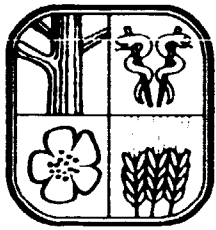


SE9300312



**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

**STUDIER AV RADIOAKTIV BELÄGGNING  
PÅ LANTBRUKSBYGGNADER OCH UTPROVNING  
AV LÄMPLIGA DEKONTAMINERINGSMETODER**

Studies of radioactive deposition on farm buildings and testing  
of some methods for decontamination

Inger Andersson • Bengt Erlandsson • Johan Hansson • Carl-Magnus Dolby

SLU-HUV-R--221.

---

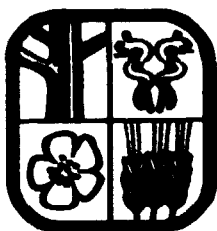
Institutionen för husdjurens  
utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Animal Nutrition and Management

Rapport 221  
Report

Uppsala 1993  
ISSN 0347-9838  
ISRN SLU-HUV-R--221--SE

---



# SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

## STUDIER AV RADIOAKTIV BELÄGGNING PÅ LANTBRUKSBYGGNADER OCH UTPROVNING AV LÄMPLIGA DEKONTAMINERINGSMETODER

**Studies of radioactive deposition on farm buildings and testing of some  
methods for decontamination  
(English summary)**

**Inger Andersson\*, Bengt Erlandsson\*\*, Johan Hansson\*\*\*  
& Carl-Magnus Dolby\*\*\***

- \* Inst. för husdjurens utfodring och vård/Södra husdjursförsöksdistriktet,  
Sveriges lantbruksuniversitet, Box 59, 230 53 Alnarp
- \*\* Avd. för kärnfysik, Lunds universitet/Lunds Tekniska Högskola,  
Sölvegatan 14, 223 62 Lund
- \*\*\* Inst. för lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet,  
Box 945, 220 09 Lund

**Projekt SSI P 624.91 enligt uppdrag av Statens strålskyddsinstitut**

---

**Institutionen för husdjurens  
utfodring och vård**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Animal Nutrition and Management**

**Rapport 221  
Report**

**Uppsala 1993  
ISSN 0347-9838  
ISRN SLU-HUV-R-221-SE**

---

<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b>	<b>Sid.</b>
<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>2</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>3</b>
<b>INLEDNING</b>	<b>4</b>
<b>MATERIAL OCH METODER</b>	<b>5</b>
<b>Takbeklädnad</b>	<b>5</b>
<b>Markprov</b>	<b>5</b>
<b>Sanering</b>	<b>5</b>
<b>Aktivitetsmätningar</b>	<b>8</b>
<b>RESULTAT OCH DISKUSSION</b>	<b>8</b>
<b>Aktivitet före sanering</b>	<b>9</b>
<b>Saneringseffekt</b>	<b>9</b>
<b>REFERENSER</b>	<b>12</b>
<b>FIGURER 1 - 6</b>	<b>13-19</b>

## SAMMANFATTNING

Med syfte att kunna minska stråldosen till människor och husdjur, som vistas i lantbruksbyggnader (djurstallar) efter radioaktivt nedfall, utfördes 1991/92 på uppdrag av Statens strålskyddsinstitut ett pilotprojekt med studier av radioaktiv beläggning på takbeklädnad och utprovning av olika saneringsmetoder. Takmaterialet bestod av stålplåt (A) och tegel (B, C, D) med 4 ytor à ca 1 m<sup>2</sup> från varje försöksled. Takytorna hämtades från tre platser och totalt fyra byggnader i områden som 1986, efter Tjernobyloolyckan, hade en markbeläggning av <sup>137</sup>Cs på 30-40 kBq/m<sup>2</sup> (A, B, C) resp. > 100 kBq/m<sup>2</sup> (D).

Aktivitetmätningarna på takytorna före och efter sanering gjordes med en HPGe-detektor, skärmad med ett blyskikt med konformad öppning, vilken medgav en effektiv observationsyta med 2 m diameter. Avståndet till mätobjekten var 1 m eller 0,5 m. Mättiden avpassades så att mätfelet skulle vara < 5 %.

<sup>137</sup>Cs-aktiviteten på tegelmaterialet före sanering (5 år efter depositionen; uppmättes till 15,2 (B), 10,2 (C) och 42,7 (D) kBq/m<sup>2</sup>, medan stålplåt-ytorna hade en aktivitet < 0,1 kBq/m<sup>2</sup> (samtliga värden medeltal för fyra ytor). Retentionen på takytorna av tegel var 38-56 % av den ursprungliga depositionen, korrigerad för fysikaliskt sönderfall. För stålplåtytorna var motsvarande värde < 0,4 %.

