

Utsöndringen av Cs-137 hos renar vid utfodring med foder innehållande varierande mängd bentonit respektive kalium

Excretion of radiocesium in reindeer – effect of supplements of potassium and bentonite.

Birgitta Åhman

Inst. för Veterinärmedicinsk Näringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Box 7023, S-750 07 Uppsala.

Sammanfattning: Sex renkalvar utfodrades med foder innehållande tillsats av kalium och/eller bentonit i syfte att undersöka dessa tillsatsers effekt på utsöndringen av radioaktivt cesium.

Renarna började försöket med en hög halt av radiocesium i kroppen. De utfodrades med foder utan tillsats, tillsats av 15 g K/dag respektive tillsats av 15 g K + 80 g bentonit/dag. Skillnaden mellan renar inom grupperna var stora. Halveringstiden för radioaktivt cesium i blodet blev dock kortare för de renar som fått K eller K + bentonit (11–13 dagar) jämfört med de renar som inte fått något tillskott (15–18 dagar).

Under nästa del av försöket fick renarna lav, som gav ett intag av Cs-137 på 20 kBq/dag. Ökningen av cesium i blodet påverkades kraftigt av bentonittillskott. Två renar som inte fått något tillskott av bentonit hade efter tre veckor nästan 10 gånger högre koncentration av Cs-134+137 i blodet som de som fått 23 respektive 46 g bentonit/dag. Utsöndringen av radiocesium var betydligt högre hos de renar som fått bentonit. Absorptionen av Cs-137 från fodret beräknades till 15–25% för de renar som fått bentonit och ca 70% för renar utan tillskott.

Försöket avslutades med helutfodring (inget intag av radioaktivt cesium). Renarna fick då tillskott av bentonit på två olika nivåer (23 g respektive 46 g per dag). Utsöndringen av Cs-137 i träck var i genomsnitt högre för den grupp som fått mer bentonit. Halveringstiden för Cs-134+137 i blod var 13–14 dagar för de renar som fått den mindre mängden bentonit och 10–11 dagar för de som fått den större mängden.

Rangifer Special Issue No. 2: 44–52

Åhman, B. 1988. Excretion of radiocesium in reindeer — effect of supplements of potassium and bentonite.

Summary: Six reindeer calves were fed feed containing supplements of potassium and/or bentonite. The purpose was to see in what respect these supplements could affect the excretion of radiocesium.

The reindeer started with high levels of radiocesium in their bodies. They were fed feed with no supplement, supplement of 15 g K/day or supplements of 15 g K + 80 g bentonite/day. There were big differences between reindeer within the groups. The half times for radiocesium were shorter for reindeer that had received K and K + bentonite (11–13 days) than for those without supplements (15–18 days).

During the next part of the experiment the reindeer were fed lichens, and had an intake of 20 kBq Cs-137/day. The increase of radiocesium in blood was highly affected by supplements of bentonite. Two reindeer that had not received any bentonite had, after three weeks of feeding, nearly 10 times the radiocesium in blood as did those who had got supplements (23 or 46 g/day) of bentonite. Excretion of radiocesium was significantly higher in those reindeer receiving bentonite. The absorption of cesium from the food was calculated to 15–25% for reindeer receiving bentonite and to ca 70% for reindeer that got no supplements.

The experiment was completed with a period of feeding with no intake of radiocesium. The animals were given supplements of bentonite at two levels (23 g and 46 g/day). The excretion of radiocesium in faeces was higher for the group receiving the higher supplement of bentonite. Half times for radiocesium in blood was 13–14 days for the group that was given less bentonite and 10–11 days for those receiving the higher amount.

Key words: Reindeer, radiocesium, feeding, potassium, bentonite.

Rangifer Special Issue No. 2: 44–52

Kärnkraftsolyckan i Tjernobyl ledde till ett radioaktivt nedfall inom stora delar av det svenska renskötselområdet. Förhöjda halter av radioaktivt cesium i renbetet har gjort att renarna på många platser fått mycket höga halter av cesium i kroppen.

I fjällsamebyarna i Norrbottens län var nedfallet lågt och efter en höjning av riktvärdet för renkött till 1500 Bq Cs-137/kg utgör radioaktivt cesium inte något praktiskt problem i dessa samebyar (Åhman et al, 1987). I nästan alla övriga samebyar har renskötseln påverkats. I de värst drabbade områdena i södra Västerbotten och norra Jämtland kommer nästan allt kött från renar slaktade efter mitten av september i år att bli kasserat på grund av för hög cesiumhalt. I många samebyar har man kunnat rädda en hel del renkött genom tidigareläggning av slakten till augusti och början av september. Genom utfodring av slaktrenar vintern 1986/87 kunde också en del renkött räddas. Såväl utfodring som flyttning av renar ingår i det program som utarbetats för 1987/88.

