiveringsprodukter, vilka kan ge upphov till en långvarig markbeläggning av främst kobolt.

SKB har under detta uppdrags gång genomfört förbättringar i konstruktionen av transportbehållaren vilka ger möjlighet att genom manuella åtgärder undvika att kokningstemperatur uppnås. SSM anser att detta är positivt, men

har trots detta valt att behålla händelsen med transportbehållaren som dimensionerande händelse för beredskapszoner och planeringsavstånd. Även händelser som ligger utanför krav på anläggningens konstruktion ska beaktas i beredskapsplaneringen. I det ligger att också att manuella åtgärder inte tillgodoräknas.

## 3. Representativa källtermer

### 3.1. Kriticitet

SSM har tagit fram en representativ källterm för den dimensionerande händelsen med kriticitet. Som tidigare nämnts beror händelsen på att bottenplåten i en kompaktkassett lossnar. Bränslet antas vara obestrålat och ha anrikningsgraden 4,2 procent U-235. Kriticitetsförloppet leder till en kraftig energiutveckling (1 MW) som pågår i en sekund för att sedan omedelbart avstanna då bränslet fragmenteras på grund av energipulsen. Utsläppet förväntas pågå under en timme och sker via skorstenen. Källtermen baseras på SKB:s redovisning [1], men SSM har även genomfört känslighetsanalyser utifrån det som redovisats av U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) i vägledningarna 3.34 [2] och 1.183 [3].

#### 3.1.1. Nuklidinnehåll

SKB redovisar att endast ädelgaser avgår från mottagningsbassängen där kriticitet uppstått med antagandet att allt jod, cesium och övriga fissionsprodukter som bildas kvarhålls i bassängvattnet. Vissa ädelgaser har inte redovisats av SKB med motiveringen att de ger ett försumbart bidrag till stråldosen för en person i omgivningen [4]. SSM har bedömt att SKB:s redovisning motsvarar en representativ källterm för kriticitetshändelsen.

Den enda nuklid med lång halveringstid som frigörs i händelsen är Kr-85 med en halveringstid på cirka elva år. Denna kan därför antas förekomma i bränslet redan innan kriticitetshändelsen. För att inkludera aktiviteten från tidigare bestrålning i kärnkraftsreaktorn adderas därför aktiviteten från Kr-85 i bränsle med en utbränningsgrad på 55 MWd/kg U som antas ha avklingat i ett år.

Ytterligare sönderfallsprodukter växer in då fissionsprodukterna sönderfaller. SSM har vid framtagandet av den representativa källtermen dock inte tagit hänsyn till någon fördröjning för transport av de radioaktiva ämnena mellan bassängen och omgivningen, varför sönderfall och inväxt istället omhändertas i spridningsberäkningarna. De nuklider som växer in finns representerade i källtermen (Tabell 1) men aktiviteten har satts till 0 Bq.

#### 3.1.2. Känslighetsanalys

I en känslighetsanalys har SSM valt att inkludera samtliga ädelgaser som listas av NRC. Av SKB ej redovisade ädelgaser har uppskattats med hjälp av NRC:s källterm [2] skalad en faktor tio för att på ett konservativt sätt motsvara SKB:s aktivitetsnivåer för redovisade ädelgaser.

Även jod har inkluderats i känslighetsanalyserna. Mängden jod producerad i kriticitetshändelsen har av SSM uppskattats till tio gånger NRC:s källterm [2] i känslighetsanalysen. SKB redovisar att en dekontaminations-faktor om 50 är rimlig att anta för jod, då denna antas deponera i ventilationsanläggningen

på vägen ut till omgivningen. NRC [3] anger samtidigt att en dekontaminationsfaktor om 500 är rimlig för oorganisk jod då joden passerar genom 7 m vatten i bassängen. Eftersom kriticitetshändelsen antas ske på botten av bassängen skalas därför jodinhållet i NRC:s källterm med en dekontaminationsfaktor:

$$DF = 10 \times \frac{1}{50} \times \frac{1}{500}$$

i känslighetsanalysen. Jod antas konservativt vara helt i elementär form ( $I_2$ ) i känslighetsanalysen eftersom denna form ger upphov till störst stråldos per becquerel.

### 3.1.3. Sammanfattning av källterm

I Tabell 1 sammanfattas källtermen för kriticitet vid Clab samt källtermen som använts i känslighetsanalysen. I spridningsberäkningarna antas utsläppet ske via skorstenen (36 m) på mottagningsbyggnaden och pågå under en timme. SSM räknar inte med att värmeenergin i utsläppet leder till plymlyft. Dessa parametrar är desamma både för den representativa källtermen och i känslighetsanalysen.

**Tabell 1.** Nuklider och aktiviteter i representativ källterm för kriticitetshändelsen på Clab samt i känslighetsanalysen. I tabellen redovisas totalt utsläppt aktivitet till atmosfären.

Utsläppsgrupp	Nuklid	Halveringstid	Aktivitet (Bq)	
			Representativ källterm	Känslighetsanalys
Ädelgaser	Kr-83m <sup>1</sup>	110 min	0	5,9E+13
	Kr-85	10,8 år	1,2E+14	1,2E+14
	Kr-85m <sup>1</sup>	4,48 tim	0	5,6E+13
	Kr-87	76,3 min	2,5E+14	2,5E+14
	Kr-88	2,84 tim	3,5E+14	3,5E+14
	Rb-88 <sup>1,2</sup>	17,8 min	0	0
	Kr-89	3,15 min	2,1E+15	2,1E+15
	Rb-89 <sup>1,2</sup>	15,4 min	0	0
	Sr-89 <sup>1,2</sup>	50,6 d	0	0
	Xe-131m <sup>1</sup>	11,9 d	0	3,0E+10
	Xe-133 <sup>1</sup>	5,24 d	0	1,0E+13
	Xe-133m <sup>1</sup>	2,19 d	0	6,7E+11
	Xe-135 <sup>1</sup>	9,14 tim	0	1,3E+14
	Xe-135m <sup>1</sup>	15,3 min	0	8,1E+14
	Xe-137	3,82 min	2,5E+15	2,5E+15
	Xe-138	14,1 min	3,2E+15	3,2E+15
Cs-138 <sup>1,2</sup>	33,4 min	0	0	
Halogener	I-131 <sup>1</sup>	8,02 d	0	1,3E+08
	I-132 <sup>1</sup>	2,30 tim	0	1,6E+08
	I-133 <sup>1</sup>	20,8 tim	0	2,4E+09
	I-134 <sup>1</sup>	52,5 min	0	6,7E+10
	I-135 <sup>1</sup>	6,57 tim	0	7,0E+09

1) Ej inkluderad i källterm från SKB [1].

2) Sönderfallsprodukt ej angiven av NRC [2]

### 3.2. Mottagningsbassängen

SSM har tagit fram en representativ källterm för den dimensionerande händelsen med utsläpp av fissionsprodukter från mottagningsbassängen vid Clab baserat på underlag från SKB [1]. I Tabell 2 nedan redovisas de nuklider och aktiviteter som ingår i den representativa källtermen för mottagningsbassängen. Utsläppet antas ske via en utsläppspunkt som motsvarar mottagningsbyggnadens höjd, 20 m. Inget värmeinnehåll har antagits, dvs. SSM räknar inte med att värmeenergin i utsläppet leder till plymlyft. SKB anger att utsläppet förväntas pågå under flera dagar. SSM har

därför ansatt utsläppstiden två dygn eftersom kortare utsläppstid förväntas ge större omgivningspåverkan.

Fördelning av de olika kemiska formerna av jod redovisas av SKB vara 92,5 procent oorganisk jod i form av CsI och I<sub>2</sub> samt 7,5 procent organisk jod i form av CH<sub>3</sub>I [5]. Av den oorganiska joden antas 95 procent vara CsI, vilket ger aktiviteten redovisad i Tabell 2.

**Tabell 2.** Nuklider och aktiviteter i representativ källterm för utsläpp från mottagningsbassängen på Clab.

Nuklid	Halveringstid	Aktivitet (Bq)	Kemisk form
Kr-85	10,8 år	3,3E+15	-
I-129	16,1 miljoner år	2,1E+08	CsI (partikulär jod)
		1,1E+07	I <sub>2</sub> (elementär jod)
		1,8E+07	CH <sub>3</sub> I (organisk jod)
Cs-134	2,07 år	3,4E+13	-
Cs-137	30,0 år	1,6E+14	-

### 3.2.1. Känslighetsanalys

Eftersom den dimensionerande händelsen i mottagningsbassängen uppstår på grund av en kraftig jordbävning är det inte säkert att ett eventuellt utsläpp går via ventilationsanläggningen och skorstenen. Utsläppet antas ske via en utsläppspunkt som motsvarar mottagningsbyggnadens höjd, 20 m, istället för skorstenshöjden 36 m då ventilationsanläggningen gått sönder i jordbävningen. Eftersom utsläppshöjden har stor betydelse för luftkoncentrationen av radioaktiva ämnen i närområdet, och därmed för såväl inandningsdoser som markbeläggningar har SSM även genomfört beräkningar där utsläppshöjden satts till 10 respektive 36 m.

I praktiken kan det heller inte uteslutas att utsläppet sker genom en öppen dörr eller liknande, vilket skulle motivera beräkningar för en ännu lägre utsläppspunkt. Utsläpp på så låga höjder medför dock att de modeller som använts för spridningsberäkningarna inte längre är giltiga (exempelvis blir effekter av byggnader betydande). Beräkningar för lägre utsläppshöjder än 10 m har därför inte genomförts. Nuklidinnehållet och utsläppstiden i känslighetsanalyserna är desamma som för den representativa källtermen, enligt Tabell 2.

### 3.3. Transportbehållaren

SSM har tagit fram en representativ källterm för den dimensionerande händelsen med utsläpp av aktiverings- och fissionsprodukter från transportbehållaren baserat på underlag från SKB [1]. Bränslet i transportbehållaren antas ha plockats ut ur kärnkraftsreaktorn för nio månader sedan när händelsen inträffar och ha utbränningsgraden 60 MWd/kg U.

En jordbävning antas även här vara den underliggande orsaken till händelsen, varför utsläppet antas ske via en utsläppspunkt som motsvarar mottagningsbyggnadens höjd, 20 m. Utsläppet pågår i 40 timmar. Inget värmeinnehåll har antagits, dvs. SSM räknar inte med att värmeenergin i utsläppet leder till plymlyft. I Tabell 3 redovisas nuklider och aktiviteter för den representativa källtermen för transportbehållaren vid Clab. Den relativa förekomsten av de olika kemiska formerna på jod i utsläppet har antagits vara desamma som för händelsen med mottagningsbassängen, redovisade i avsnitt 3.2 ovan.

