



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

Vägledning

# Sanering inom primärproduktionen



## **Sanering inom primärproduktionen**

© MSB – Myndigheten för samhällskydd och beredskap  
Enhet: Enheten för industriella risker

Foto omslag: Anders Landgren  
Produktion: Advant

Publikationsnummer: MSB2548 – reviderad februari 2025  
ISBN-nummer: 978-91-7927-377-4  
Tidigare utgiven: MSB2005 – juli 2022

# Innehåll

<b>Sanering inom primärproduktionen</b> .....	<b>5</b>
<b>Sammanfattning av rekommenderade saneringsmetoder inom primärproduktionen</b> .....	<b>10</b>
Möjliga åtgärder att rekommendera inom växtodlingen.....	10
Möjliga åtgärder att rekommendera för livsmedelsproducerande djur.....	12
<b>Sårbarhetsreducerande åtgärder vid en olycka, innan ett utsläpp har skett</b> .....	<b>14</b>
Särskilda råd per djurslag.....	16
<b>Åtgärder under eller strax efter ett utsläpp</b> .....	<b>18</b>
<b>Åtgärder på längre sikt, efterföljande år</b> .....	<b>22</b>
Kaliumgödsling.....	24
Plöjning.....	24
Kalkning.....	24
Val av gröda/sort med lägre upptag av radionuklider.....	25
Bortförsel av den kontaminerade yttjorden.....	25
Ändrad driftsinriktning och markanvändning.....	26
<b>Fördjupad information</b> .....	<b>28</b>
Årstider.....	28
Gränsvärden för livsmedel och foder.....	29
Mer ingående information om olika saneringsåtgärder.....	29
Åtgärder inom växtodlingen.....	31
Åtgärder för livsmedelsproducerande djur.....	35
Fördjupningsavsnitt om markspredning och rotupptag.....	37
<b>Här finner du ytterligare information</b> .....	<b>40</b>
Livsmedelverket och Jordbruksverket.....	40

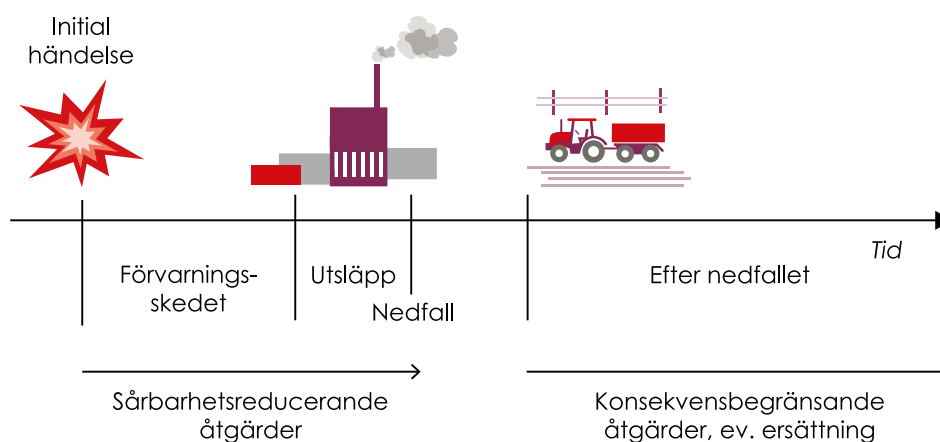
# **| Sanering inom primärproduktionen**



# Sanering inom primärproduktionen

Saneringsvägledningen är ett verktyg som kan användas som ett stöd för framtagande av Länsstyrelsernas saneringsplaner. Det här kapitlet riktar sig till de länsstyrelser och även andra myndigheter som behöver kunna ge råd kring sanering till primärproducenter efter en kärnkraftsolycka i Sverige eller utomlands.

**Figur 1.** Tidslinje; kärnteknisk olycka



När det inte hänvisas till andra referenser är uppgifter om siffror och text tagna från följande skrifter: [”Motåtgärder i växtodlingen efter ett nedfall av radioaktivt strontium vid olika nedfallsnivåer och årstider”](#) och [”Motåtgärder i växtodlingen efter ett nedfall av radioaktivt cesium vid olika nedfallsnivåer och årstider”](#).

Med primärproduktion menas odling och skörd av spannmål och grönsaker, produktion av mjölk, äggproduktion, uppfödning och produktion av livsmedelsproducerande djur före slakt. Även fiske, fångst av musslor och kräftor, jakt samt att plocka bär och svamp omfattas.

Mer information om primärproduktion kan du hitta här: [Livsmedelsverket, om primärproduktion.](#)



Foto: MSB bildbank.

Visionen med saneringen inom primärproduktionen är att kunna fortsätta med eller att återuppta produktion av säkra livsmedel. Det kan vara så att hela anläggningar inte återställs till sitt ursprungsskick som före olyckan, men att det går att fortsätta produktionen med en ny inriktning. För att detta ska fungera behövs en dialog med mottagaren av myndigheternas råd och rekommendationer kring sanering, exempelvis till de företag som driver jordbruk.

Att sanera inom primärproduktionen kommer vara en komplex och arbetskrävande uppgift. En förutsättning för ett bra resultat är att den som ska genomföra åtgärderna har kännedom om hur åtgärderna ska genomföras i praktiken och ungefär hur lång tid som eventuellt kommer behövas innan produktionen kan återupptas igen. När det gäller exempelvis egen fångst av musslor, fisk samt livsmedel som bär och svamp och vilt kommer det inte vara aktuellt att sanera, istället får man förlita sig på kostråd och andra typer av rekommendationer. Halten av radioaktiva ämnen får inte överstiga gällande gränsvärden i saluförda livsmedel. Detta betyder att dessa livsmedel kan behöva kontrollmätas om de ska gå till försäljning.

Inom rennäringen är det däremot möjligt att kontrollmäta redan innan slakt. Om nivån av radioaktiva ämnen befaras vara över gränsvärdena kan en åtgärd vara att stödutfodra djuren med rent foder innan slakt.

Det är viktigt att så snabbt som möjligt ta fram ett beslutsunderlag från strålningsmätningar så att områden som inte drabbats av ett nedfall kan återgå till ursprunglig produktion. Det här kan vara en kraftfull åtgärd för att komma igång med produktion efter ett nedfall.



Foto: MSB bildbank.

Ur produktions- och försörjningssynvinkel är det lika viktigt att veta var det inte skett något nedfall, som att veta var det skett.

Förfarandet leder relativt omgående till kraftigt minskade kostnader eftersom verksamheten kan återgå till det normala i dessa områden. Bättre och mer precisa underlag av nedfallet och dess sammansättning ger sedan förutsättningarna för de mer långsiktiga åtgärderna i de områden där det har skett ett nedfall.

### **Proaktiva åtgärder i länsstyrelsens planläggning**

1. Det ska finnas ett förberett informationsmaterial till primärproducenterna, samt en inarbetad informationskanal till branschen gällande de sårbarhetsreducerande åtgärder, som kan genomföras innan ett nedfall inträffar. Värdet av att ha förberett åtgärder som kan genomföras omgående, redan innan ett utsläpp, kan inte nog betonas.
2. Vid risk för ett utsläpp av radioaktiva ämnen vid en kärnkraftsolycka, liksom direkt efter ett nedfall, finns av förklarliga skäl ännu inget resultat från strålningsmätningar. Därför bedöms initialt nedfallets utbredning utifrån prognoser. Länsstyrelserna, i samverkan med Strålsäkerhetsmyndigheten och övriga expertmyndigheter, bör i detta skede kunna identifiera de geografiska områden som skulle kunna påverkas i händelse av ett utsläpp. Därefter undersöka om det finns möjligheter att vidta åtgärder i dessa områden i syfte att minska eventuella konsekvenser för primärproduktionen.