För att minska upptaget och öka utsöndringen av radioaktivt cesium har foder med olika tillsatser prövats. Genom tillsats av bentonit (Mraz, 1957) eller kalium (Holeman & Luick,

1975) kan utsöndringen av cesium ökas. Vår ambition med de försök som här redovisas, har varit att studera hur dessa tillsatser påverkar utsöndring av cesium-137, dels vid helutfodring och dels vid tillskottsutfodring då renen samtidigt äter lav med hög halt av radioaktivt cesium.

Material och metoder

Försöket har genomförts under vintern 1986/87 vid Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för veterinärmedicinsk näringslära, i Uppsala.

I försöken användes 6 hankalvar (1/2 år gamla vid försökets start i nov -86). Renarna vägde 42 – 50 kg vid försökets start och hade vid slakt ökat sin vikt till 47 – 52 kg. Renarna gick i individuella fällor (2 x 4 m) utomhus och utfodrades två gånger per dag. Foder- och vattenkonsumtion registrerades kontinuerligt.

Försöket omfattade två månaders helutfodring, period I (tabell 1), en dryg månads utfodring med lav i kombination med foder, period II (tabell 2) och slutligen ytterligare en månads helutfodring, period III (tabell 3). Vid utfodringen användes ett grundfoder bestående av 1/3 renfor, 1/3 avrenspellet och 1/3 luzernpel-

Tabell 1. Foderkonsumtion samt tillskott av K respektive bentonit under period I.

Table 1. Consumption of feed and supplements of K and bentonite during period I.

Period I	Foder (91% t.s.) per ren och dag	Tillskott per ren och dag		
		Grupp I-1 ren nr 1 och 2	Grupp I-2 ren nr 3 och 4	Grupp I-3 ren nr 5 och 6
17/11 – 5/12	1200 g	–	15 g K	15 g K + 73 g Bentonit
6/12 – 19/12	1350 g	–	16 g K	16 g K + 82 g Bentonit
20/12 – 6/1	1500 g	–	–	–
7/1 – 12/1	”	180 g Bentonit*	180 g Bentonit*	180 g Bentonit*
13/1 – 15/1	”	–	–	–

* hög bentonithalt pga att en fodersäck blivit felmärkt från tillverkaren

Tabell 2. Konsumerad mängd lav och pelleterat foder samt tillskott av bentonit under period II.

Table 2. Consumption of lichens, pellets and supplements of bentonite during period II.

Period II	Lavg (t.s.) per dag	Cs-137 per dag	Foder (91% t.s.) per dag	Tillskott av bentonit per dag		
				Grupp II-1 ren 1 och 4	Grupp II-2 ren 2 och 5	Grupp II-3 ren 3 och 6
16/1 – 29/1	500 g	20 kBq	750 g	–	23 g	46 g
30/1 – 6/2	500 g	20 kBq	850 g	–	23 g	46 g
7/2 – 20/2	500 g	20 kBq	900 g	27 g	27 g	27 g

Tabell 3. Foderkonsumtion samt tillskott av bentonit under period III.

Table 3. Consumption of feed and supplements of bentonite during period III.

Period III	Foder (91% t.s.) per ren och dag	Tillskott av bentonit per ren och dag	
		Grupp III-1 ren nr 1, 2, 3	Grupp III-2 ren nr 4, 5, 6
21/3 – 23/3	1500 g	23 g	46 g

lets (tabell 4). Till detta sattes varierande mängd bentonit respektive kalium. Den lav som renarna fick var plockad i Heby utanför Uppsala och innehöll ca 40 kBq Cs-137/kg t.s.

Innan renarna togs till Uppsala hade de vistats ca en månad på renförsöksstationen i Koulpavaare (Gällivare). Utfodringen var den samma som under första perioden i Uppsala (se tabell 1). På Koulpavaare utfodrades renarna i grupper om fyra djur varav två ur varje grupp togs till Uppsala.

Med en till två veckors mellanrum togs blodprover för mätning av radioaktivt cesium. Varje gång togs ca 20 ml. Blodet hemolyserades genom frysning och mätningarna gjordes på helblod.

Halveringstid för cesium i blodet har beräknats enligt formel:

$$t_{1/2} = \frac{t \cdot \ln 2}{\ln C_0/C_t} \quad \begin{array}{l} C_0 = \text{konc. vid tiden } 0 \\ C_t = \text{konc. vid tiden } t \end{array}$$

Träck och urin insamlades under tvådygnsperioder vid två tillfällen under period I, tre gånger under period II och två gånger under period III.

Under uppsamlingsperioderna stod renarna i burar inomhus. Träck samlades i påse fastsatt med en sele. Urin samlades i balja under buren. Mängden träck och urin per dygn vägdes och

Tabell 4. Kemisk sammansättning av pelleterat foder bestående av 1/3 renfor, 1/3 avrenspellet och 1/3 luzernpellets.