#### 3.3.1. Känslighetsanalys

SKB har angivit att utsläppet från transportbehållaren förväntas pågå under 40 timmar. I en känslighetsanalys har SSM ansatt en kortare utsläppstid om 20 timmar för att studera påverkan på omgivningen. Ett kortare utsläppsförlopp förväntas leda till högre doser eftersom den utsläppta aktiviteten fördelas över ett mindre område på grund av mindre vindkantring.

Liksom för händelsen med mottagningsbassängen har SSM även för transportbehållaren analyserat hur olika utsläppshöjder påverkar doserna i omgivningen. Även i dessa känslighetsanalyser har utsläppshöjden antagits vara 10 m respektive 36 m. Nuklidinnehåll och utsläppspunkt i känslighetsanalyserna är desamma som för den representativa källtermen.

**Tabell 3.** Nuklider och aktiviteter i representativ källterm för utsläpp till atmosfären från transportbehållaren på Clab.

<b>Utsläppsgrupp</b>	<b>Nuklid</b>	<b>Halveringstid</b>	<b>Aktivitet (Bq)</b>
Ädelgaser	Kr-85	10,8 år	2,1E+08
Halogener	I-129	16,1 miljoner år	1,8E+03
Alkalimetaller	Cs-134	2,07 år	4,8E+09
	Cs-137	30,0 år	6,2E+09
Tellurgruppen	Sb-125	2,76 år	2,5E+07
Ädelmetaller	Co-58	70,9 d	3,0E+12
	Co-60	5,27 år	1,2E+14
Ceriumgruppen	Pu-238	87,7 år	9,4E+08
	Pu-239	24 100 år	1,3E+08
	Pu-240	6 560 år	2,2E+08
	Pu-241	14,3 år	1,8E+10
Lantanider	Am-241	433 år	1,0E+07
	Am-243	7 360 år	1,3E+08
	Cm-244	18,0 år	7,3E+08
Övriga	H-3	12,3 år	2,5E+06
	Mn-54	312 d	7,9E+12
	Fe-55	2,74 år	1,2E+14
	Ni-59	76 000 år	3,9E+10
	Ni-63	101 år	5,8E+12
	Sr-90	28,8 år	4,2E+07
	Ag-108m	418 år	5,5E+07
	Ag-110m	250 d	2,2E+08



## 4. Spridnings- och dosberäkningar

SSM har genomfört spridnings- och dosberäkningar baserade på historiska väderdata för att beräkna avståndsfördelningar över största avstånd där fastställda doskriterier och åtgärdsnivåer överskrids. För de representativa källtermerna från Clab har väderdata från perioden 2006-2015 använts i spridningsberäkningarna. Totalt omfattar dataunderlaget cirka 2350 spridnings- och dosberäkningar per representativ källterm. I känslighetsanalyserna har väderdata för perioden 2012-2015 använts, vilket omfattar cirka 1100 spridnings- och dosberäkningar per representativ källterm. Detta ger ett tillräckligt statistiskt underlag för att omhänderta variationer i väderförhållanden kring Clab.

I detta kapitel redovisas resultat som visar på vilka avstånd doskriterier för utrymning och inomhusvistelse överskrids. Åtgärdsnivåer används för att beräkna avstånd där utrymning på grund av markbeläggning överskrids. För ytterligare information om doskriterier, åtgärdsnivåer samt spridnings- och dosberäkningar hänvisas till huvudrapporten.

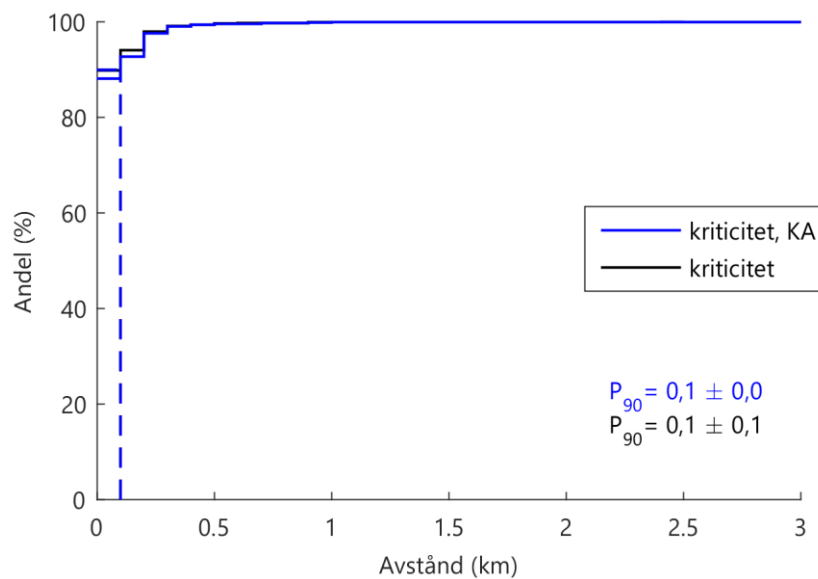
### 4.1. Kriticitet

#### 4.1.1. Utrymning och inomhusvistelse

Inget doskriterium överskrids utanför anläggningsområdet för den dimensionerande händelsen med kriticitet, varken för vuxna eller barn. Doskriteriet för utrymning överskrids inte om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas. Det största avståndet där doskriteriet för inomhusvistelse på 10 mSv effektiv dos överskrids är kortare än 100 m om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas (Figur 1, svart kurva). Avstånden är desamma för barn och vuxna.

Resultatet från känslighetsanalysen, där ytterligare nuklider inkluderats i källtermen ger samma avstånd som för den representativa källtermen i Figur 1 (blå kurva), både för barn och vuxna. Stråldoserna från jod och ytterligare ädelgaser i känslighetsanalysen för den dimensionerande kriticitetshändelsen på Clab är försumbara.

SSM bedömer att direktstrålning från kriticitetspulsen inte påverkar allmänheten utanför anläggningen eftersom händelsen endast kan inträffa om det finns vatten i mottagningsbassängen och vattnet i sig utgör en effektiv strålskärm.



**Figur 1.** Fördelning över största avstånd där doskriteriet för inomhusvistelse, 10 mSv effektiv dos, överskrids för dimensionerande händelse med kriticitet på Clab (svart kurva). I Figuren redovisas även fördelningen från känslighetsanalysen som inkluderar fler nuklider (blå kurva).

#### 4.1.2. Utrymning på grund av markbeläggning

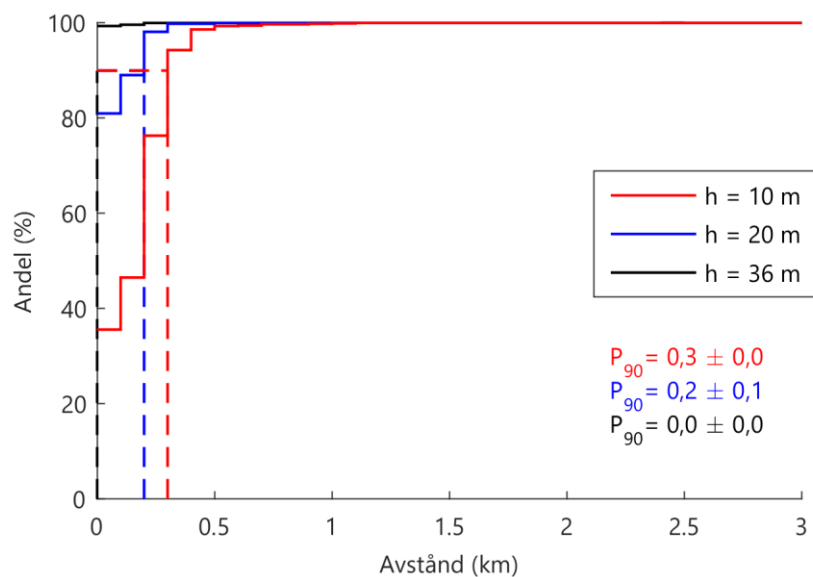
Spridningsberäkningarna visar att ingen markbeläggning som kan motivera utrymning utanför anläggningen uppstår till följd av den analyserade kriticitetshändelsen. Beräkningarna visar dock att en markbeläggning av Sr-89 som kan leda till viss problematik kopplad till livsmedelsproduktion kan uppstå efter kriticitetshändelsen, vilket redovisas i Kapitel 7.

## 4.2. Mottagningsbassängen

### 4.2.1. Utrymning och inomhusvistelse

Resultatet från spridnings- och dosberäkningarna visar att doskriteriet för utrymning på 20 mSv effektiv dos inte överskrids för den dimensionerande händelsen med utsläpp från mottagningsbassängen.

Resultaten för den dimensionerande händelsen i mottagningsbassängen och känslighetsanalysen för doskriteriet för inomhusvistelse på 10 mSv effektiv dos illustreras i Figur 2. Det största avståndet där doskriteriet överskrids blir kortare än 200 m om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas (Figur 2, blå kurva). För barn överskrids inte doskriteriet eftersom inandningshastigheten hos barn är lägre.



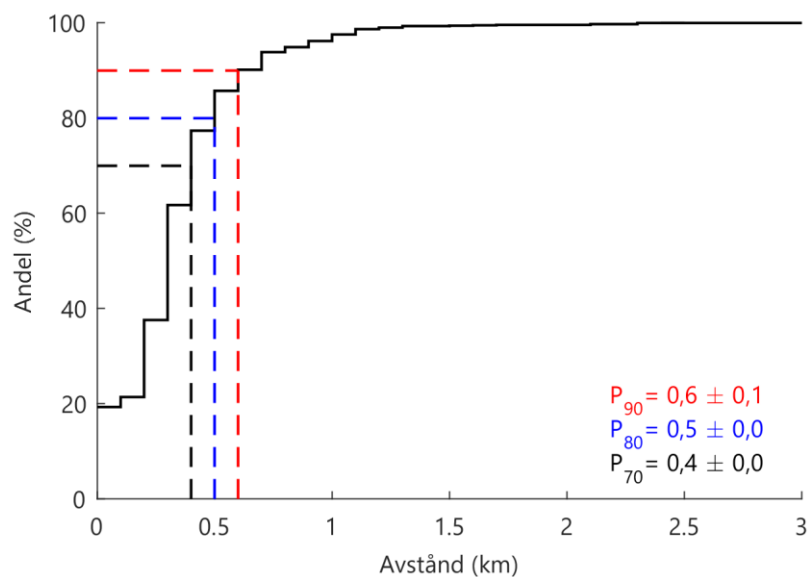
**Figur 2.** Fördelning över största avstånd där doskriteriet för inomhusvistelse, 10 mSv effektiv dos, överskrids för dimensionerande händelse från mottagningsbassängen på Clab. Figuren inkluderar även känslighetsanalys för inverkan av utsläppshöjd (h). Den 90:e percentilen för avståndet har markerats i diagrammet för respektive höjd.