Efter ett utsläpp behöver det relativt omgående finnas sammanställda resultat från utförda strålningsmätningar, det är därför viktigt att alla

län har en konkret och övad plan för strålningsmätning. Länsstyrelsen behöver ta fram en karta med uppgift om markbeläggningen i området för att på egen hand kunna bedöma läget i länet, i samband med både räddningstjänst- och saneringsorganisation. Länsstyrelsen behöver dessutom samverka med Strålsäkerhetsmyndigheten och övriga expertmyndigheter för att tolka uppmätta mätvärden. Även rutiner för att ta fram underlag kring vilka områden/anläggningar för primärproduktion som inte har påverkats av nedfall behöver tas fram.

Vid nedfall i områden med primärproduktion är det inte tillräckligt att mäta enbart markbeläggningen utan man måste även mäta på viktiga komponenter i primärproduktionen. Mängden radioaktiva ämnen i till exempel betes- och slåttervall är korrelerat till dess utvecklingsstadium. Därför behövs mätningar i kombination med radioekologisk modellering, och givetvis en uppfattning om depositionsstorleken och hur resultaten ska generaliseras till hela länet. För att säkert bedöma att ett område inte påverkats kan man behöva provta och mäta betesgräs och mjölk vid upprepade tillfällen över en längre tid.

3. Förmedla vilka saneringsmetoder som rekommenderas av myndigheterna, exempelvis via lantbruksträffar.
4. Ta fram anpassade råd till primärproducenter i drabbat län. Detta gäller även för foderproduktion/foderhantering. Stöd finns att få via [Livsmedelsverkets hemsida](#).
5. Det behöver finnas mötesplattformar för samordning av till exempel djur-, foder- och slaktfrågor som kan användas både innan och under en händelse.



# **Sammanfattning av rekommenderade saneringsmetoder inom primärproduktionen**

# Sammanfattning av rekommenderade saneringsmetoder inom primärproduktionen

Olika saneringsåtgärder kan ha olika effekt beroende på vilka radioaktiva ämnen som ska saneras. Vid en kärnkraftsolycka förväntas jod och cesium ha störst påverkan på primärproduktionen. Radioaktivt jod kan, på grund av kort halveringstid, ge upphov till allvarliga men övergående problem. Radioaktivt cesium och strontium har lång halveringstid och kan därmed båda ge upphov till mer långtgående problem. Vid en kärnkraftsolycka förväntas problem med radioaktivt cesium överstiga problemen med radioaktivt strontium.

## Möjliga åtgärder att rekommendera inom växtodlingen:

Åtgärder innan nedfall

- Täcka över odlingar.
- Skörda innan befarat nedfall.



Foto: Anders Landgren.

#### Åtgärder kort tid efter nedfallet

- Eventuellt bortförel och deponering av snö.
- Eventuellt bortförel och deponering av gröda, foder och mjölk (om korna vistades ute under nedfall).

#### Åtgärder på längre sikt

- Omsådd som kan kombineras med kaliumgödsling och plöjning.
- Odling av gröda med lågt upptag av radioaktiva ämnen till exempel potatis.
- Putsning av beten och vallar, borttagande av blast på rotfrukter som är nära skörd.
- Högre stubbhöjd vid skörd av vall.
- Plöjning till normalt djup.
- Kaliumgödsling.
- Fosforgödsling.
- Kalkning.
- Användning av grödan för energiproduktion.
- Träda och betesuppehåll.
- Möjligheter att välja sådd eller inte sådd.
- Låta grödan stå kvar.

För att säkerställa att halten radioaktiva ämnen understiger EU:s gränsvärden för livsmedel och foder behöver jordbruksprodukterna kontrollmätas efter vidtagna motåtgärder.

Mer information och metodblad för nedanstående åtgärder går även att hitta i rapporterna "[Motåtgärder i växtodlingen efter ett nedfall av radioaktivt strontium vid olika nedfallsnivåer och årstider](#)" och "[Motåtgärder i växtodlingen efter ett nedfall av radioaktivt cesium vid olika nedfallsnivåer och årstider](#)".

1. Kaliumgödsling.
2. Bortförel och deponering av gröda.
3. Plöjning till normalt djup.
4. Användning av grödan för energiproduktion.
5. Träda och betesuppehåll.
6. Putsning av beten och vallar.
7. Skörd med hög stubbhöjd.
8. Bortförel och deponering av snö.

## **Möjliga åtgärder att rekommendera för livsmedelsproducerande djur:**

### Åtgärder innan nedfallet

- Installning av djur.
- Minska ventilationen i djurstallar och silor innan den radioaktiva plymen har passerat (information om när denna åtgärd ska vidtas bör kunna ges av myndigheterna).

### Åtgärder efter nedfallet

- Senareläggning av betessläpp eller installning av betande djur.
- Utfodring med rent foder och vatten.
- Begränsning av upptaget i djurens magtarmkanal genom att blanda in olika tillsatser i fodret.
- Olika typer av åtgärder inför slakt, såsom stödutfodring med rent foder.

Kontrollmätning på produkter för att säkerställa att nivåer av radioaktiva ämnen ligger under (EU:s) fastställda gränsvärden. Exempelvis mätning av oprocessad tankmjölk för eventuell kassering.



**Sårbarhetsreducerande  
åtgärder vid en olycka,  
innan ett utsläpp har skett**

# Sårbarhetsreducerande åtgärder vid en olycka, innan ett utsläpp har skett

Åtgärder som vidtas innan ett nedfall brukar inte räknas till regelrätt sanering, men denna typ av åtgärder minskar sårbarheten och kan i vissa fall underlätta en kommande sanering. Samverkan behöver alltid ske mellan räddningsledare och saneringsledare så att rätt rekommendationer ges och åtgärder vidtas.

I händelse av larm från ett svenskt eller utländskt kärnkraftverk bör myndigheterna omedelbart ta ställning till om de ska rekommendera lantbrukarna att vidta så kallade sårbarhetsreducerande åtgärder i de områden som kan komma att påverkas av ett nedfall av radioaktiva ämnen. Inom primärproduktionen är det i ett tidigt stadium bättre att ha en god säkerhetsmarginal och hellre rekommendera att sårbarhetsreducerande åtgärder ska vidtas i ett för stort område än i ett för litet.

Syftet med åtgärderna är att minska risken att jordbruksprodukter blir kontaminerade om det senare blir ett nedfall av radioaktiva ämnen. Om åtgärderna ska få någon effekt måste de vidtas innan ett nedfall börjar. Eftersom de tar tid att genomföra är det viktigt att myndigheterna snabbt går ut med dessa rekommendationer till primärproducenterna. De åtgärder som behöver vidtas varierar med årstiden. Inom jordbruket bör man i detta skede vara särskilt uppmärksam på hanteringen av livsmedelsproducerande djur. Vad det handlar om är att se till att djuren inte kommer i kontakt med radioaktiva ämnen och att de utfodras med rent foder och vatten. De åtgärder som kan vara aktuella att vidta för att förhindra att djuren får i sig radioaktiva ämnen är att:

1. ta in djur som vistas ute, i första hand mjölkkor
2. stänga dörrar och fönster till djurstallar och foderlador
3. minska ventilationen i djurstallar så mycket som möjligt utan att djuren tar skada
4. undvika att ge djuren kontaminerat foder
5. undvika att använda vatten från mindre vattensamlingar. Vatten från ledningsnätet och täckta brunnar kan användas om inget annat meddelas
6. ta in ensilage från utomhuslager.