Table 4. Chemical composition of pellets used during the experiment.

	% i t.s.
Protein	11.3
Växtträd	19.8
Aska	7.3
K	0.7
Mg	0.1
Ca	0.4

från varje dygns samlings togs prov för bestämning av radioaktivt cesium. I träckproverna bestämdes även torrsubstans.

För att få ett mått på utsöndringen relativt till kroppens cesiumhalt har den faktiska utsöndringen per dag relaterats till den aktuella koncentrationen av Cs-137 i blodet. Eftersom blodprov inte tagits under uppsamlingsperioderna har cesiumkoncentrationer i blodet under de aktuella dagarna i stället beräknats utgående från uppmätta värden under försöksperioden och beräknade halveringstider.

Vid försökets slut slaktades renarna och prover för cesiumbestämning togs av kött (bog).

I träck, kött och lavprover mättes både Cs-134 och Cs-137, var för sig. I blodprover och i urin mättes Cs-134+137 tillsammans. Vid omräkning från totalt Cs-134+137 till enbart Cs-137 användas en multipliceringsfaktor på 0.69 (medelvärde för relationen mellan Cs-134+137 och Cs-137 i lav). Samtliga mätningar av radioaktivt cesium gjordes vid Institutionen för radioekologi, SLU.

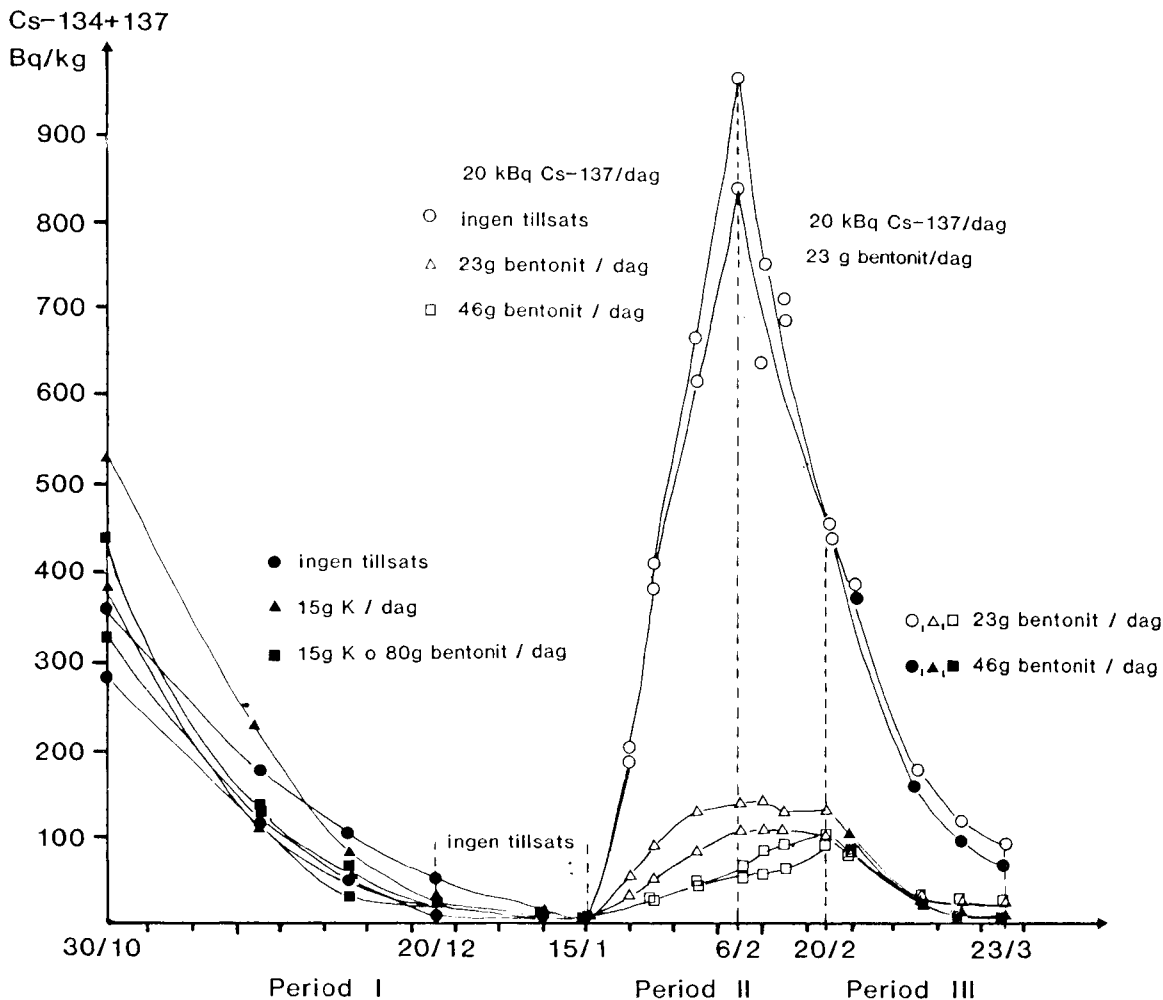
Resultat

Radioaktivt cesium i blodet

Ändringarna i radioaktivt cesium i renkroppen under hela försöket har följts med hjälp av blodprover. Resultatet redovisas i figur 1.