Känslighetsanalysen för inverkan av utsläppshöjd visar att vid lägre utsläppshöjd (10 m) kan doskriteriet för inomhusvistelse överskridas på något större avstånd. Det största avståndet där 10 mSv effektiv dos överskrids blir då kortare än 300 m om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas (Figur 2, röd kurva). För den högre utsläppshöjden (36 m) överskrids inte doskriteriet för inomhusvistelse (Figur 2, svart kurva). Sammantaget visar spridnings- och dosberäkningarna att inomhusvistelse inte är motiverad utanför anläggningsområdet för den dimensionerande händelsen om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas.

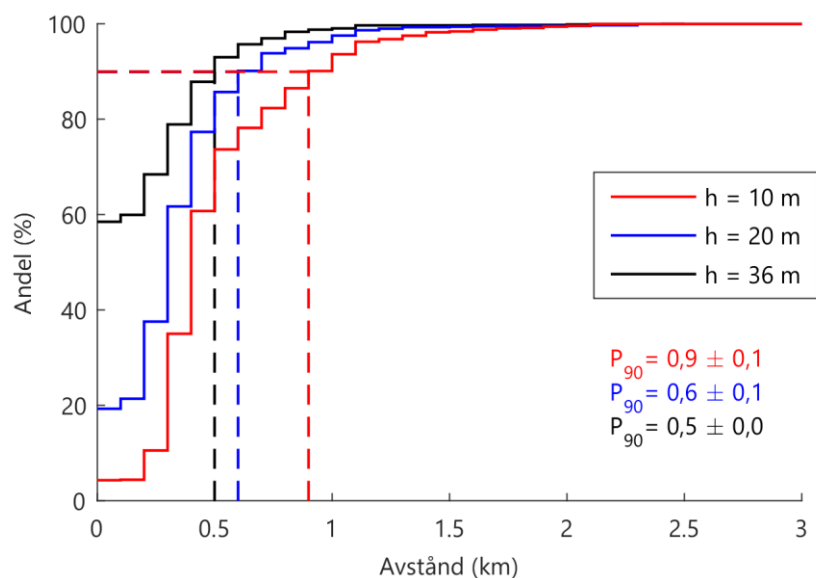
#### 4.2.2. Utrymning på grund av markbeläggning

En betydande markbeläggning som kan motivera skyddsåtgärder utanför anläggningen kan uppstå för den dimensionerande händelsen med utsläpp från mottagningsbassängen. Fördelningen för största avstånd där åtgärdsnivån för utrymning på grund av hög markbeläggning, 3 000 kBq/m<sup>2</sup> för summan av Cs-134 och Cs-137, överskrids för utsläpp från mottagningsbassängen presenteras i Figur 3. Spridnings- och dosberäkningarna visar att det största avståndet där 3 000 kBq/m<sup>2</sup> överskrids blir kortare än 600 m om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas.

Även här har SSM i en känslighetsanalys studerat påverkan på avstånden då utsläppshöjden är lägre (10 m) eller högre (36 m) än höjden på mottagningsbyggnaden, vilket illustreras i Figur 4. Det största avståndet där 3 000 kBq/m<sup>2</sup> cesium överskrids blir kortare än 900 respektive 500 m om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas och utsläppshöjden är 10 respektive 36 m.



**Figur 3.** Fördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 3 000 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids för dimensionerande händelse från mottagningsbassängen på Clab.



**Figur 4.** Känslighetsanalys för inverkan av utsläppshöjd (h) på största avstånd där åtgärdsnivån 3 000 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids vid utsläpp från mottagningsbassängen på Clab.

### 4.3. Transportbehållaren

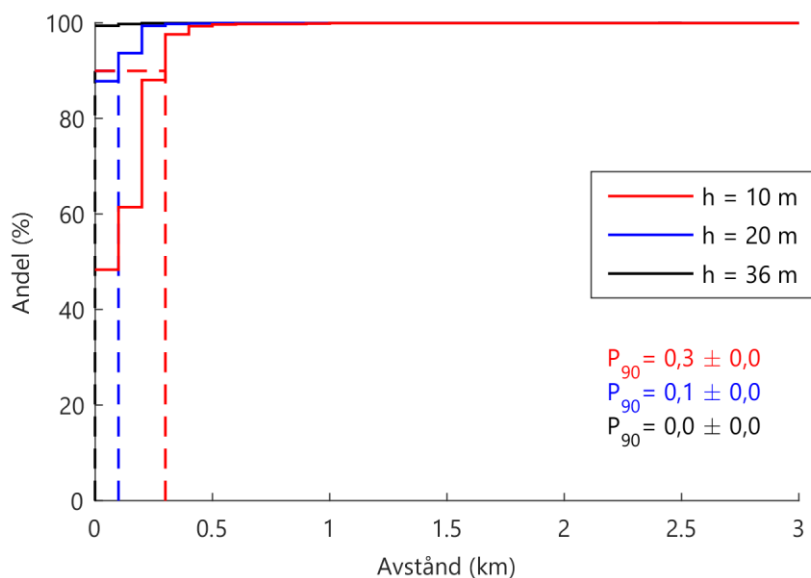
#### 4.3.1. Utrymning och inomhusvistelse

Resultatet från spridnings- och dosberäkningarna visar att doskriteriet för utrymning på 20 mSv effektiv dos inte överskrids utanför anläggningsområdet för den dimensionerande händelsen med utsläpp från transport-

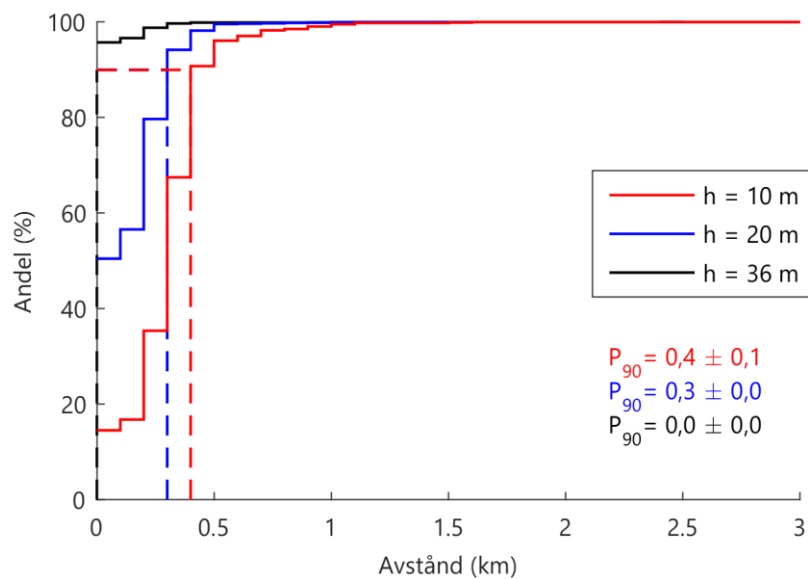
behållaren. Om 90 procent av förekommande väderfall beaktas blir avståndet kortare än 100 m (Figur 5, blå kurva).

Spridnings- och dosberäkningarna visar även att doskriteriet för inomhusvistelse på 10 mSv effektiv dos kan överskridas på ett avstånd som motsvarar det tillträdesbegränsade området. Om 90 procent av förekommande väderfall beaktas blir avståndet kortare än 300 m (Figur 6, blå kurva).

Även för denna händelse har SSM i en känslighetsanalys studerat påverkan på avstånden då utsläppshöjden är lägre (10 m) eller högre (36 m) än höjden på mottagningsbyggnaden. Spridnings- och dosberäkningarna visar att det största avståndet där utrymning kan vara motiverad är kortare än 300 m om 90 procent av förekommande väderfall beaktas och utsläppshöjden är 10 m, vilket illustreras i Figur 5 (röd kurva). Det största avståndet där inomhusvistelse kan vara motiverad är kortare än 400 m för utsläppshöjden 10 m och då 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas, vilket illustreras i Figur 6 (röd kurva). Om utsläppet istället sker via skorstenen (36 m) överskrids inte doskriterierna för utrymning eller inomhusvistelse även om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas (Figur 5 och 6, svarta kurvor).

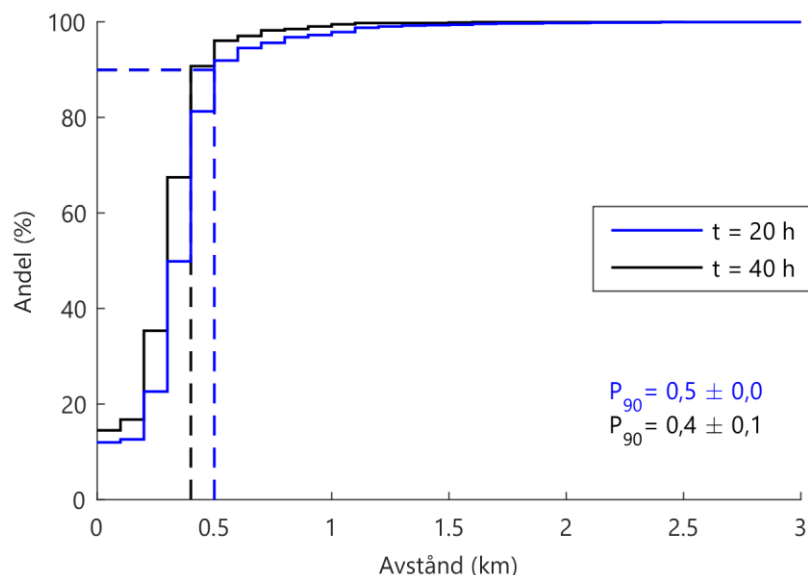


**Figur 5.** Fördelning över största avstånd där doskriteriet för utrymning, 20 mSv effektiv dos, överskrids för dimensionerande händelse med transportbehållaren på Clab (blå kurva). Figuren inkluderar även känslighetsanalys för inverkan av utsläppshöjd (h) där utsläppshöjden satts till 36 m (svart) och 10 m (röd). Motsvarande avståndsfördelningar för barn ger identiska avstånd.



**Figur 6.** Fördelning över största avstånd där doskriteriet för inomhusvistelse, 10 mSv effektiv dos, överskrids för dimensionerande händelse med transportbehållaren på Clab (blå kurva). Figuren inkluderar även känslighetsanalys för inverkan av utsläppshöjd (h) där utsläppshöjden satts till 36 m (svart) och 10 m (röd). Motsvarande avståndsfördelningar för barn ger identiska avstånd.

Resultat från känslighetsanalysen med snabbare förlopp visar att kortare utsläppstid påverkar de största avstånden där doskriteriet för inomhusvistelse överskrids marginellt. För utsläppshöjden 10 m blir det största avståndet där doskriteriet överskrids kortare än 500 m om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas och utsläppstiden halveras, vilket illustreras i Figur 7 (blå kurva).