Tänkbara åtgärder inom växtodlingen är mer begränsade och kan övervägas om det är tidsmässigt och praktiskt möjligt att genomföra dessa. Inom växtodlingen kan följande rekommendationer vara lämpliga:

1. skörda tidigare om skörd av en gröda är nära förestående, till exempel grönsaker, vall eller spannmål
2. täcka över mindre odlingar
3. behålla befintlig täckning även om man hade planerat att ta bort den i närtid, till exempel för vissa trädgårdsprodukter och färskpotatis
4. jämna till marker som är plöjda och/eller ojämna (ett nedfall som sker på en jämn yta är enklare att sanera genom metoden att ta bort det översta jordlagret).

Rekommendationerna måste ges till lantbrukarna i det område som riskerar att påverkas av ett nedfall och med en god säkerhetsmarginal. Rekommendationerna bör också innehålla information om när åtgärderna senast bör vara vidtagna.

Transporten från marken till grundvattnet av radioaktiva ämnen som hamnar på marken är mycket långsam. Det är inte troligt att grundvatten under odlingsmark kontamineras av radioaktiva ämnen i sådan utsträckning att man behöver ta hänsyn till det. Den stora risken uppstår istället i de fall vatten tas från ytvattentäkter eller genom ytvattenläckage till den egna brunnen. Det finns därför skäl att täcka över egna brunnar med en presenning som förhindrar att ytvatten rinner ned i brunnen.

Djur som vistas ute bör stallas in innan utsläppet sker. Om det inte finns möjlighet att ta in djuren måste de naturligtvis lämnas ute. Om det sker ett nedfall kommer troligen vissa djur att bli kontaminerade antingen via nedfallet direkt på djuret eller via vatten/foder och detta blir då ett senare problem som får hanteras i särskild ordning.



Foto: Anders Landgren.

## Särskilda råd per djurslag

### Mjölkkor

En av de viktigaste åtgärderna man kan vidta under förvarningsskedet är att ta in djur som vistas ute på bete. Särskilt viktigt är att prioritera inställning av mjölkkor. Detta beror på att de radioaktiva ämnena i nedfallet snabbt hamnar i mjölken om djuren fortsätter att hållas ute. Främst handlar det om att undvika att radioaktivt jod och cesium hamnar i mjölken (och i ett senare skede även i kött). Under den tid som nedfallet pågår kan länsstyrelsen komma att rekommendera inomhusvistelse för människor. Varar inomhusvistelsen länge måste man komma ihåg att djurskyddslagen (2018:1192) ändå gäller, vilket betyder att man måste vidta sådana åtgärder så att djuren inte lider. Högmjolkande kor måste till exempel mjölkas två gånger per dygn. Det är dock möjligt att ändra foderstaten (ta bort kraftfoder och ge rikligt med näringsfattigt grovfoder) så att mjölkproduktionen tillfälligt minskar.

### Övriga livsmedelsproducerande djur

Betesdjur som ska gå till slakt inom en snar framtid bör i möjligaste mån hållas inomhus och äta rent foder. För andra djur som hålls ute så kan köttet bli kontaminerat, men det tar relativt lång tid (veckor) för halterna av radioaktivt cesium att byggas upp i köttet, så att det möjligen överskrider uppsatta gränsvärden. Halterna i köttet och hur fort gränsvärdet överskrids beror helt och hållet på mängden radioaktiva ämnen i betesgräset.

### Foder och foderhantering

När det gäller foder som är under torkning inomhus är det bäst om ventilationen minskas eller helt stängs av, under den tid då det radioaktiva molnet passerar. De luftburna radionukliderna kan annars sugas in med torkluften och filtreras in i fodret som på detta vis kan komma att kontamineras. Man behöver här väga risken för kontaminering mot risken för att fodret kan bli skadligt för djuren på grund av hög mögelhalt. Det är svårt för en enskild djurhållare att avgöra om, och vid vilken tidpunkt, det kan vara lämpligt att stänga av fodertorken. Detta bör därför bara genomföras på uppmaning av myndigheterna.

**Åtgärder under eller  
strax efter ett utsläpp**

# Åtgärder under eller strax efter ett utsläpp

Under och efter ett utsläpp kommer det ställas en stor mängd frågor om möjliga åtgärder och handlingsalternativ och kring vad som är möjligt att göra av den enskilde producenten. Det är viktigt att på förhand ha satt samman de förslag på åtgärder som kan rekommenderas i det aktuella länet eftersom tiden kommer vara mycket knapp. Det är viktigt att påtala den osäkerhet som för tillfället råder och den risk som även kan föreligga för felbedömningar för samtliga berörda grupper. Osäkerheten kring nedfallssituationen minskar över tid men är stor i början.

Under tiden som nedfallet pågår bör lantbrukarna (primärproducenterna) fortsätta att ta del av information från myndigheterna. Eventuellt kan länsstyrelsen rekommendera inomhusvistelse under tiden som plymen med radioaktiva ämnen passerar. Även om inomhusvistelse är rekommenderat så bör lantbrukarna ändå se till sina djur, som nu bör vara installerade. Tiden som man vistas utomhus bör vara så kort som möjligt. Det kan vid denna tidpunkt vara lämpligt att upprätta skogränsar till boningshus, stallar etcetera. När man vistas utomhus bör särskilda skor och gärna en overall användas. Allt som man kommer i fysisk kontakt med utomhus kan vara belagt med radioaktiva ämnen vilka vid kontakten kan överföras till till exempel skosulor. För att minska risken att få in radioaktiva ämnen i bostadshus, djurstallar och andra byggnader bör man byta om till rena skor och ta av overallen då man går inomhus. Skor och overall som används utomhus lämnas på utsidan av skogränsen. Skogränsen kan till exempel utgöras av en bänk som placeras vid en hög tröskel. Detta underlättar byte av skor vid passage. Dessutom är det viktigt för den som arbetar ute att tänka på att tvätta händerna för att undvika oavsiktligt intag av radioaktiva ämnen.

Länsstyrelsen kan även komma att besluta om utrymning av människor i ett område. Ägaren har på samma sätt som vid inomhusvistelse då ett ansvar för att djuren får vatten, foder och annan nödvändig skötsel, men eftersom utrymning är tvingande måste detta ske i dialog med länsstyrelsen. Även utrymning av djur kan bli aktuellt men kräver planering för att kunna flytta och ta emot djuren. Exempelvis bör risken för spridning av sjukdomar beaktas om djur flyttas. Det måste även finnas kapacitet att ta emot djur som flyttats. För ytterligare information planering av utrymning av djur, se [”Vägledning för storskalig utrymning”](#).

Direkt efter ett nedfall av radioaktiva ämnen kvarstår de rekommenderade åtgärder som eventuellt redan vidtagits innan utsläppet. Eftersom dessa sårbarhetsreducerande åtgärder sannolikt kommer att rekommenderas med rejäl säkerhetsmarginal, det vill säga sårbarhetsreducerande åtgärder har vidtagits i ett större område än det som påverkats av nedfall, är det viktigt att få fram mätunderlag så att områden som inte berörts av nedfallet så snart som möjligt kan återgå till normal verksamhet.

Tidigast efter några dygn, upp till några veckor efter olyckan kan en grov karta över markbeläggningen presenteras uttryckt i kBq/m<sup>2</sup> för respektive radionuklid.

Målet med att genomföra tidiga saneringsåtgärder är att minska mängden radioaktiva ämnen som når marken så mycket att behovet av att vidta långsiktiga saneringsåtgärder minskar eller aldrig uppkommer. Om dessa saneringsåtgärder ska ha någon effekt måste de genomföras så snart som möjligt efter att nedfallet har upphört.