Under period I då renarna utfodrades med enbart pelleterat foder sjönk värdena kontinuerligt. Vid första blodprovstagning, som skedde på Koulpavaare knappt tre veckor innan renarna transporterades till Uppsala, låg värdena på 280 – 530 Bq Cs-134+137/kg helblod. Detta motsvarar, enligt jämförelser som gjorts mellan blod och köttvärden på slaktren, (Åhman 1986), 1.5 – 3 kBq Cs-137/kg kött. Cs-halterna i slutet av period I var knappt mätbara (0 – 12 Bq/kg).

De biologiska halveringstiderna under perioden har beräknats och redovisas i tabell 5. För hela perioden fram till 20/12, då alla renar sattes



Figur 1. Cesium-134+137 i helblod från renar under olika perioder av försöket. Period I: helutfodring med tillskott av kalium eller kalium + bentonit. Period II: utfodring med radioaktivt kontaminerad lav (20 kBq Cs-137/dag) i kombination med foder innehållande olika mängder bentonit. Period III: helutfodring med tillskott av bentonit på två olika nivåer.

Figure 1. Radiocesium (134+137) in blood from reindeer during different parts of the experiment. Period I: When feeding pellets and no supplements or supplements of K or K + bentonite. Period II: When feeding lichens (500 g D. M./day) containing 40 kBq Cs-137/kg D.M. in combination with pellets and no supplements, 23 g bentonite/day or 46 g bentonite/day. Period III. When feeding pellets and 23 or 46 g bentonite/day.

på samma utfodring, var halveringstiderna för renarna i grupp I-1, som fått foder utan tillsats, 18 resp 15 dygn. Halveringstiderna för övriga renar, som fått tillsats av kalium eller kalium + bentonit, låg på 11 till 13 dygn. Under den senare delen av denna period (22/11 – 20/12) kom en ren ur vardera grupp I-2 och I-3 ner till halveringstider på 9 (ren nr 4) respektive 7 (ren nr 5) dygn.

Efter den 20/12 fick alla renar foder utan tillsats under tre veckor. Några halveringstider under dessa veckor har inte kunnat beräknas eftersom blodvärdena kom ner på alltför låga nivåer. I fem dagar fick renarna, pga att en fodersäck varit felmärkt, foder med hög bentonithalt. Om detta på något sätt ökade renens cesiumutsöndring gick inte att avgöra då blodvärdena var så låga.

Tabell 5. Halveringstider för radioaktivt Cs i renkroppen beräknade med hjälp av uppmätta blodvärden under två perioder med helutfodring och inget intag av Cs. Fodren innehöll olika mängder kalium och/eller bentonit

Table 5. Half times for radiocesium in the reindeer body when feeding supplements of K and/or bentonite. The animals had no intake of radiocesium.

Ren nr	1	2	3	4	5	6
Period I	Grupp I-1		Grupp I-2		Grupp I-3	
30/10 – 20/12	18 d (ingen tillsats)	15 d	13 d (15 g K per dag)	12 d	11 d (15 g K + 80 g bentonit)	13 d
Period III	Grupp III-1			Grupp III-2		
24/2 – 23/3	14 d (23 g bentonit per dag)	14 d	13 d	11 d (46 g bentonit per dag)	10 d	10 d

Lavutfodringen (period II) startade med renarna så gott som tömda på radioaktivt cesium. Gruppindelningen ändrades vid inledningen av perioden (se tabell 1 och 2). Intaget av cesium-137 via lav var i genomsnitt 20 kBq/ren och dag. Under de tre första veckorna ökade blodets cesiumhalt mycket snabbt. Skillnaden mellan grupp II-1 (ren 1 och 4), som inte fått någon tillsats av bentonit i fodret, och de övriga är mycket tydlig (figur 1). Efter tre veckor börjar blodvärdena hos renarna i grupp II-2 och II-3 stabilisera sig, grupp II-2 på drygt 100 Bq/kg och grupp II-3, som fått den större mängden bentonit, på en något lägre nivå, 50 – 60 Bq/kg. I grupp II-1 ses ingen utfläckning av kurvan, och cesium-halterna kom upp till 800 – 1000 Bq/kg helblod.