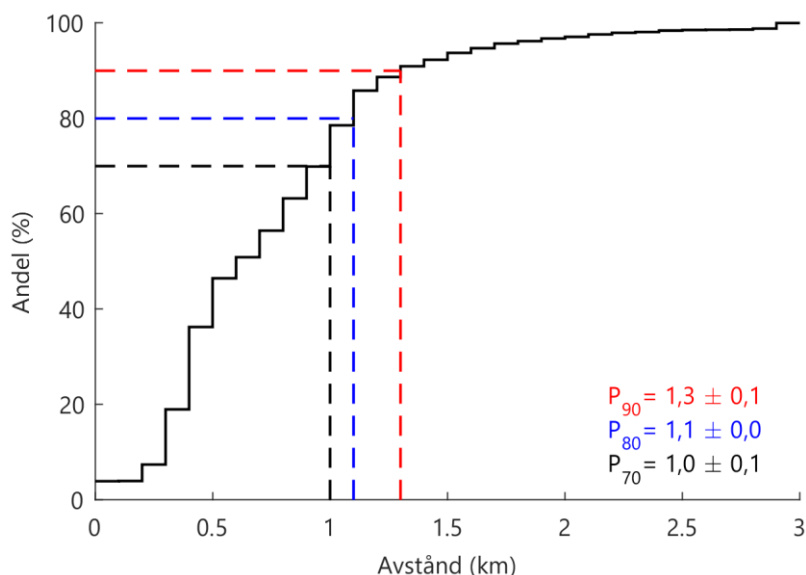


**Figur 7.** Känslighetsanalys för inverkan av utsläppstid (t) på fördelning över största avstånd där doskriteriet för inomhusvistelse överskrids för händelsen med transportbehållaren om utsläppshöjden är 10 m. En halvering av utsläppstiden från 40 timmar (svart) till 20 timmar (blå) leder till något större avstånd.

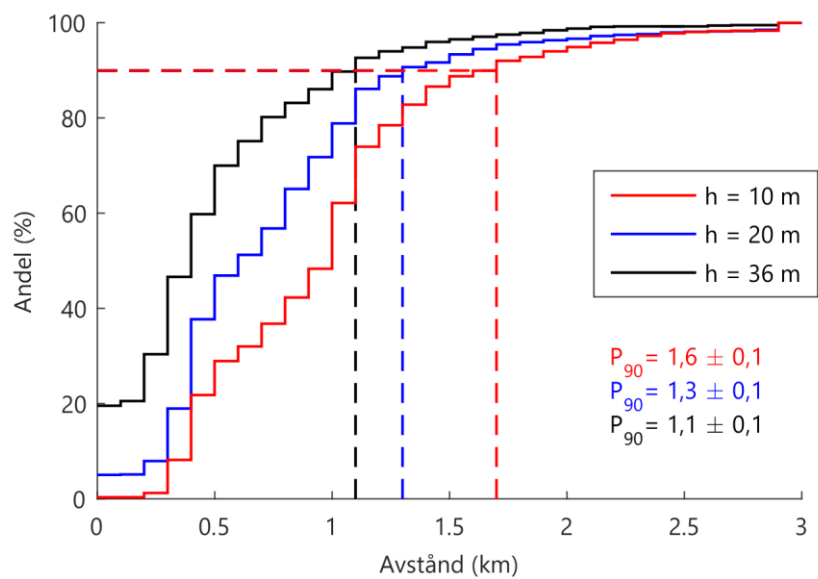
#### 4.3.2. Utrymning på grund av markbeläggning

En betydande markbeläggning som kan motivera skyddsåtgärder utanför anläggningen kan uppstå för den dimensionerande händelsen med transportbehållaren vid Clab. Fördelningen över största avstånd där åtgärdsnivån för utrymning, 1 000 kBq/m<sup>2</sup> Co-60, överskrids för utsläpp från transportbehållaren presenteras i Figur 8. Om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas blir avståndet där åtgärdsnivån överskrids kortare än 1,3 km.

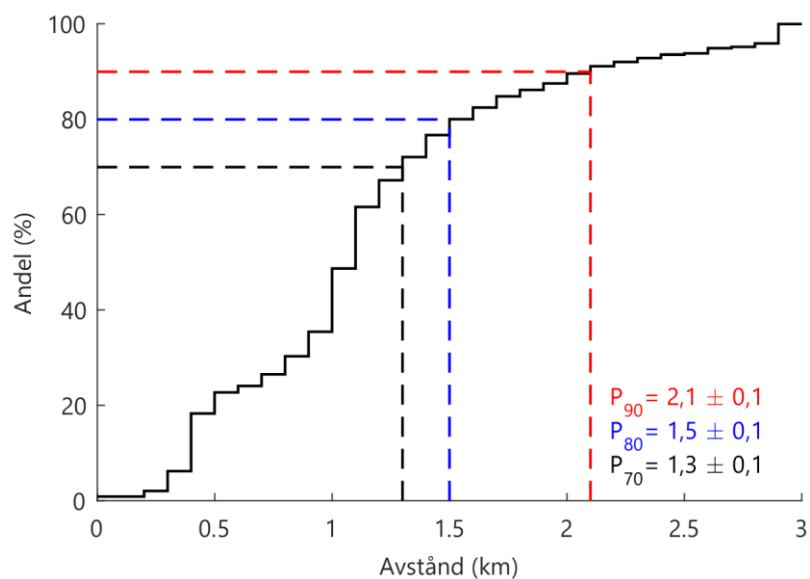
Figur 9 visar resultaten från känslighetsanalysen för inverkan av utsläppshöjd. Det största avståndet där utrymning på grund av markbeläggning kan vara motiverat är kortare än 1,6 km då 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas och utsläppet sker på 10 m höjd. Analogt ger en högre utsläppshöjd (36 m) kortare största avstånd (1,1 km) givet samma förutsättningar i övrigt. Fördelningen över största avstånd där utrymning på grund av markbeläggning kan vara motiverat under antagande om både halverad utsläppstid (20 h) och låg utsläppshöjd (10 m) presenteras i Figur 10. Om 90 procent av förekommande väderfall beaktas blir då avståndet kortare än 2,1 km.



**Figur 8.** Fördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 1 000 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Co-60 överskrids vid utsläpp från den dimensionerande händelsen med transportbehållaren på Clab.



**Figur 9.** Känslighetsanalys för inverkan av utsläppshöjd (h) på fördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 1 000 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Co-60 vid utsläpp från transportbehållaren på Clab överskrids.



**Figur 10.** Känslighetsanalys för sammanlagd inverkan av låg utsläppshöjd (10 m) och kort utsläppstid (20 h) på fördelningen över största avstånd där åtgärdsnivån 1 000 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Co-60 överskrids vid utsläpp från transportbehållaren på Clab.



## 5. Beredskapszon och planeringsavstånd

Spridnings- och dosberäkningarna visar att det för de dimensionerande händelserna och representativa källtermerna inte finns något behov av att vidta brådskande skyddsåtgärder utanför anläggningsområdet på Clab även om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas. Däremot finns ett behov av planering för strålningsmätningar, främst i syfte att ge beslutsunderlag om utrymning baserat på markbeläggning. För att dimensionera dessa beredskapsåtgärder föreslår SSM införandet av ett planeringsavstånd kring Clab.

SSM:s förslag:

1. Nuvarande beredskapszon avvecklas.
2. Ett planeringsavstånd på 2 km inrättas runt Clab.
3. Förmågan till strålningsmätningar inom planeringsavståndet bör dimensioneras i syfte att kunna ge beslutsunderlag om utrymning på grund av markbeläggning inom en vecka från det att utsläppet upphört.
4. Larmnivån områdeslarm bör ses över.
5. Myndigheter bör larmas vid en störning eller händelse med påverkan på säkerheten.
6. Allmänheten i närområdet bör informeras vid en störning eller händelse med påverkan på säkerheten.

### 5.1. Underlag till beredskapszon och planeringsavstånd

#### 5.1.1. Nuvarande beredskapszon

Nuvarande beredskapszon runt Clab är cirkulär med radien 2 km [6]. Inom zonen finns det ett 30-tal permanentboende samt ett antal fritidshus. Det är cirka 700 m från Clab till närmsta bostadshus. Kärnkraftverket i Oskarshamn ligger i direkt anslutning till Clab. På grund av det geografiska läget krävs det därför samordning mellan de båda kärntekniska anläggningarna vid områdeslarm på Clab.

Områdeslarm går ut genom att skiftledare vid Clab efter samråd med vakthavande ingenjör på kärnkraftverket i Oskarshamn beordrar Clabs bevakningscentral att larm ska utlösas. Samverkan sker även med SOS Alarm, Sändningsledningen på Sveriges Radio och länsstyrelsen i Kalmar. Utomhuslarm ges via sju tyfoner för att täcka hela beredskapszonen 2 km från Clab, medan inomhuslarm (via RDS-mottagare) går ut i hela den nuvarande inre beredskapszonen kring kärnkraftverket i Oskarshamn, dvs. 12-15 km från Clab [7].

Vid områdeslarm ansvarar Länsstyrelsen för skyddsåtgärder för allmänheten. Viktigt meddelande till allmänheten finns förberett som vid områdeslarm rekommenderar inomhusvistelse för den som vistas i närheten av Clab. Vidare stängs all sjöfart inom 3,6 km från anläggningen. Initiala strålningsmätningar planeras längs utsedda slingor runt Clab, definierade enligt länsstyrelsens planering för kärnkraftverket i Oskarshamn [6], [8].

### 5.1.2. Utrymning

Doskriteriet för utrymning, 20 mSv effektiv dos, kan vid ofördelaktiga förhållanden överskridas ut till som mest cirka 100-300 m från utsläppspunkten. Dessa avstånd omfattas till största del av anläggningsområdet. SSM anser därför att det inte är motiverat att planera för utrymning utan underlag från strålningsmätningar.

### 5.1.3. Inomhusvistelse

Resultaten från spridnings- och dosberäkningarna visar att det inte heller är motiverat att rekommendera inomhusvistelse i området runt Clab. Enligt beräkningarna är avståndet där doskriteriet 10 mSv effektiv dos överskrids kortare än ca 300 m om 90 procent av förekommande väderfall beaktas. Avståndet varierar något beroende på valda parametrar, där framförallt utsläppshöjd har stor inverkan. Hur ett faktiskt utsläpp skulle se ut med avseende på utsläppshöjd och rådande väderlek går inte att säga. Inom det avstånd där doskriteriet för inomhusvistelse överskrids bör få personer ur allmänheten vistas som inte besöker kärnkraftverket eller Clab, varför SSM inte anser det vara motiverat att planera för inomhusvistelse.