Detta innebär att tänkbara åtgärder som grundar sig i uppmätta värden för växtodlingen direkt efter nedfall är mycket begränsade. Det som omgäende kan övervägas oavsett är:

- Föra bort gröda med stor bladmassa.
- Tidigarelägga den första skörden för att sanera inför en andra skörd.
- Föra bort snö under vinterhalvåret.
- Avvakta med sådd eller inte så alls.



Foto: MSB bildbank.

Tidiga åtgärder behöver ibland genomföras med knapphändiga underlag, därför är planeringen av dessa åtgärder mycket viktig. Kartläggningen av nedfallet fokuserar i första hand på att ge underlag för skyddsåtgärder för människor, men redan initialt kan kartläggningen användas som en hjälp att planera för att påbörja/utföra en effektiv sanering.

En av de viktigaste åtgärderna är att genom strålningsmätning fastställa vilka regioner/områden som är kontaminerade samt i vilken grad. Kunskap behövs om var gränserna går mellan obrukbara arealer, arealer där det går att sätta in åtgärder och arealer där man inte behöver vidta några åtgärder alls. Utifrån detta kan myndigheterna bedöma vilka åtgärder som bör sättas in i de olika områdena.

I detta skede behöver även frågor om den praktiska möjligheten att fortsatt kunna utfodra djuren inomhus, få fram rent foder utifrån, möjlighet att flytta djur, tidigarelägga skörd och slakt med mera hanteras och lösas. Problem kan i denna fas uppstå med exempelvis elförsörjningen. Det kan också uppstå frågor om hantering av mjölk eller andra kontaminerade produkter som det inte finns möjlighet att saluföra. Kontakter med primärproducenternas organisationer i dessa frågor i planeringsarbetet rekommenderas. Det är mycket fördelaktigt att redan i förväg skapa mötesplattformar för samordning av till exempel djur-, foder- och slaktfrågor som kan användas både innan och under en händelse. Redan idag finns ett väl fungerande arbetssätt där Jordbruksverket tillsammans med Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) bjuder in till lantbruksträffar för att diskutera frågor kring exempelvis olika smittoutbrott bland djur.



**| Åtgärder på längre  
sikt, efterföljande år**

# Åtgärder på längre sikt, efterföljande år

Den fortsatta saneringen inom primärproduktionen är beroende av vilka mål som sätts för saneringen, de ekonomiska förutsättningarna hos producenterna och samhället i övrigt samt av ett beslutsunderlag framtaget genom mätningar. Även efterfrågan på produkterna på marknaden kan komma att påverka vilka åtgärder som görs.

Beslutsunderlaget för bedömning av tidiga åtgärder efter nedfall är mycket osäkert men förbättras allt eftersom tiden går. Därför kan man göra ett val att rekommendera åtgärder inledningsvis även om nedfallet senare visar sig vara både mindre eller mer omfattande än man först trodde.

Det finns ingen klar gräns mellan de åtgärder som kan vidtas tidigt efter olyckan och åtgärder som vidtas längre fram. Det är olyckan och tidpunkt på året som avgör vilka åtgärder som är möjliga att genomföra. Detta kan naturligtvis även skilja sig beroende på var i landet nedfallet sker. Om ett nedfall sker under vinterhalvåret är det inte lika tidskritiskt att fatta beslut om motåtgärder i växtodlingen, som det är om nedfallet exempelvis sker strax före skörd eller tidigt på våren. Däremot kan det exempelvis vara tidskritiskt att ta beslut om bortforsling av snö. Producenterna behöver följa myndigheternas råd och rekommendationer, vilka behöver tas fram och förmedlas snabbt.

Åren efter nedfallet är det bara långlivade radionuklider som har någon betydelse, framförallt cesium-137, cesium-134 samt i viss mån strontium-90.



Foto: Anders Landgren.

På längre sikt är det i princip bara upptaget av radioaktiva ämnen via rötterna som har betydelse. Upptagets storlek beror till stor del på typ av mark. Leriga jordar binder till viss del cesium vilket medför att mindre radioaktivt cesium tas upp av grödan. I mull- och sandjordar är cesium mindre bundet till markpartiklarna och växttillgängligheten blir då större. Länsstyrelserna har tillgång till jordartskartor via GIS-skikt. Dessa kan vara användbara i planeringen.

De åtgärder som kan vara aktuella att vidta för att minska innehållet av radioaktiva ämnen i grödan/foder åren efter nedfallet:

- Kaliumgödsling.
- Plöjning.
- Kalkning.
- Fosforgödsling.
- Val av gröda/sort som tar upp mindre mängd radioaktiva ämnen.

Åtgärder vid mycket höga nedfallsnivåer:

- Bortförel av den kontaminerade ytjorden.
- Ändrad driftsinriktning och markanvändning.

Det finns ingen absolut gräns för när nedfallsnivåerna är för höga för vissa typer av åtgärder, men i vissa fall är bortförel av den kontaminerade ytjorden samt ändrad driftsinriktning och markanvändning de alternativ som är användbara. Exempelvis vid beläggningar över 1 000 kBq/m<sup>2</sup> av cesium-137 beräknas höstsåden inte gå att använda som brödsäd eftersom halten radioaktivt cesium överstiger gränsvärdet för livsmedel oavsett när på odlingssäsongen olyckan sker, se rapport ovan ”[Motåtgärder i växtodlingen efter ett nedfall av radioaktivt cesium vid olika nedfallsnivåer och årstider](#)”. Vid så höga nivåer kan det dessutom bli aktuellt med utrymning på grund av markbeläggning.

## Kaliumgödsling

Precis som under nedfallsåret är kaliumgödsling ett effektivt sätt att minska upptaget av radioaktivt cesium i grödor, speciellt på kaliumfattiga mull- och sandjordar under kommande år. Kaliumgödsling bör göras årligen under flera år för att få en långvarig minskning av upptaget av radioaktivt cesium i grödan.

## Plöjning

Plöjning fördelar de radioaktiva ämnena i en större jordvolym och de blir därmed mer homogent inblandade. Detta medför att upptaget i grödan kan bli mindre för varje år. I leriga jordar fixeras dessutom cesium till mineralpartiklar i jorden vilket också minskar upptaget till grödan. Som en jämförelse blir upptaget i vall högre eftersom den får fortsätta växa och skördas under flera år innan åkern plöjs. Normalt har man växelbruk på många gårdar. Detta innebär att en nysådd vall får ligga 3–5 år innan den plöjs upp. Därefter brukar man så en spannmålsgröda några år i följd eller en oljeväxt.

Plöjning till större plogdjup än normalt, det vill säga om det är möjligt att lägga till 8–10 cm på normalt djup, kommer att förflytta beläggningen djupare ned i marken. Det är värt att fundera på om kaliumgödsling (eventuellt också kalk) innan jorden vänds ned kan bidra med ett lägre rotupptag i framtiden. Här behöver branschorganisationer stödja länsstyrelsen och producenterna med råd.

Med hjälp av ovanstående åtgärder kommer man nästkommande odlings-säsong att kunna odla i jord med lägre halter av radioaktiva ämnen. När det är dags att plöja plöjer man med normaldjup eller lite grundare, för att i möjligaste mån undvika att vända upp den kontaminerade jorden. En förutsättning under varje odlings-säsong är att kaliumgödsla, då kalium konkurrerar med cesium i rotupptaget.

Effekten av åtgärden beror på djupare placering av nedfallet och en utspädning i en större jordvolym. En nackdel med metoden är dock att den på sandigare jordar kan påverka bördigheten negativt genom utspädning av matjordens humusförråd, vilket innebär att mullhalten minskar.