Efter knappt 4 veckor sattes alla renar på samma diet – lav samt tillskottsfoder med låg bentonittillsats (23 g bentonit/dag). Grupp II-2, som inte ändrat sin diet, låg som väntat kvar på samma blod-cesiumnivå. Grupp II-3 ökade till samma nivå som grupp 2 (ca 100 Bq Cs 134+137/kg helblod). Grupp II-1 som inte tidigare fått någon tillsats av bentonit sjönk drastiskt till ca 450 Bq/kg (halva ursprungsvärdet) på två veckor.

I samband med att nästa försöksperiod med helutfodring (period III) startade delades renarna in i två grupper. En ren från vardera tidigare grupp II-1, 2 och 3 fick bilda en ny grupp, III-1, som fick låg tillsats av bentonit, 23 g/dag, i fodret. De andra renarna bildade grupp III-2 och fick en högre tillsats av bentonit, 46 g/dag.

Av figur 1 framgår att renarna som fick den högre bentonittillsatsen, grupp III-2, sjönk nä-

got fortare i blodcesiumhalt. Beräknade halveringstider återfinns i tabell 5. För grupp III-1 blev halveringstiderna 13 – 14 dygn och för grupp III-2, 10 – 11 dygn. Det var ingen skillnad i halveringstid mellan de renar som startade med hög halt i blodcesium (ren 1 och 4) och övriga renar, som hade betydligt lägre utgångsvärden.

Renarna slaktades efter en månads helutfodring. Cs-134 + 137 i blod vid slakt redovisas i tabell 6. I samma tabell återfinns värden för cesium-137 i köttprover. Relationen Cs-137 i muskel / Cs-134 + 137 i helblod har beräknats. Medelvärdet för samtliga renar var 6.9 ± 1.5 .

Utsöndringen av cesium-137

Utsöndringen av Cs-137, relativt till blodets cesiumhalt, under period I redovisas i tabell 7 och 8. Skillnaderna mellan renar inom samma grupp var stora och vi fick inte någon entydig effekt av tillsatserna (K och bentonit) på den totala utsöndringen. Mängden urin var större (2 – 3 gånger högre) för de renar som fick extra kalium. Hos de renar som fick bentonit var koncentrationen av cesium i träcken något högre.

Under nästa helutfodring, period III, var resultaten jämnare inom grupperna (tabell 8). Den totala utsöndringen av Cs-137 var i genomsnitt högre för de renar som fick den större mängden bentonit (grupp III-2). Till största delen av detta en effekt av högre koncentration av Cs-137 i träcken. Mängden urin var betydligt högre för två renar i denna grupp (nr 5 och 6) – drygt dubbla mängden jämfört med renarna i grupp III-1 (se även Åhman, B. 1987).

För period II då renarna utfodrades med lav i kombination med foder har utsöndringen av cesium-137 (absoluta värden – kBq/dygn) redovisats i figur 2. Renarna startade perioden så gott som utan radioaktivt cesium i kroppen (figur 1). Träck och urin uppsamlades under periodens fyra första dygn – under första och andra dygnet från ren nr 4, 5 och 6 och under tredje och fjärde dygnet från ren nr 1, 2 och 3. Motsvarande uppsamlingen gjordes sedan vid ytterligare två tillfällen under perioden. Utsöndringen av cesium-137 i träcken ökade snabbt under de första dygnen och stabiliserade sig sedan mot slutet av perioden. Utsöndringen i urin följer i stort ökningen av blodets cesiumhalt under perioden. Relativt till blodcesium är dock utsöndringen via urin ungefär dubbelt så hög som under period I och III då renarna inte hade något intag av radioaktivt cesium.

Diskussion

Under försöket har blodcesium använts som ett mått på mängden cesium i renkroppen. Det är ett relativt lätt prov att ta, speciellt på tama försöksdjur och man kan följa samma djur under en längre period. Av analytiska skäl har vi valt att använda helblod.

Relationen mellan Cs-137 i helblod och Cs-137 i kött har beskrivits bl a av Åhman, 1986. Korrelationen är vanligtvis mycket hög för renar slaktade vid ungefär samma tidpunkt. Kvoten kött/blod är dock beroende av om renarna befinner sig i uppåtgående fas eller om de är i balans med avseende på radioaktivt cesium. Man får en viss eftersläpning av ändringen i köttets halt jämfört med motsvarande ändring i blodet.

Vid beräkningarna av halveringstider för Cs-137 har vi räknat med att kvoten kött/blod ska ha stabiliserats efter ca en veckas utfodring. De

Tabell 6. Cesium-134 + 137 i helblod och Cs-137 i kött vid slakt (Bq/kg våtvikt) samt relationen Cs-137 i kött/Cs-134 + 137 i helblod.

Table 6. Cesium-134 + 137 in blood and Cs-137 in meat at slaughter (Bq/kg wet weight) and the relation between Cs-137 in meat and Cs-134 + 137 in blood.