Att nuvarande beredskapszon är 2 km innebär att, även vid ogynnsamma förhållanden, beräknade doser underskrider doskriteriet för inomhusvistelse för samtliga analyserade väderfall i huvuddelen av zonen. SSM bedömer därför utsträckningen av nuvarande beredskapszon som alltför väl tilltagen. En minskning av beredskapszonen är utifrån resultaten av dosberäkningarna motiverad, vilket också skulle underlätta den praktiska hanteringen av en olycka. Exempelvis bör beredskapszonen utformas så att det inte råder några oklarheter huruvida man är inom zonen eller ej. Det bör vidare vara möjligt att med begränsade resurser snabbt upprätta spärrplatser och informera på plats i syfte att minska icke-nödvändig inpassage in i beredskapszonen då områdeslarm utlysts utan allt för stor påverkan på närliggande verksamhet och allmänhet.

### 5.1.4. Jodtabletter

Inga doskriterier för ekvivalent dos till sköldkörteln överskrids för de dimensionerande händelserna på Clab, varken för barn eller vuxna. Clab ligger i den inre beredskapszonen för kärnkraftverket i Oskarshamn, vilket gör att jodtabletter är förhandsutdelade till allmänheten. SSM anser dock att det inte är motiverat att förhandsutdela jodtabletter enbart utifrån möjliga konsekvenser från händelser på Clab.

### 5.1.5. Utrymning på grund av markbeläggning

Det övergripande målet med beredskapsplaneringen runt Clab bör vara att efter en händelse med utsläpp minska stråldoserna på grund av markbeläggning från långlivade radioaktiva ämnen. För att kunna kartlägga markbeläggningen och ge underlag för råd och rekommendationer, samt för att bedöma behovet av eventuell sanering av förorenad mark, behövs därför en förmåga till strålningsmätningar. Länsstyrelsen ska enligt förordning (2003:789) om skydd mot olyckor ha en plan för strålningsmätningar för händelser med utsläpp av radioaktiva ämnen från Clab som kan föranleda skyddsåtgärder för allmänheten.

Genomförda spridningsberäkningar visar att markbeläggningar där utrymning kan behöva genomföras på grund av hög markbeläggning av långlivade cesium- eller koboltisotoper kan uppstå ut till cirka 1-2 km då även känslighetsanalyserna och 90 procent av förekommande väderfall beaktas.

Planeringsavståndet syftar till att dimensionera den mätförmåga som myndigheterna bör förbereda utanför anläggningsområdet till följd av händelser på Clab. Planeringsavståndet utgör därför inte ett största avstånd där markbeläggningar motsvarande åtgärdsnivåerna för utrymning kan uppstå. Det kan finnas väderfall där högre markbeläggningar uppstår på större avstånd. SSM menar dock att dessa fall inte bör ligga till grund för dimensioneringen av beredskapsplaneringen.

### 5.1.6. Varning och förhandsutdelad information

Larmnivån områdeslarm ska utlysas om en händelse eller störning har inträffat på Clab som hotar säkerheten och utsläpp till omgivningen som föranleder skyddsåtgärder för allmänheten pågår eller inte kan uteslutas. SSM anser att det finns skäl att se över om larmnivån är ändamålsenlig för larmning av myndigheter, varning av allmänheten och som underlag till beslut om skyddsåtgärder för allmänheten.

Utifrån resultatet av spridnings- och dosberäkningarna anser SSM inte att det med automatik är motiverat att varna allmänheten vid områdeslarm, då inomhusvistelse och andra brådskande skyddsåtgärder inte är motiverade. Enligt samma resonemang är det heller inte motiverat att förhandsutdela information till boende kring Clab. Vid en händelse eller störning på Clab bör dock information gå ut till allmänheten, därmed är det viktigt att länsstyrelsen och övriga berörda myndigheter larmas. SSM anser att den grundförmåga som finns för att informera allmänheten är tillräcklig.

## 5.2. Slutsatser gällande beredskapszon

Tillträdesbegränsat område runt Clab är avgränsat med staket och markeringar och sträcker sig cirka 200-350 m ut från centrum på mottagningsbygganden. Allmänheten har ej tillträde till området, som är klassat som skyddsobjekt med stöd av Skyddslagen (2010:305). Resultaten från spridnings- och dosberäkningarna visar att det inte är motiverat att planera för inomhusvistelse utanför tillträdesbegränsat område. SSM anser

därmed att utsträckningen av det tillträdesbegränsade området erbjuder ett tillräckligt gott skydd för allmänheten.

IAEA rekommenderar att anläggningar i beredskapskategori II bör ha en beredskapszon med en uträkning på minst 500 m [9], det vill säga något större än det tillträdesbegränsade området runt Clab. SSM och Länsstyrelsen i Kalmar län menar dock att det i detta fall är av större vikt med en tydlig avgränsning i syfte att underlätta den praktiska hanteringen av en olycka. SSM föreslår därför att nuvarande beredskapszon för skydd av allmänheten kring Clab avvecklas.

### **5.3. Förslag till planeringsavstånd**

Resultaten från spridnings- och dosberäkningarna visar att en plan för strålningsmätningar bör finnas för att efter en händelse på Clab kunna kartlägga en eventuell markbeläggning. I första hand gäller det Länsstyrelsen i Kalmar läns planering och förmåga till strålningsmätningar i syfte att genomföra utrymning på grund av markbeläggning av långlivade gammastrålade nuklider (cesium eller kobolt). Utrymning på grund av markbeläggning kan vara motiverad ut till cirka 1-2 km enligt spridningsberäkningarna, om 90 procent av förekommande väderfall beaktas. SSM föreslår därför att ett planeringsavstånd på 2 km inrättas i syfte att dimensionera förmågan till strålningsmätningar.

## 6. Dos efter skyddsåtgärder

SSM använder referensnivån 20 mSv effektiv dos som utgångspunkt för förslaget till planeringsavstånd runt Clab. Referensnivåerna avser återstående dos, vilket är den dos som erhålls efter att skyddsåtgärder vidtagits. Vilka skyddsåtgärder som kan vidtas i en radiologisk nödsituation beror på omständigheterna under händelsen. Beredskapsplaneringen ska dock möjliggöra att valda referensnivåer kan underskridas.

Referensnivåer kan inte användas direkt i spridnings- och dosberäkningar. SSM har därför valt doskriterier för olika skyddsåtgärder som gäller för en oskyddad person under sju dygn och istället använt dessa i spridnings- och dosberäkningarna. Ett exempel på detta är doskriteriet 10 mSv effektiv dos till en oskyddad person under sju dygn för skyddsåtgärden inomhusvistelse. Fördelningen över största avstånd framtagna utifrån detta doskriterium ligger till grund för SSM:s resonemang om på vilka avstånd inomhusvistelse bör förberedas.

För att kontrollera att den beredskapsplanering som SSM föreslår möjliggör att valda referensnivåer kan underskridas har SSM genomfört beräkningar av återstående dos givet att olika skyddsåtgärder vidtas. Eftersom SSM inte föreslår någon beredskapszon runt Clab kommer enligt förslaget inga brådskande skyddsåtgärder att vidtas. De avstånd där en viss återstående dos erhålls under den första veckan blir därför som mest enligt de framräknade fördelningarna över största avstånd vilka redovisats i Kapitel 4.

För stråldosen från den kvarvarande markbeläggning som kan förekomma inom det föreslagna planeringsavståndet blir dock resonemanget ett annat. Utrymning kan behöva genomföras efter de inledande dygnet baserat på resultatet från strålningsmätningar för att underskrida referensnivån 20 mSv effektiv dos under det första året. Den återstående dosen blir därmed kopplad till tiden för beslut om, och genomförande av, utrymning. SSM anser det vara rimligt att inom en vecka ha ett tillräckligt bra beslutsunderlag för att genomföra utrymningen. Detta skulle innebära en återstående dos på som mest några mSv effektiv dos till de personer som drabbats av utsläppet. Om exempelvis utrymning är genomförd inom en månad efter händelsen blir den återstående dosen för närmast boende som omfattas av utrymningen mindre än 5 mSv effektiv dos.

# 7. Livsmedelsproduktion

## 7.1. Resultat från spridningsberäkningar

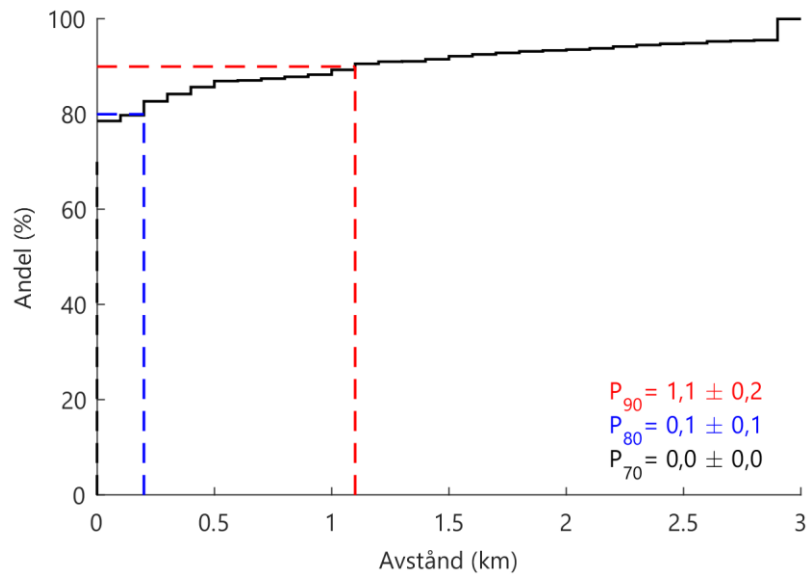
SSM har även analyserat de dimensionerande händelsernas påverkan på livsmedelsproduktion. Beräkningarna visar att för kriticitetshändelsen kan markbeläggning som överskrider åtgärdsnivån  $1 \text{ kBq/m}^2$  av Sr-89 för påverkan på bladgrönsaker överskridas. Det största avståndet där åtgärdsnivån överskrids är kortare än 1,1 km om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas (Figur 11). Sr-89 har dock en halveringstid på cirka 50 dygn, varför denna markbeläggning inte är något långvarigt problem men kan ge viss påverkan på livsmedelsproduktion i närområdet under några månader.