## Kalkning

Strontium har liknande kemiska egenskaper som kalcium, vilket innebär att rotupptaget av radioaktivt strontium är lågt på kalkrika marker och kan minskas på andra marker genom att man tillför kalcium, det vill säga kalkning. Ett sätt att ytterligare minska upptaget av strontium via rötterna är att kombinera kalkning med fosfatgödsling.



Foto: MSB bildbank.

## Val av gröda/sort med lägre upptag av radionuklider

Det kan vara lämpligt att ändra inriktningen på växtodlingen till andra grödor eller andra sorter som tar upp mindre mängd radioaktiva ämnen, särskilt i områden där det skett stora nedfall. Att lägga om viss areal från vallodling till spannmålsodling ger ett lägre upptag av radioaktivt cesium. Det finns också observationer från laboratorieförsök som visat att vissa sorter av exempelvis korn och rajgräs tar upp mindre mängder cesium. Andra exempel kan vara att odla rotfrukter, exempelvis potatis.

Tidigare har det i beredningsplaneringen funnits försöksgårdar där man planerade att göra försöksodlingar efter ett nedfall. Dessa gårdar är nu avvecklade, men behovet av försöksodlingar finns kvar om ett nedfall skulle ske. Syftet med försöksodlingar är dels att få fram vilka grödor som fungerar att odla under de nya förutsättningarna, dels att titta på alternativa grödor som går att använda som livsmedel. Myndigheterna kommer sannolikt behöva initiera ett sådant program om Sverige påverkas av nedfall som ger konsekvenser inom primärproduktionen.

## Bortförel av den kontaminerade ytjorden

I Japan har man efter Fukushimaolyckan tillämpat metoden att sanera jorden genom att skrapa av och föra bort markens ytskikt där merparten av den kontaminerade jorden deponerats. Detta är dock en kostsam metod. Den innebär dessutom att man för bort det skikt där näringsämnen och det för marken som växtplats viktiga organiska materialet finns. Åtgärden kan alltså minska åkermarkens produktivitet, men vid hög kontaminering kan det vara den enda möjligheten för att kunna fortsätta med primärproduktion. En annan nackdel

med metoden är att den som utför arbetet måste vara mycket noggrann för att lyckas med att selektivt få bort merparten av den kontaminerade jorden. Vidare blir det snabbt stora mängder kontaminerade jordmassor som måste tas om hand och deponeras på ett säkert sätt. Exempelvis ger 1 ha upphov till 500 m<sup>3</sup> avfall om 5 cm av det översta jordlagret tas bort. Att med maskiner ta bort ett 5 cm tjockt jordlager har visat sig vara svårt. Ofta varierar det borttagna jordlagret mellan 2 och 15 cm och effekten kommer därmed att variera. I Japan har det visat sig att 50–80 % av radioaktiva cesiet kunde avlägsnas på detta sätt.

## Ändrad driftsinriktning och markanvändning

Vid ett mycket stort nedfall kan det bli nödvändigt att ändra inriktning, till exempel att gå över till odling av energi- eller industrigrödor, ta mulljordar ur drift (både på kort och på lång sikt) eller, i värsta fall, att överge marken eller lägga den i träda.



Foto: MSB bildbank.



# **Fördjupad information**



# Fördjupad information

## Årstider

Vid vilken årstid ett radioaktivt nedfall sker är avgörande för graden av kontaminering av grödor. Sker nedfallet under hösten och vintern finns mer tid för att planera åtgärder utifrån mätningar. Deposition sker då direkt på snö eller bar mark eller på vall och beten och måttligt slutna höstgrödor. Detta innebär att en mindre del av de radioaktiva ämnena deponeras direkt på grödan och att andelen som når marken blir högre. Upptaget via rötter får relativt sett större betydelse för vidare transport i livsmedelskedjan än om det inträffar ett nedfall under sommarhalvåret. Vid nedfall under grödornas växtperiod kontamineras grödorna huvudsakligen genom deposition av radioaktiva ämnen på växtdelar ovan jord. Hur mycket som deponeras är beroende av grödans ovanjordiska biomassa och täckningsgrad. Vid samma tidpunkt får särskild hänsyn även tas till skillnaderna i utveckling mellan olika grödor, till exempel höstsäd och vårsäd, och skillnader för samma gröda i olika delar av landet.

Tiden mellan nedfall och skörd har betydelse genom att grödans tillväxt ger en utspädning av deponerade radionuklider, men kan även innebära att kvarhållningen av radionuklider i grödan minskar genom till exempel regn, blåst och bladavfall. Halten i grödan vid skörd minskar därför i regel ju längre tid som går.



Foto: Anders Landgren





Foto: MSB bildbank.

## Gränsvärden för livsmedel och foder

EU har förberett gränsvärden som kan börja tillämpas efter beslut av Kommissionen vid olyckor som innebär att livsmedel och djurfoder kontamineras eller riskerar att kontamineras. Inom tre månader efter det att gränsvärdena har börjat tillämpas ska värdena ses över och anpassas till den aktuella situationen. Produkter som inte uppfyller gränsvärdena får inte saluföras. De måste istället kasseras eller om möjligt användas till andra ändamål.

Väsentligt för avvägning av vilka åtgärder som är lämpliga att genomföra inom primärproduktionen är de gränsvärden som fastställts för livsmedel och foder.

## Mer ingående information om olika saneringsåtgärder

Saneringsåtgärder som man kan göra snabbt reducerar vanligtvis stråldosen mer än om man väntar med åtgärden. Nedanstående åtgärder går att förbereda genom information, vilket kan hjälpa primärproducenterna så att de kan starta med sina åtgärder mer omgående.

Vilken strategi man väljer för primärproduktionen och vilka metoder man ska välja är viktigt att tänka igenom i förväg så att man inte låser sig för alternativa framtida saneringsåtgärder. Det är viktigt att vara medveten om att ett tidigt beslut kan minska antalet möjliga åtgärder som kan genomföras senare. Om man exempelvis rekommenderar plöjning av mark i ett tidigt skede, vilket kan reducera stråldosen kraftigt, minskar man samtidigt handlingsfriheten för framtida insatser som att ta bort ytjorden.



Foto: MSB Bildbank.

## Bortförsel av snö under vinterhalvåret

Bortförsel av snö kan vara en mycket effektiv metod förutsatt att temperaturen håller sig under fryspunkten en längre period så man hinner utföra åtgärden, cirka ett par veckor eller längre. Åtgärden är dessutom rent tekniskt enkel att utföra, det finns dock en rad överväganden som man behöver tänka igenom innan genomförande. Exempelvis behöver åtgärden vara berättigad så att minskningen av stråldoser till allmänheten ska överväga tillkommande stråldoser till bland annat personal som utför åtgärden. Dessutom kan tillstånd behövas från Strålsäkerhetsmyndigheten, och transporter av snön måste planeras noga.

Åtgärden fungerar både för gårdsmiljön och för fälten, vilket minskar de problem med kontaminerad mark som annars kan kvarstå åren efter nedfall. Ytterligare en fördel med åtgärden är att den inte är nuklidspecifik, det vill säga den har god effekt mot alla radioaktiva ämnen i nedfallet. Om snötäckret är tjockt behöver endast det översta snöskiktet föras bort.

Man behöver även tänka på att snön ska behandlas som avfall. Det behövs en lagerplats där smältvattnet kan tas omhand och det är viktigt att detta smältvatten inte kontaminerar nya områden. Om snön behöver placeras ute på fälten, bör man välja en plats där smältvatten inte når vattendrag och där markytan senare kan läggas i träda. Det olämpligt att låta den ihopsamlade snön ligga kvar i närheten av bostadshus och djurstallar.