Ren nr	Grupp III-1			Grupp III-2		
	1	2	3	4	5	6
Blod	87	22	19	68	11	17
Kött	664	116	126	405	104	103
Kött/blod	7.6	5.3	6.6	6.0	9.5	6.1

Tabell 7. Utsöndringen, under period I, av Cs-137 i urin och träck relativt till blodcesium (utsöndrat Bq/dag per Bq/kg i helblod) vid utfodring med foder innehållande kalium respektive kalium + bentonit. (Medelvärde \pm S.D.)

Table 7. Excretion, during period I, of Cs-137 in urine and faeces relative to cesium in blood (excreted Bq/day per Bq/kg in blood) when feeding pellets and no supplements (group I-1), 15 g K/day (group I-2) or 15 g K and 80 g bentonite/day (group I-3). Mean S.D.

	Antal obs	Utsöndrat		Totalt
		i urin	i träck	
Grupp I-1 (ingen tillsats)				
Ren nr 1	4	2.6 \pm 0.1	5.0 \pm 0.4	7.6
Ren nr 2	4	4.9 \pm 2.0	6.0 \pm 1.1	10.9
Grupp I-2 (15 g K/dag)				
Ren nr 3	4	8.8 \pm 2.7	5.2 \pm 0.4	13.9
Ren nr 4	4	6.2 \pm 1.6	4.4 \pm 0.8	10.5
Grupp I-3 (15 g K + 80 g bentonit/dag)				
Ren nr 5	4	5.8 \pm 4.5	8.5 \pm 3.5	14.4
Ren nr 6	4	4.0 \pm 0.8	6.9 \pm 0.4	10.9

Tabell 8. Utsöndringen, under period III, av Cs-137 via urin och träck relativt till blod-cesium (utsöndrat Bq/dag per Bq/kg i helblod) vid utfodring med foder innehållande olika mängd bentonit. (Medelvärde \pm S.D.)

Table 8. Excretion, during period III, of Cs-137 in urine and faeces relative to cesium in blood (excreted Bq/day per Bq/kg in blood) when feeding pellets and supplements of 23 (group III-1) or 46 (group III-2) g bentonite/day. Mean S.D.

	Antal obs	Utsöndrat via urin	via träck	Totalt
Grupp III-1 (23 g bentonit/dag)				
Ren nr 1	4	2.5 \pm 0.6	8.8 \pm 1.5	11.3
Ren nr 2	2	4.9/4.7	9.4/8.2	13.6
Ren nr 3	4	4.0 \pm 0.4	10.2 \pm 2.4	14.2
				13.0 \pm 1.5
Grupp III-2 (46 g bentonit/dag)				
Ren nr 4	4	4.5 \pm 0.2	9.7 \pm 1.2	14.2
Ren nr 5	4	4.6 \pm 0.7	13.5 \pm 3.2	18.1
Ren nr 6	4	4.8 \pm 0.6	10.6 \pm 0.8	15.4
				15.9 \pm 2.1

blodvärden vi utnyttjat vid beräkningar har varit tagna minst en vecka efter starten av period I respektive III och de halveringstider för blod som vi erhållit bör således vara representativa även för kött.

Denna undersökning avsåg framför allt att utvärdera huruvida de använda fodertillsatserna (kalium och bentonit) har någon effekt på mängden cesium som renen utsöndrar respektive ackumulerar i kroppen. Kalium konkurrerar med cesium i kroppen och extra kalium ökar cirkulationen av cesium och därmed utsöndringen via både träck och urin. Dessutom ökar kalium vätskeomsättningen och mängden urin som utsöndras. (se även Åhman, 1987). Detta kan också bidra till en ökad utsöndring av cesium. Bentonit binder cesium i mag-tarmkanalen. Då cesium cirkulerar i kroppen förhindras på så sätt det cesium som kommer ut i mag-tarmkanalen att åter tas upp i blodet. I stället utsöndras det via träcken. Bentoniten har störst betydelse då djuret har ett intag av cesium via födan. Genom att cesium binds minskas avsevärt absorptionen och upptaget i kroppen.

Resultaten från period I då effekten av kalium respektive kalium i kombination med bentonit vid helutfodring (inget intag av radioaktivt cesium) studerades kan utläsas ur figur 1 samt tabell 5 och 7. Extra tillsats av kalium tycks minska halveringstiden med i genomsnitt 3 - 4 dagar medan bentoniten, under period I, inte gav nå-

gon ytterligare effekt (trots att dosen var hög jämfört med den mängd som renarna fick under period II och III). De stora individuella variationerna när det gäller utsöndringen kan delvis vara en effekt av att djuren var ovana vid den nya miljön men framför allt ovana vid att stå i bur, som de gjorde under upsamlingsperioderna. Senare (under period II och III) då djuren vant sig vid miljön och hanteringen fick vi jämnare och mer entydiga resultat.

Under period III, då två olika nivåer av bentonittillskott prövades, blev halveringstiden i blod ca tre dagar kortare för grupp III-2 som fick den större mängden bentonit (tabell 5). Den genomsnittliga utsöndringen var också större för denna grupp (tabell 8).