Fördelningen för största avstånd där åtgärdsnivån för åtgärder inom livsmedelsproduktion  $1\ 000$ ,  $100$  respektive  $10 \text{ kBq/m}^2$  summan av Cs-134 och Cs-137 överskrids för utsläpp från mottagningsbassängen presenteras i Figureerna 12-14. Spridnings- och dosberäkningarna visar att åtgärder inom livsmedelsproduktion på grund av markbeläggning av cesium kan vara motiverade. Om 90 procent av förekommande väderfall beaktas blir det största avståndet kortare än 2, 16 respektive 120 km för åtgärdsnivåerna  $1\ 000$ ,  $100$  respektive  $10 \text{ kBq/m}^2$ . För den lägre åtgärdsnivån för livsmedelsproduktion,  $1 \text{ kBq/m}^2$  summan av Cs-134 och Cs-137, omfattas inte 90 procent av väderfallen av avståndet 500 km, vilket är gränsen för SSM:s beräkningsområde för spridningsberäkningarna.

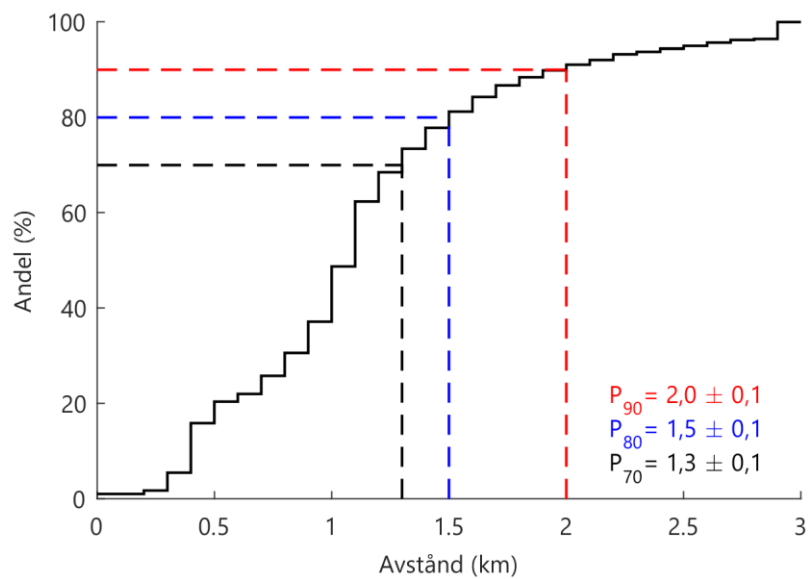
För dricksvatten från ytvattentäkter används istället Cs-137 som markörnuklid. Spridnings- och dosberäkningarna visar att om 90 procent av de förekommande väderfallen beaktas blir det största avståndet där markbeläggningen av Cs-137 överskrider åtgärdsnivåerna för dricksvatten från ytvattentäkter kortare än 1,6 eller 13 km (Figur 15-16), beroende på antagande om utspädning.

Utifrån åtgärdsnivåerna sammanfattas resultaten för produktion av specifika livsmedel i Tabell 4. SSM har i detta uppdrag inte tagit fram specifika åtgärdsnivåer för kobolt från den dimensionerande händelsen med transportbehållaren vid Clab, utan konstaterar att de avstånd som presenteras i Tabell 4 för cesium är större än motsvarande avstånd för kobolt. Händelsen i mottagningsbassängen vid Clab är således dimensionerande för problematik kopplad till livsmedelsproduktion.

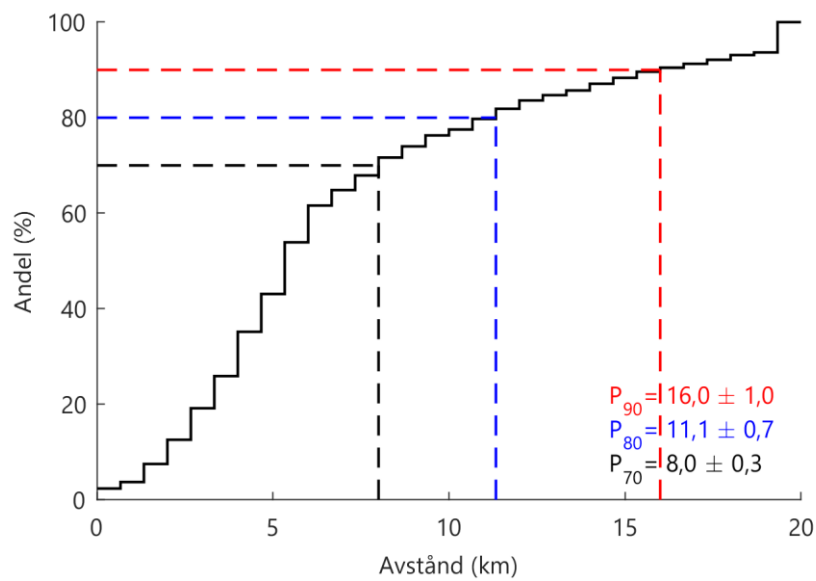
Avstånden där åtgärdsnivån för cesium överskrids varierar kraftigt beroende på typ av livsmedel. Resultaten som presenteras i Tabell 4 visar att livsmedelsproblematik till följd av markbeläggningen kan uppstå på avstånd ifrån någon enstaka kilometer till hundratals kilometer från Clab, beroende på händelse och typ av livsmedel.



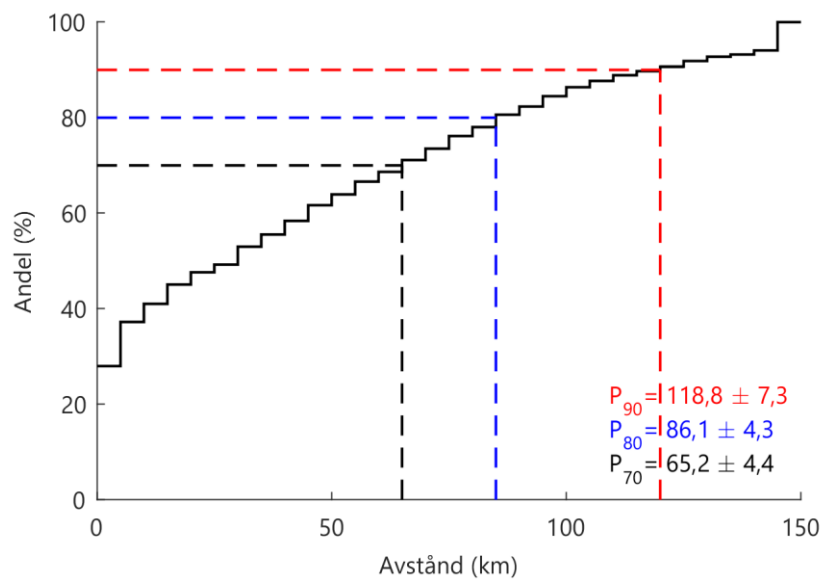
**Figur 11.** Fördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 1 kBq/m<sup>2</sup> av Sr-89 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med kriticitet på Clab.



**Figur 12.** Fördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 1 000 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab.

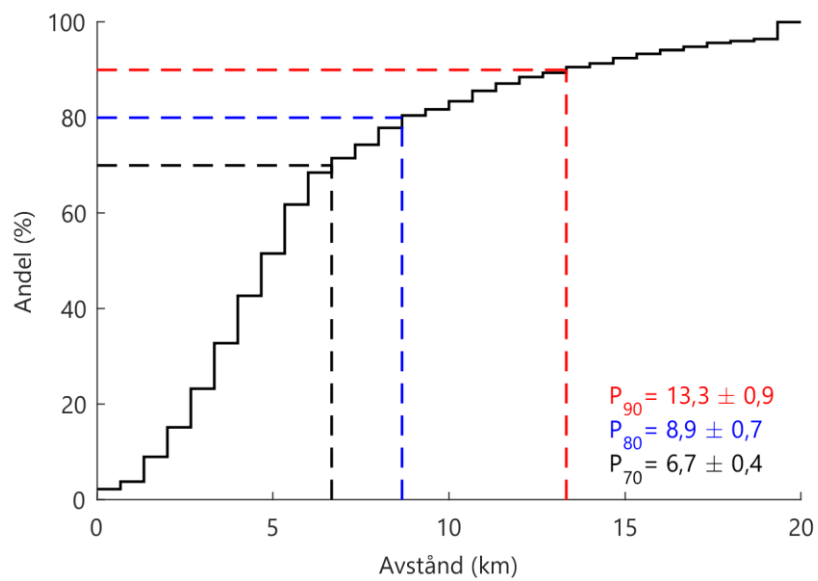


**Figur 13.** Fördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 100 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab.

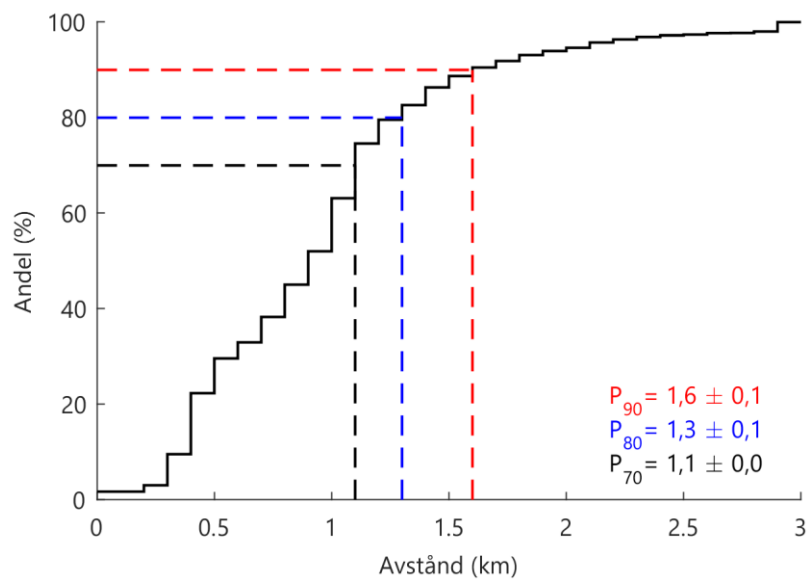


**Figur 14.** Fördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 10 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab.





**Figur 15.** Avståndsfördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 100 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab.



**Figur 16.** Avståndsfördelning över största avstånd där åtgärdsnivån 1 000 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab.

**Tabell 4.** Sammanfattning av ungefärliga avstånd där åtgärdsnivåer för livsmedelsproduktion överskrids för dimensionerande händelse i mottagningsbassängen på Clab om 90 procent av förekommande väderfall beaktas.