## Sanera gångvägar och andra vägar

Gångvägar, mindre grusvägar och gårdsplaner som inte saneras inom jordbruksfastigheter kan dels ge en förhöjd dosrat till de personer som arbetar där samt att radioaktiviteten kan komma in i produktionen och i slutänden hamna i produkten.

Vid nedfall med snö bör den kontaminerade snön därför avlägsnas från vägarna och gårdsplaner. Vid andra tidpunkter för nedfall bör grusvägar skrapas eller sladdas. Avspolning av hårdgjorda gårdsplaner fungerar också bra.

## Arbetskydd

När nedfallet skett kommer personalen som arbetar utomhus (och till viss del i lokaler) att exponeras för joniserande strålning från omgivande nedfall. Dessutom kan personalen kontamineras i det dagliga arbetet utomhus. Detta innebär att strålkällan (det radioaktiva nedfallet) delvis hamnar under stövlar, på skyddskläder etcetera. Information om stråldoshastigheter från det radioaktiva nedfallet samt vilka nivåer som kräver åtgärder bör kunna inhämtas från myndigheterna.

## Åtgärder inom växtodlingen

### Bortförsel av gröda/halm

Bortförsel av en gröda kan vara en viktig åtgärd för att avlägsna en stor del av det radioaktiva nedfallet. Om nedfallet inträffar under vegetationsperioden är en möjlig åtgärd att slå av och sedan föra bort grödan till en lämplig deponi. För att nå bästa effekt bör grödan slås av och föras bort snarast, inom några dagar, efter nedfallet för att förhindra att radioaktiva ämnen når marken (via exempelvis avspolning genom regn och bladavfall). På grund av den marksanerande effekten är åtgärden särskilt lämplig vid nedfallsnivåer på mer än 100 kBq/m<sup>2</sup> av långlivade nuklider. Det är en fördel att samla grödan i inplastade balar, speciellt om den ska deponeras vid sidan av fältet. Om grödan plastas blir risken för läckage mindre, men fler lager plast än vanligt bör användas. Det finns annars en risk att radioaktiva ämnen läcker ut till marken via pressaft. Ett alternativ är att lägga balarna direkt på utsett mellanlager. Bortförsel är främst aktuellt för vall och spannmål, men kan övervägas även för andra grödor som oljeväxter, potatis och sockerbetor. När grödan är välutvecklad kan stora delar av radionukliderna på bladytan tas bort, upp till 70–80 %. Nackdelen är att åtgärden ger upphov till stora avfallsmängder som måste tas om hand.

Det är möjligt att minska mängden radioaktiva ämnen i marken om halmen tas bort vid skörd av spannmål. Halm kan innehålla upp till cirka åtta till tio gånger mer cesium än kärnan.

I försök har 4 % upp till 38 % av radioaktivt strontium återfunnits i halm vid skörd, beroende på tidpunkt för nedfall och grödslag. Genom att pressa halm i storbalar och föra bort dem förhindrar man att en del radioaktivt cesium och strontium återförs till marken och därigenom blir tillgängligt för växtupptag efterföljande år. Sådan halm bör inte användas som foder eller strömedel till livsmedelsproducerande djur.

## Låta grödan stå kvar

Om ett nedfall sker tidigt under odlingssäsongen kan man överväga om man ska ta bort grödan eller låta den vara kvar. Låter man grödan vara kvar, kommer regn och vind att avlägsna en del av de radioaktiva ämnena som deponerats på växytan. De radionuklider som tagits upp via rötterna kommer att spädas ut genom grödans tillväxt, det vill säga halten av radioaktiva ämnen (aktivitet per viktenhet, Bq/kg) minskar, medan den totala aktiviteten är någorlunda konstant. Detta gäller för radionuklider med lång halveringstid.

## Sådd eller inte

Frågan om man ska rekommendera sådd eller inte av olika grödor kan uppkomma om nedfallet sker inför höstsådden respektive vårsådden. Upptaget av radioaktiva ämnen i grödan kommer uteslutande att ske via rötterna. Fördelen med detta är att halten av radioaktiva ämnen blir mycket lägre än om nedfallet skett direkt i en växande gröda. Att så en ny gröda kan därför bli aktuellt vid nedfall i en växande gröda, som skulle gett upphov till för höga halter i slutprodukten. Sådden bör dock ske i kombination med jordbearbetning och kaliumgödsling för att minska upptaget av radioaktivt cesium. Grödor som kan vara aktuella att så efter ett nedfall är främst spannmål och oljeväxter. Vid mycket höga nedfallsnivåer, större än 1 000 kBq/m<sup>2</sup> av långlivade radionuklider, måste man fundera på om det överhuvudtaget är lämpligt att så en ny gröda. Vid så höga nivåer kanske marken måste saneras genom att man tar bort det översta jordlagret och/eller sedan användas till annat än växtodling.

Är grödan välutvecklad vid nedfallet måste den slås av och hackas eller föras bort innan plöjning kan utföras. För gårdar med djurbesättningar kan det handla om att plöja ner en vallgröda och så en ny eller så grönfoderväxter för att trygga tillgången på grovfoder. Man bör vara medveten om att tiden för att genomföra plöjning och omsådd i detta fall är kort, att tillgången på utsäde kan vara begränsad och att det därför kan bli svårt att hinna med att genomföra denna åtgärd.

## Plöjning

En annan motåtgärd är att plöja ner det kontaminerade ytskiktet. Metoden kan användas vid måttliga koncentrationer av radioaktiva ämnen och/eller om jorden har stor förmåga att binda vissa radioaktiva ämnen på grund av hög lerhalt. Genom att radionukliderna blandas in i en större jordvolym minskar koncentrationen av radioaktiva ämnen i jorden och därmed minskar mängden radioaktiva ämnen som grödan kan ta upp via rötterna. Detta beror dels på att de radioaktiva ämnena spädas ut, dels på att den större kontaktytan med jordmaterialet ger en effektivare bindning i jorden än om de legat kvar på markytan. För radioaktivt cesium ökar till exempel möjligheten till fixering i lermineralpartiklar. Effekten av åtgärden medför att halten radioaktivt cesium som grödan kan ta upp minskar med en faktor 5–10. För radioaktivt strontium har svenska fältförsök visat att växternas upptag kan minskas med en faktor två efter en plöjning till 25 cm djup. I samband med denna metod måste man

noga tänka igenom konsekvenserna av plöjning innan man fattar beslut om att genomföra den, eftersom andra saneringsmetoder därefter blir svåra att genomföra. Det gäller särskilt bortförsel av den kontaminerade yttjorden.

## Putsnings av beten och vallar

Betesmarker finns på mycket olika marktyper och har olika förutsättningar att användas efter ett radioaktivt nedfall. Viss mark lämpar sig fortfarande som bete medan annan mark bör undvikas helt. Man skiljer på olika typer av betesmark, såsom åkerbete, naturbete eller skogsbete. Främst används åker och slåttervallar för högproducerande nötkreatur och får. Dessa djurslag betar även på naturbeten. I vissa områden i landet används skogsbete, främst för får och getter. Åkerbetesmark är ofta gödslad och plöjd vilket gör att dessa har en mindre överföring av radionuklider till växter än natur- och skogsbetesmarker. Naturbeten finns ofta på sämre mark som inte kan eller bör plöjas, och de har normalt en tjock grässvål eller rotmatta som man inte kommer åt med betesputsning. De har ofta låg lerhalt och är kalium- och kalciumfattiga, vilket medför att radionukliderna lätt tas upp av betesväxterna. Kontaminerade naturbeten kan därför troligen inte utnyttjas av betande djur på flera år om man inte kombinerar det med bete på annan mark eller utfodring med rent foder innan slakt.