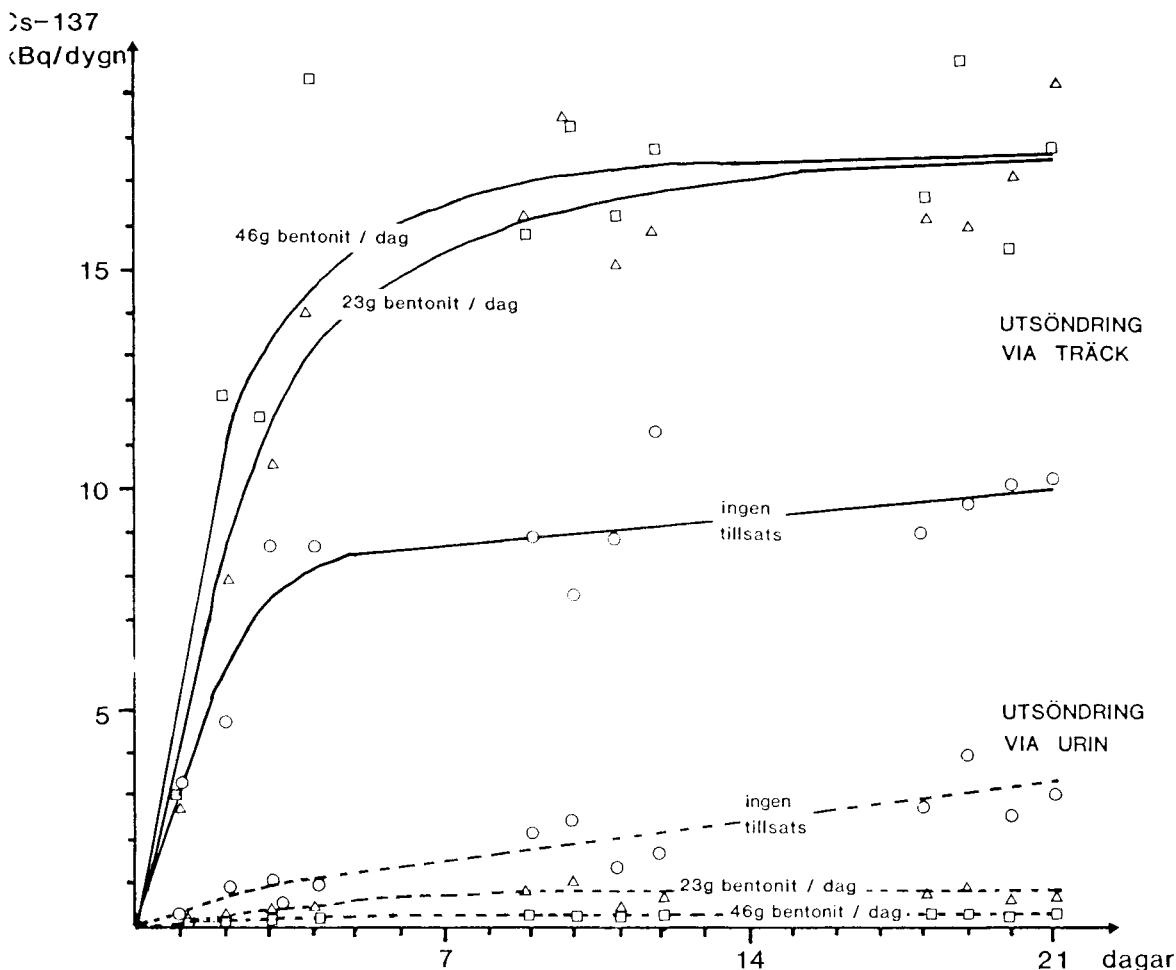
För att kontrollera hur halveringstiderna för de två grupperna överensstämmer med utsöndringen måste man ha ett värde på utsöndringen relativt till den totala mängden cesium i kroppen. Utsöndringen framgår av tabell 8. För en ren som har en blodcesiumhalt på 100 Bq Cs-137/kg blir utsöndringen 1.30 kBq/dygn i grupp III-1 och 1.59 kBq/dygn i grupp III-2. Den genomsnittliga halten av cesium i hela kroppen bör ligga i storleksordningen 5 gånger blodets halt av cesium (ett mycket grovt mått som grundar sig på halten i olika delar av kroppen vid slakt). Den totala mängden Cs-137 i kroppen kan beräknas, utifrån detta antagande, som Bq Cs-137/kg helblod \times 5 \times kroppsvikt. För en ren som

väger 50 kg (medelvikten då lavutfodringen startade var 49 ± 3 kg) och har en blodcesiumhalt på 100 Bq Cs-137/kg blir då totalt Cs-137 i kroppen = $5 \times 100 \times 50 = 25\ 000$ Bq (25 kBq).