<b>Livsmedel</b>	<b>Avstånd (km)</b>
	1 kBq/m <sup>2</sup> Cs-134 + Cs-137
Bladgrönsaker samt nöt-, lamm- och renkött (bete)	>500
	1 kBq/m <sup>2</sup> Sr-89
Bladgrönsaker	~ 1
	10 kBq/m <sup>2</sup> Cs-134 + Cs-137
Mjölk, spannmål, fläskkött och viltkött (älg och rådjur, låg)	~ 120
	100 kBq/m <sup>2</sup> Cs-134 + Cs-137
Viltkött (älg och rådjur, hög)	~ 15
	1 000 kBq/m <sup>2</sup> Cs-134 + Cs-137
Potatis	~ 2
	100 kBq/m <sup>2</sup> Cs-137
Dricksvatten från ytvattentäkter med liten utspädning (0,5 m)	~ 15
	1 000 kBq/m <sup>2</sup> Cs-137
Dricksvatten från ytvattentäkter med stor utspädning (10 m)	~ 2

## 7.2. Analys

För saluförda livsmedel råder ett producentansvar, dvs. det är producentens ansvar att visa att innehållet av radioaktiva ämnen i en produkt inte överstiger rådande gränsvärden. Ansvar för att kontrollera att så sker delas mellan ett antal aktörer (kommuner, Länsstyrelsen, Livsmedelverket och Jordbruksverket) beroende på livsmedel. Svenska gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel finns endast för Cs-137. Därutöver finns en vilande EU-förordning som innehåller gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel och djurfoder, vilka är ämnade att träda i kraft efter en radiologisk nödsituation som kan påverka livsmedelsproduktionen [10].

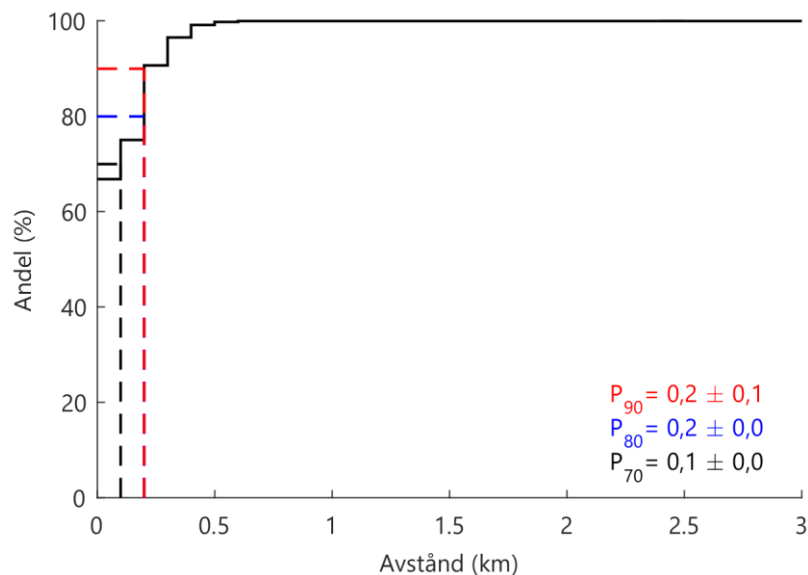
För kobolt finns således inga svenska gränsvärden för aktivitet i livsmedel. Däremot ska Co-60 och Cs-134 likställas med Cs-137 enligt EU-förordningen, då gränsvärdet kommer att gälla för summan av dessa nuklider. SSM anser att det är rimligt att planeringen för åtgärder kopplade till livsmedelsproduktion omfattar alla områden som kan komma att beröras vid ett utsläpp, dvs. att avstånd som omfattar minst 90 procent av förekommande väderfall beaktas. Skälet till SSM:s ställningstagande är att åtgärdsnivåerna är kopplade till överskridande av livsmedelsgränsvärden från EU som är tvingande för Sverige i händelse av en olycka med stora utsläpp av radioaktiva ämnen.

Spridningsberäkningarna för Clab ger stöd åt förslaget att hela Sverige bör ha en planering för mätningar kopplade till livsmedelsproduktion. Alla dimensionerande händelser vid Clab innebär dock inte länsöverskridande påverkan på livsmedelsproduktionen. SSM anser att berörda myndigheter med ansvar för åtgärder kopplade till livsmedelsproduktion bör se över befintliga beredskapsplaner med utgångspunkt i de beräkningar som redovisas i denna rapport. Av särskild vikt är att beslut om åtgärder kopplade till livsmedelsproduktion och skydd av allmänheten från intag av kontaminerade livsmedel kan fattas tillräckligt snabbt.

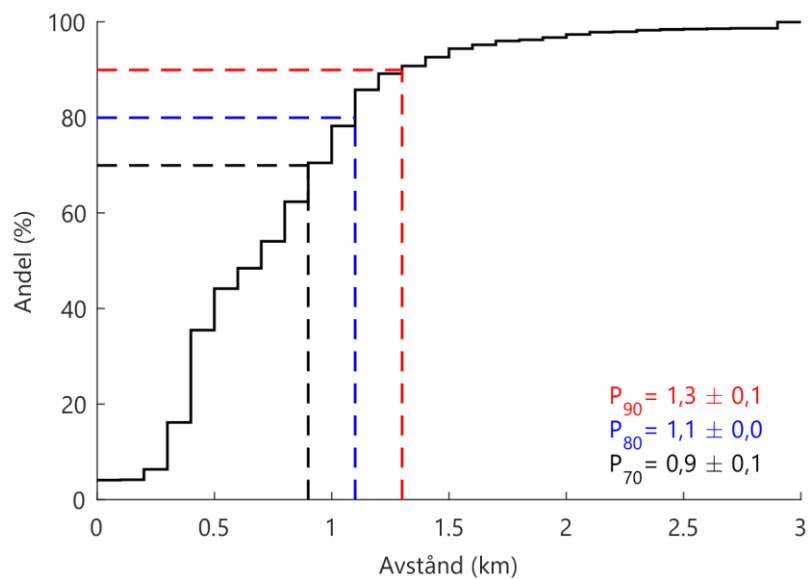
## 8. Sanering

### 8.1. Resultat från spridningsberäkningar

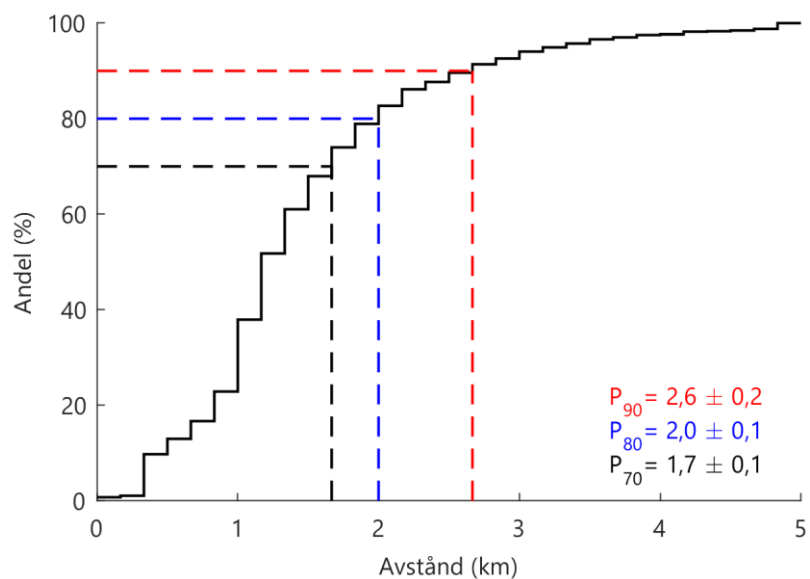
Fördelningen över största avstånd där det kan finnas behov av saneringsåtgärder till följd av dimensionerande händelser med mottagningsbassängen och transportbehållaren på Clab redovisas nedan i Figurerna 17-20 respektive 21-24. Markbeläggningen som beräknas ge upphov till 20 mSv effektiv dos under det första året sammanfaller med åtgärdsnivån för utrymning på grund av markbeläggning, vilket redovisats i Kapitel 4. Fördelningar över största avstånd där 20 mSv effektiv dos överskrids redovisas därför inte nedan. I detta avsnitt redovisas istället nivåer på markbeläggningen vilka beräknas motsvara förväntade stråldoser under det första året efter händelsen i spannet 1-50 mSv effektiv dos. De förväntade stråldoserna leder i sin tur till att olika saneringsåtgärder kan vara motiverade. För ytterligare beskrivning av de olika åtgärdsnivåerna för sanering hänvisas till huvudrapporten.



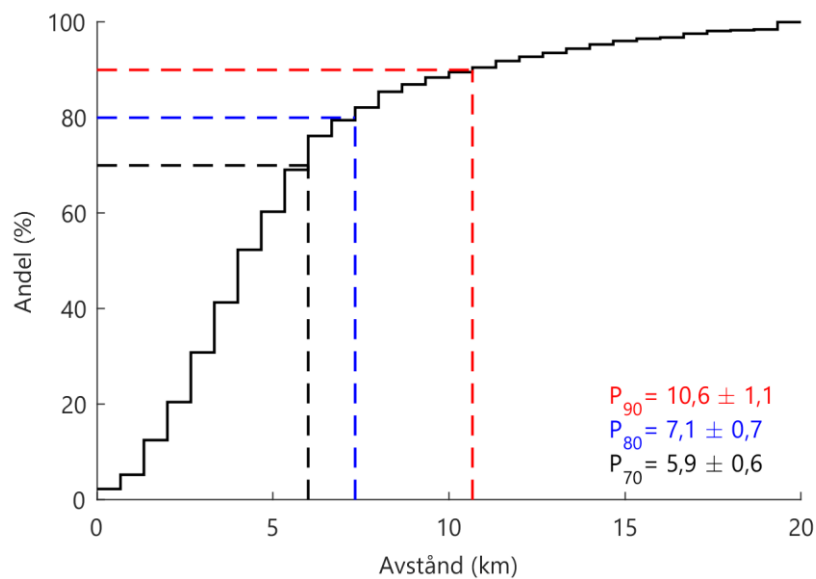
**Figur 17.** Fördelning över största avstånd där 7 500 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 50 mSv under det första året.



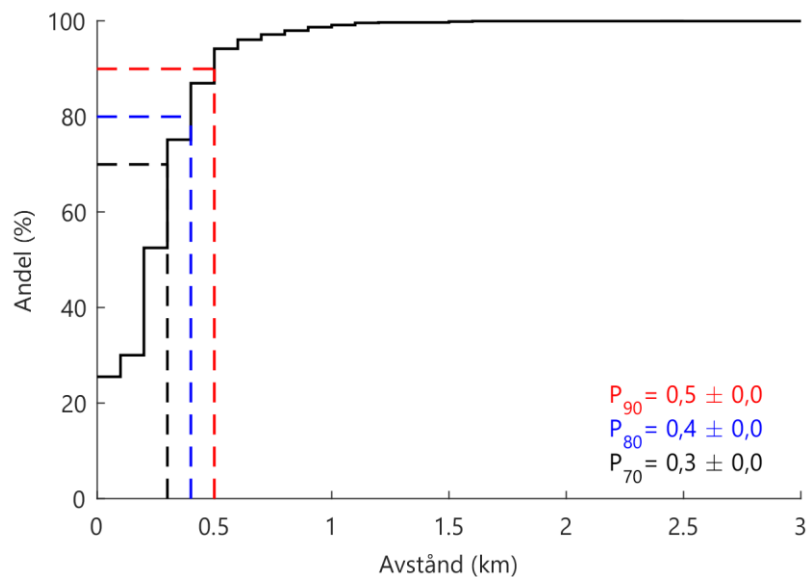
**Figur 18.** Fördelning över största avstånd där 1 500 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 10 mSv under det första året.