För betesvall på åker och slåttervall är förhållandena annorlunda. Grässvålen är tunnare och jorden är näringsrikare och har ofta högre lerhalt. Åkermarksväxterna har en kraftigare tillväxt som också gör att det sker en utspädning av radionukliderna.

Sker nedfallet på vintern eller tidigt på våren, kan det vara lämpligt att putsa betesmarker och på betade vallar ta bort tidigare års förna. På naturbetesmarker kan upp till 50 % av nedfallet tas bort genom betesputsning och borttransport. Risken är annars stor att djuren äter föregående års förna när de släpps ut på bete tidigt på våren och därmed får i sig radioaktiva ämnen. De radioaktiva ämnen som deponerats på den gamla förnan späds inte ut genom tillväxt. Det gör att halterna kan bli relativt höga. Risken är ändå mycket stor för att överföringen av radioaktiva ämnen till djuren blir allt för stor, vilket minskar förutsättningarna för fortsatt bete. Det kan därför finnas anledning att inte släppa ut djuren på dessa marker.

## Skörd av vall med högre stubbhöjd

Att skörda vällen med högre stubbhöjd än normalt är en bra åtgärd om nedfallet skett tidigt på odlingsåret då gräset ännu är ganska kortvuxet. Eftersom vällen växer till i den övre delen av strået innebär det att de mesta av de radioaktiva ämnen som deponerats vid nedfallet, efter en tid kommer att befinna sig i de nedre delarna av strået. Genom att endast ta den övre delen av strået minskar mängden radioaktiva ämnen i vallskörden. En sådan åtgärd är mest angelägen vid första skörden efter nedfallet. Detta prövades efter Tjernobylyckan med gott resultat.





Foto: MSB bildbank.

## Kaliumgödsling

Eftersom cesium har liknande kemiska egenskaper som kalium kan det vara effektivt att kaliumgödsla. Rotupptaget av radioaktivt cesium påverkas starkt av mängden kalium i marklösningen. Kaliumgödsling redan under nedfallsåret har god effekt. Generellt kan sägas att effekten är störst på mulljordar och sandjordar eftersom dessa inte är så effektiva på att binda cesium. En reduktion av upptaget på dessa jordar med 50–70 % är möjlig vid en giva på 100–200 kg kalium per hektar. Att kaliumgödsla redan under nedfallsåret, till exempel efter den första vallskörden, kan ge en god effekt för att minska upptaget av cesium.

## Kalkning

Kalkning minskar upptaget av strontium i grödan genom att kalcium tas upp i stället för strontium. Effekten har visat sig vara större på sandiga jordar och vissa jordar (till exempel mulljordar) med höga pH-värden. Kalkning kan utföras när som helst under året då det är möjligt att sprida och blanda in kalken i matjorden med efterföljande harvning eller plöjning. Underhållskalkning som grundkalkning av sura jordar bör rekommenderas efter ett radioaktivt nedfall för att konkurrera ut radioaktivt strontium

## Fosforgödsling

Rapporten ”Motåtgärder i växtodlingen efter ett nedfall av radioaktivt strontium vid olika nedfallsnivåer och årstider” anger bland annat att strontium kan bilda svårslösliga salter tillsammans med fosfat. Lösligheten hos strontium sänks och därigenom möjligheten till växtupptag.

Fosforgödselmedel av typ superfosfat innehåller även betydande mängder kalcium. Tillförsel av kalcium minskar upptaget av strontium i växten genom att kalcium tas upp på bekostnad av strontium. I dagsläget är det inte tillräckligt dokumenterat hur effektiv åtgärden är om den genomförs under fältförhållanden.

## **Användning av grödan för el- och fjärrvärmeproduktion**

Kontaminerad halm som slås strax före planerad skörd är torr och mycket lämplig att använda som bränsle i värmekraftverk. Om kontaminerad halm ska användas som bränsle måste man avgöra om askan blir ett avfalls- eller strålskyddsproblem innan man börjar el- eller fjärrvärmeproduktionen. Detta gäller både stor- och småskalig användning, då anrikning av radionuklider i processen kan bli stor. Storskalig användning av bränsle som innehåller radioaktiva ämnen kan bli ett strålskyddsproblem. Därför krävs det att man utreder detta i förväg. Det är också en förutsättning att man kan ta hand om rökavgaserna efter förbränningen med avseende på radioaktivt cesium. Grödor med högt vatteninnehåll och grödor med för höga halter av långlivade radionuklider kan istället användas för energigasproduktion, det vill säga framställning av biogas. Då radionukliderna är kvar i rötresterna måste man även i detta fall avgöra om dessa kan utgöra ett avfalls- eller strålskyddsproblem och hur man ska hantera och vidareanvända rötresterna på ett säkert sätt.

## **Träda**

Att lägga mark i träda, det vill säga att inte längre använda den till produktion av jordbruksprodukter efter ett nedfall av radioaktiva ämnen kan vara nödvändigt när det inte är lämpligt eller möjligt att sanera. Man kan till exempel så in blommor och växter som blommar länge för att underlätta för pollinering och andra insekter som jordbruket är beroende av. Marker som är svåra att sanera eller ta i produktion kan på så sätt ändå få ett stort värde för primärproduktionen. Ersättningsfrågan kommer att behöva beaktas.

## **Åtgärder för livsmedelsproducerande djur**

### **Utfodring med rent foder**

Efter ett nedfall av radioaktiva ämnen behöver livsmedelsproducerande djur utfodras med rent foder och vatten. Detta förutsätter att sådant foder finns tillgängligt, antingen eget eller inköpt från områden som inte är kontaminerade. Beroende på vilken tidpunkt på året som nedfallet sker kan det uppstå brist på rent foder. Då kan man överväga att ändå utfodra djuren med kontaminerat foder eller låta dem beta på kontaminerade marker, och om möjligt saneringsutfodra dem i ett senare skede.

## Begränsning av upptaget i djurens magtarmkanal

Vid brist på rent foder och vatten, så kan man minska djurens upptag av cesium och strontium i magtarmkanalen genom att blanda in olika tillsatser i fodret. Bentonit och olika zeoliter är lermineraller som kan binda till sig cesium, genom en jonbytesmekanism, och därmed minska upptaget. Nackdelarna med lermineraller är att det behövs relativt stor dosering. Tillsatser i fodret i storleksordningen 0,5–2 g per kg kroppsvikt rekommenderas. Denna dos bentonit reducerar i allmänhet upptaget av cesium i nötkreatur med 50–80 %. Fullvuxna kor på bete äter normalt upp till 1 kg jord per dygn om möjlighet ges för att tillfredsställa mineralbehovet, men för mycket av lermineraller är inte smakligt för djuren och kan på sikt rubba mineralbalansen hos mjölkkor.

Ett annat ämne som visat sig vara effektivt som cesiumbindare är berlinerblått. Den form av ämnet som man använder är ammoniumjärnhexacyanoferrat som också kallas för giesesalt. Blandat i foder kan berlinerblått också ges till enkelmagade djur såsom höns, slaktkycklingar och slaktsvin. Nackdelarna med berlinerblått är att det är relativt dyrt, kan vara svårt att få fram tillräckliga mängder och att det missfärgar foder, djur och personal.