En minskning från 25 kBq till $25 - 1.3 = 23.7$ kBq (grupp III-1) på ett dygn ger en halveringstid (enligt tidigare beskriven formel) på 13 dagar. Motsvarande beräkning för grupp III-2 ger en halveringstid på 10.5 dagar. Detta kan jämföras med uppmätta halveringstider i blod (tabell 5), 13–14 dygn respektive 10–11 dygn.

Under lavutfodringen, period II, då renarna hade ett intag av radioaktivt cesium (20

kBq/dag) ser man en mycket dramatisk effekt av, endast ett litet, tillskott av bentonit (figur 1). Efter drygt tre veckor hade renarna som inte fått tillskott av bentonit (grupp II-1) nästa 10 gånger högre cesiumhalt i blodet än de renar som fått bentonit (grupp II-2 och 3). Renarna som fått bentonit hade vid denna tidpunkt nått en stabil cesiumnivå i blodet medan grupp II-1 fortfarande ökade kraftigt. Den totala utsöndringen av cesium-137 efter tre veckor (figur 2) var för grupp II-1 ca 13 kBq/dygn – inlagringen i kroppen var således 7 kBq/dygn. De renar som fått bentonit, grupp II-2 och II-3, hade vid sam-



Figur 2. Utsöndring av cesium-137 i träck (heldragen linje) och i urin (streckad linje) hos renar utfodrade med kontaminerad lav samt foder innehållande olika mängder bentonit (○ - ingen tillsats, △ - 23 g bentonit/dag, □ - 46 g bentonit/dag).

Figure 2. Excretion of Cs-137 in faeces (continuous line) and urine (dotted line) in reindeer fed 500 g lichens (*D.M.*), containing 40 kBq Cs-137/kg *D.M.*, per day in combination with pellets and no supplements (○), 23 g bentonite/day (△) or 46 g bentonite/day (□).

ma tidpunkt en utsöndring på 18–19 kBq/dygn, vilket var nästan i nivå med intaget (20 kBq Cs-137/dag).

Ett ungefärligt mått på absorptionen av cesium från mag-tarmkanalen kan beräknas utifrån intaget av Cs-137 (20 kBq/dag), utsöndringen via träck (figur 2) samt den förväntade utsöndringen från kroppen via träck. Utsöndringen från kroppen relativt till blodkoncentrationen har fastställts under period I (vid utfodring utan tillskott av bentonit, tabell 7) och period II (med bentonittillskott, tabell 8). Absorptionen kan beräknas som:

$$A = \frac{I - (U_t - U_k)}{I}$$

I = intag

U_t = total utsöndring via träck

U_k = utsöndring från kroppen via träck

För grupp II-2 och II-3, som fått tillsats av bentonit i fodret, blir absorptionen av cesium-137 från fodret, beräknat på detta sätt, 15–25%. De renar som inte fått bentonit (grupp II-1) hade en absorption av cesium på ca 70%.

Slutsatser

Utsöndringen av cesium ökar genom tillskott av kalium eller bentonit. Halveringstiderna för radioaktivt cesium kan förkortas med 2–4 dagar genom att man ger ett tillskott av kalium på 15 g/dag till en ren som väger 50 kg. Med tillskott av bentonit på 1 g/kg kroppsvikt och dag

kan halveringstiden förkortas med upp till 5 dagar. Halva bentonitmängden ger en något svagare effekt.

Bentonit hindrar effektivt absorptionen av radioaktivt cesium från mag-tarmkanalen. Absorptionen av cesium som finns i födan kan med ett relativt lågt bentonittillskott, 0.5–1 g/kg kroppsvikt och dag, sänkas från 70% till 15–25%.

Försöket har finansierats med medel från Lantbruksstyrelsen och Svenska Allmänna Djurskyddsföreningen.

Litteratur

Holeman, D. F. & Luick, J. R. 1975. Relationship between potassium intake and radiocesium retention in the reindeer. – In: *Mineral Cycling in Southwestern Ecosystems*. Eds: F. G. Howell, J. B. Gentry and M. H. Smith. ERDA Symposium Serie Conf-740513. pp. 557–563.

Mraz, F. R. & Patrick, H. 1957. Factors influencing excretory pattern of Cs-134, K-42 and Rb-86 in rats. – *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.* 94: 409–412.

Åhman, B. 1987. Intag och utsöndring av vatten hos renar vid utfodring med foder innehållande tillsatser av kalium eller bentonit. – (I denna publikation).

Åhman, G. 1986. Studier av radioaktivt cesium i svenska renar. Översikt över pågående undersökningar 1986. – *Rangifer*, 1986, No. 1 Appendix. pp. 53–64.

Åhman, G., Åhman, B. & Rydberg, A. 1987. Tjernobyli och rennäringen. Lägesrapport från Sverige. – (I denna publikation).