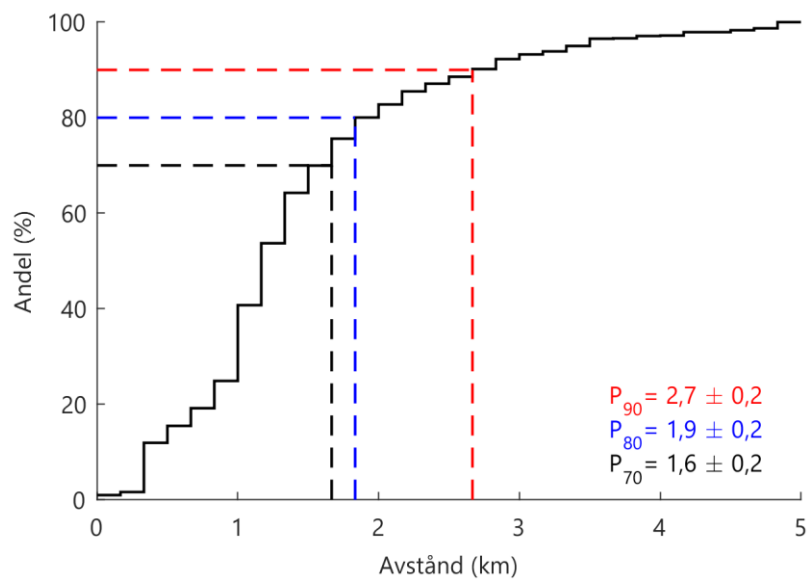
**Figur 19.** Fördelning över största avstånd där 750 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 5 mSv under det första året.



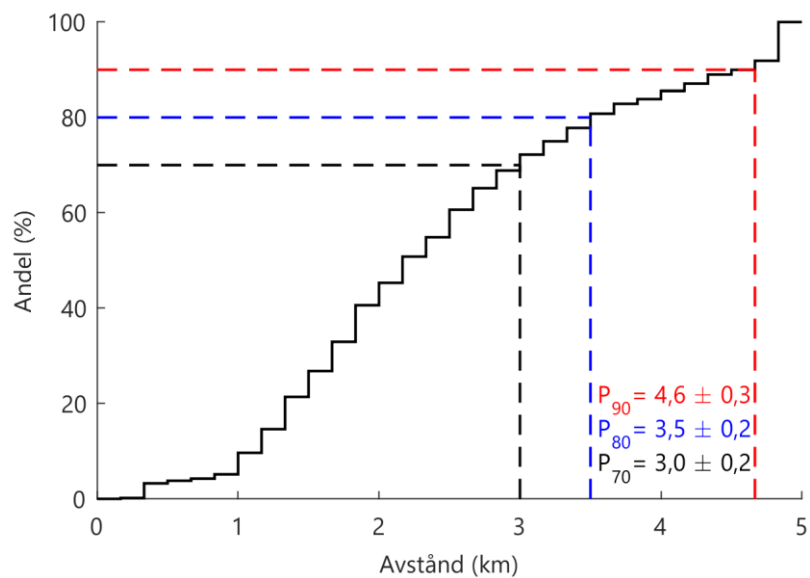
**Figur 20.** Fördelning över största avstånd där 150 kBq/m<sup>2</sup> sammanlagd markbeläggning av Cs-134 och Cs-137 överskrids till följd av den dimensionerande händelsen med mottagningsbassängen på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 1 mSv under det första året.



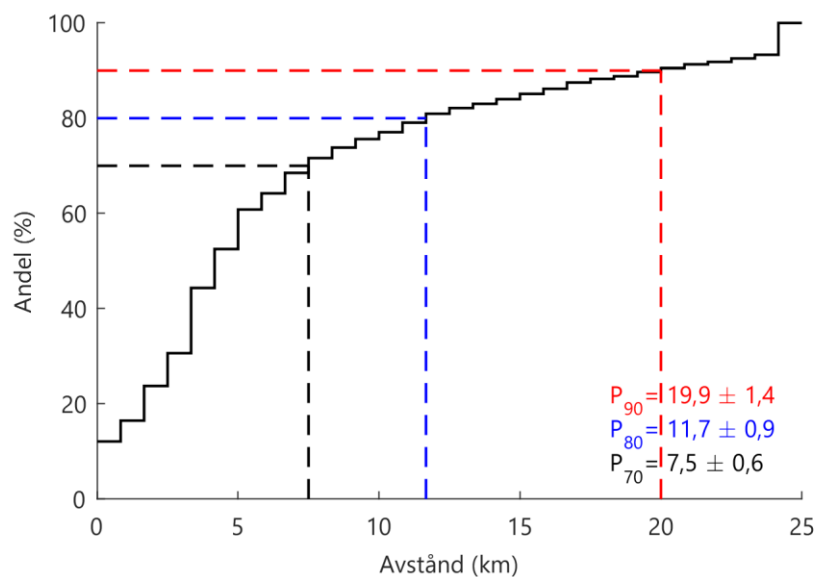
**Figur 21.** Fördelning över största avstånd där 2 500 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Co-60 överskrids till följd av dimensionerande händelse med transportbehållaren på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 50 mSv under det första året.



**Figur 22.** Fördelning över största avstånd där 500 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Co-60 överskrids till följd av dimensionerande händelse med transportbehållaren på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 10 mSv under det första året.



**Figur 23.** Fördelning över största avstånd där 250 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Co-60 överskrids till följd av dimensionerande händelse med transportbehållaren på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 5 mSv under det första året.



**Figur 24.** Fördelning över största avstånd där 50 kBq/m<sup>2</sup> markbeläggning av Co-60 överskrids till följd av dimensionerande händelse med transportbehållaren på Clab. Beläggningen beräknas ge upphov till 1 mSv under det första året.

De representativa källtermerna omfattar utsläpp i samma storleksordning för händelserna med mottagningsbassängen respektive transportbehållaren. Eftersom Co-60 ger en högre stråldos från markbeläggning under det första året per becquerel än Cs-137, och cesiumutsläppet från mottagningsbassängen till största del består av Cs-137, blir avstånden till följd av händelsen med transportbehållaren större. Denna händelse är således dimensionerande med avseende på saneringsåtgärder. Avstånd inom vilka olika saneringsåtgärder kan vara motiverade till följd av händelser på Clab sammanfattas i Tabell 5. Exempelvis är det största avståndet där årsdosen förväntas bli 1 mSv effektiv dos från cesium, vilket kan motivera upprättandet av en saneringsplan, kortare än cirka 11 km om 90 procent av förekommande väderfall beaktas.

## 8.2. Analys

För händelser med utsläpp av farliga ämnen från andra anläggningar än kärntekniska gäller normalt att den som bedriver verksamheten är ansvarig för eventuell sanering. För utsläpp av radioaktiva ämnen från kärntekniska anläggningar har dock länsstyrelserna ett utpekat ansvar enligt förordning om skydd mot olyckor. Resultaten från spridnings- och dosberäkningarna avseende saneringsbehov visar att saneringsåtgärder kan vara motiverade till följd av de dimensionerande händelserna i mottagningsbassängen och transportbehållaren på Clab.

SSM menar att sanering troligen kan bli aktuell först efter att den radiologiska nödsituationen, och därmed räddningstjänst, avslutats. SSM föreslår därför inga särskilda åtgärder inom planeringsavståndet för Clab med anledning av de redovisade resultaten. Däremot anser SSM att alla länsstyrelser bör se över



befintliga saneringsplaner med utgångspunkt i de beräkningar som SSM redovisar i denna rapport.

**Tabell 5.** Sammanfattning av ungefärliga avstånd där åtgärdsnivåer för sanering överskrids för olika händelser om 70, 80 respektive 90 procent av förekommande väderfall beaktas ("-" innebär att åtgärdsnivån inte överskrids utanför anläggningsområdet). Doserna i tabellen avser tillskott i effektiv dos från markbeläggningen under första året.

<b>Percentil</b>	<b>Mottagningsbassängen (km)</b>	<b>Transportbehållaren (km)</b>
En saneringsplan bör tas fram och enklare saneringsinsatser kan vara motiverade (mer än 1 mSv)		
70	~ 6	~ 8
80	~ 7	~ 12
90	~ 11	~ 20
Enklare saneringsinsatser är troligen motiverade (mer än 5 mSv)		
70	~ 1,5	~ 3,0
80	~ 2	~ 3,5
90	~ 2,5	~ 4,5
Avancerade saneringsinsatser kan vara motiverade (mer än 10 mSv)		
70	~ 1	~ 1,5
80	~ 1	~ 2
90	~ 1,5	~ 2,5
Avancerade saneringsinsatser är troligen motiverade (mer än 20 mSv)		
70	~ 0,5	~ 1
80	~ 0,5	~ 1
90	~ 0,5	~ 1,5
Avancerade saneringsinsatser är troligtvis inte tillräckligt för att området ska gå att återvända till på flera år (mer än 50 mSv)		
70	-	~ 0,5
80	-	~ 0,5
90	-	~ 0,5

## Referenser

- [1] Svensk Kärnbränslehantering AB, ”Underlag till SSMs revidering av beredskapszoner kring kärntekniska anläggningar (SKB 1533659),” 2016.
- [2] U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 3.34, 1979.
- [3] U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.183, 2000.
- [4] Agrenius L., Hallberg B., ”Clab - Omgivningspåverkan vid kriticitetsolycka (SKB 1065916),” 2006.
- [5] Information från SKB om jodformer, ”SSM2015-4786-24”.
- [6] Länsstyrelsen Kalmar län, ”Tilläggsprogram Clab, Dnr 452-11132-07,” 2008.
- [7] Svensk Kärnbränslehantering AB, ”Initial hantering av onormal händelse, 1066100,” 2013.
- [8] Länsstyrelsen Kalmar län, ”Beredskapsprogram för räddningstjänst vid kärnteknisk olycka, Dnr 452-6935-16,” 2017.
- [9] IAEA, Safety Guide No. GS-G-2.1, IAEA, 2007.
- [10] 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.





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](mailto:registrator@ssm.se)  
Web: [stralsakerhetsmyndigheten.se](http://stralsakerhetsmyndigheten.se)