Tillförsel av kalcium efter djurens behov minskar något absorptionen av radioaktivt strontium i djurkroppen. Djurens ålder har betydelse för absorption av strontium i magtarmkanalen eftersom absorptionen avtar med ökande ålder. Detta antas vara en funktion av ett minskande kalciumbehov för tillväxt av ny benvävnad. Absorption av strontium hos mjölkkor är beroende av hur väl kalciumbehovet täcks av den dagliga fodergivan.

## Åtgärder inför slakt

Mätning av gammastrålände ämnen i levande djur har använts, efter Tjernobylolyckan 1986 i flera nordiska länder, för att bestämma mängden radioaktivt cesium i muskulaturen. Rutinmässigt har man genomfört mätningar inom rennäringen. Andra levande djur som mätts på i mindre omfattning har varit får och nötkreatur. Med hjälp av mätresultaten kan djurägare och myndigheter avgöra om åtgärder behöver vidtas inför slakt, och vilka åtgärder som kan vara lämpliga.

Genom att ta in djur som ska gå till slakt från bete, helst innan nedfallet sker eller så snart som möjligt, och utfodra med rent foder och vatten, möjliggör man användning av köttet som livsmedel. Har djuren utfodrats med kontaminerat foder eller vatten behöver man ta hänsyn till hur lång tid det tar för de olika radionukliderna att försvinna ur djurkroppen från det att man börjar utfodra med rent foder. En samordnad foderrådgivning kan möjliggöra att djuren kan gå till slakt för att bli livsmedel. Länsstyrelsen kan hjälpa primärproduktionen genom att arrangera samordnande branschmöten om hur slakten kan upprätthållas.

Sanering av renar och hjortdjur i hägn kan ske med hjälp av stödutfodring med rent foder. Denna metod har med framgång använts efter Tjernobylolyckan för att minska halterna av radioaktivt cesium i renar innan slakt, och skulle även fungera bra för andra växtätare om de utfodras med rent foder och vatten.



Den tid det tar att sanera djuret beror dels av vilket radioaktivt ämne det är frågan om och dels av vilket djurslag det är. Mätning av halter (Bq/kg) av cesium-137 på levande djur ger en fingervisning om djuren kan slaktas eller måste gå på saneringsutfodring innan slakt. Dessutom kan man utfodra renar och hjortdjur i hägn med olika cesiumbindare som effektivt förhindrar att djuren tar upp cesium. När det gäller vilda djur som jagas, men även renar kan man även utnyttja den säsongsvariation som finns i djurens cesiumhalter. Säsongsvariationen beror i huvudsak på födoalet. Genom att flytta tidpunkten för jakt eller slakt kan man erhålla livsmedel med lägre halter av radioaktiva ämnen.

## Fördjupningsavsnitt om markspredning och rotupptag

### Spredning av radioaktiva ämnen i marken

Vid nedfallet deponeras delar av nedfallet på vegetationen och transporteras vidare antingen in i växten eller vidare till marken genom inverkan av regn och/eller vind. De radioaktiva ämnen som tagits upp av vegetationen överförs förr eller senare till marken via transport till rötterna eller via förnafall (blad, barr, stjälkar etcetera). När förnan bryts ner av mikroorganismer och markdjur blir de radioaktiva ämnena tillgängliga för växtupptag igen.

Förnanedbrytning liksom plöjning och harvning påverkar löslighet och fördelning av de radioaktiva ämnena i marken. Den omrörning som åstadkoms ökar kontakten med markpartiklarna och leder till svaga och starka bindningar av de radioaktiva ämnena. Omrörningen påverkar också den vertikala fördelningen av ämnena och sänker deras koncentration när de späds ut i en större jordmassa. Positivt laddade radioaktiva joner attraheras av de negativt laddade ytorna på mineral- och humuspartiklar. Detta innebär att de radioaktiva jonerna blir olika hårt bundna men fortfarande tillgängliga för växtupptag genom jonbyte. Genom denna bindning till markpartiklar migrerar särskilt radioaktivt cesium långsamt ner i markprofilen och läckaget ut i vattendrag blir därför litet. Radioaktivt cesium kan dock också med tiden fixeras (bindas hårt) i lermineralens kristallstruktur och blir endast genom vittring återigen tillgängligt för växtupptag och läckage. Migration av cesium är större i organogena jordar än i mineraljordar.

Migrationsstudier har visat att strontium rör sig snabbare genom jordprofilen än cesium, särskilt i sandiga jordar, även om migrationshastigheten är låg.

Markegenskaperna påverkar hur vattenlösliga ämnen sprids i mark. Porös, blöt eller mullfattig mark släpper igenom mer markvatten än kompakt, torr eller mullrik mark. Lerjordar är de tätaste och mest ogenomsläppliga jordarterna. De kan vara så täta att de effektivt stoppar all genomrinning. Vätskan tenderar då istället att rinna längs med de täta ytorna tills annat, mer genomsläppligt material nås. Sandjordar är de jordar som har lättast för att släppa igenom olika lösta ämnen.

## Rotupptag

Med tiden omfördelas de radioaktiva ämnena från markytan och förs från ytnära skikt till allt djupare skikt av markprofilen. För att växtens finrötter ska kunna ta upp de radioaktiva ämnena måste de finnas i jonform. I markvätskan förekommer många växtnäringsämnen och även radioaktiva ämnen som katjoner (positivt laddade) medan vissa förekommer som anjoner (negativt laddade). Växttillgängligheten av många ämnen påverkas av markens surhetsgrad, pH. Växtnäringsämnen som finns i markvätskan räcker dock inte långt. Den måste ständigt fyllas på ifrån markens förråd.

Jordarnas lerhalt, mullhalt, näringsstatus, pH-värde och rotfördelning har stor inverkan på rotupptagningen av radioaktiva ämnen. Mineraljordar, särskilt lerjordar som fixerar cesium, visar en klart lägre upptagning av radioaktivt cesium än i organogena jordar. Cesium fixeras mycket hårt till lermineral. Fixeringsförmågan minskar i ordningen: lerjord > mjälajord > mojord > sandjord > organogen jord.

Upptaget i växter är större för radioaktivt strontium än för radioaktivt cesium. Detta beror på att strontium är kemiskt närbesläktat med makronäringsämnet kalcium samt att strontium inte binds lika hårt i marken som cesium. Strontium fixeras inte till lermineral som cesium gör. Generellt är upptaget för strontium i växter större på grovkorniga jordar, såsom sandjordar, än från lerjordar eller organogena jordar.



**Här finner du  
ytterligare  
information**

# Här finner du ytterligare information

## Livsmedelverket och Jordbruksverket

På Livsmedelsverkets webbplats finns den så kallade Livsmedelsboken (Produktion och hantering av livsmedel vid nedfall av radioaktiva ämnen) publicerad. [www.livsmedelsverket.se](http://www.livsmedelsverket.se).

"Boken är ett kunskapsunderlag som kan användas i arbetet med att skapa och upprätthålla beredskap för att kunna hantera konsekvenserna av en kärnkraftsolycka. Boken är också ett verktyg som i vissa delar kan användas vid en pågående kärnkraftsolycka. Den är skriven så att läsaren ska kunna förstå viktiga händelseförlopp, möjlig påverkan på livsmedelskedjans olika delar och tänkbara åtgärder. Boken kan även vara intressant för allmänhet och media."<sup>1</sup>

Även på Jordbruksverkets webbplats finns en mängd information inom området. [www.jordbruksverket.se](http://www.jordbruksverket.se).

Not 1. Citat från [www.slv.se](http://www.slv.se) ang "Livsmedelsboken".



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 [www.msb.se](http://www.msb.se)

Publikationsnummer MSB2548 – februari 2025 ISBN-nummer 978-91-7927-377-4