Fyra olika saneringsmetoder prövades: 1. Högtryckstvätt med vatten. 2. Upprepad högtryckstvätt med vatten. 3. Applicering av tvättskum (stallrengöringsmedel) och efterföljande högtryckstvätt med vatten. 4. Applicering av KCl-lösning och efterföljande högtryckstvätt med vatten.

Saneringseffekten, uttryckt som procentuell minskning av aktivitetsbeläggningen av <sup>137</sup>Cs, var i C i genomsnitt för alla metoder 55 %, dvs mer än hälften av aktiviteten hade tvättats bort. Detta material var före saneringen belagt med ett väl synligt lager av alger eller mossor, som effektivt avlägsnades vid saneringen. I B var den genomsnittliga saneringseffekten 25 %. Minst var effekten, 3 %, i D, som hade den ursprungligt högsta aktiviteten, men utan påväxt av organiskt material. Aktivitetsnivån i A var före saneringen så låg, att några mätningar efter saneringen inte ansågs motiverade. Saneringsmetod 4 var den effektivaste metoden i B och C, 32 % resp. 64 %, medan metod 3 var den effektivaste i D, 5,7 %.

Studien visar att god effekt kan uppnås vid sanering av radiocesiumkontaminerat takmaterial med utrustning och kemikalier som normalt finns tillgängliga på ett lantbruk.

## SUMMARY

Studies were made of radioactive fallout on roofs of farm buildings and of some methods of decontamination. The aim was to find ways of reducing the external radiation dose to farmers working and farm animals housed in stables in a fall-out situation. The roof material studied was steel plate (A) and tile (B, C, D), each with four sample areas of ca. 1 m<sup>2</sup>. The roof samples were collected at three places and from totally four buildings in regions which in 1986 (after the Chernobyl fallout) had a <sup>137</sup>Cs ground deposition of 30-40 kBq/m<sup>2</sup> (A, B, C) and > 100 kBq/m<sup>2</sup> (D).

Activity measurements of the roof samples were made before and after the decontamination procedure with a hyperpure Ge-detector, shielded by a layer of lead with a conically shaped opening, which allowed an effective observation area with a radius of 1 m. The distance to the measured objects was 1 or 0.5 m. The measuring time was adapted to a maximum measurement error of 5 %.

The <sup>137</sup>Cs activity of the tile samples before decontamination (5 years after deposition) was measured to be 15.2 (B), 10.2 (C) and 42.7 (D) kBq/m<sup>2</sup>, while that of the steel plate samples was < 0.1 kBq/m<sup>2</sup> (all values refer to means of four sample areas). The retention of the roof tile samples was 38-56 % of the original deposition (corrected for physical decay). The corresponding value for the steel plate roof samples was < 0.4 %.

Four different decontamination methods were tested: 1. High pressure washing with water. 2. Repeated high pressure washing with water. 3. Application of foam of a sanitizing chemical for livestock buildings followed by high pressure washing with water. 4. Application of a solution of KCl followed by high pressure washing with water.

In C, the effect of decontamination expressed as the percentage decrease of the <sup>137</sup>Cs activity was on average for all methods, 55 %, i.e., more than half of the activity had been removed. This material was coated before the decontamination by a marked growth of algae or moss, which was effectively washed off during the sanitizing procedure. In B, the average activity decontamination effect was 25 %, while in D (with the highest original activity, but without growth of organic material) the effect was very small, 3 %. In A, the activity level before decontamination was so low that measurements after decontamination were considered unnecessary. Method number 4 was the most effective in B and C, 32 % and 64 %, respectively, while method number 3 was the most effective in D, 5.7 %.

The results indicate that good effects can be achieved in radioactivity decontamination of roof material with equipment and chemicals which are normally available on farms.

## INLEDNING

Efter utsläpp av radioaktiva ämnen kan mark och byggnader utsättas för radioaktiv beläggning. Detta var fallet efter Tjernobylyolyckan, då konsekvenserna i Sverige blev särskilt märkbara i områden, där nederbörd föll samtidigt som det radioaktiva molnet passerade.

Vid radioaktiv beläggning på byggnadsmaterial utgör beläggningen en källa för extern bestrålning av människor och djur som vistas i eller omkring byggnaderna. Stråldoser från beläggning på djurstallar utgör således främst ett arbetsmiljöproblem, men även djurskydds- och livsmedelshygieniska frågor kan uppkomma i sammanhanget. Problemen skulle i allvarliga situationer möjligtvis kunna påverka vår försörjningsförmåga, när det gäller animaliska livsmedel.

Vid Sveriges lantbruksuniversitet bedrivs forskning rörande effekter av radioaktiv kontaminering av foder och livsmedelsproducerande djur (se bl.a. Andersson, 1989). Lantbruksbyggnaderna har dock inte uppmärksammats i detta sammanhang. Hittills utförda undersökningar beträffande dekontaminering/sanering gäller främst urban miljö och har presenterats bl.a. i en rapport från IAEA (1989) och i en översikt av Roed (1989). I Sverige har man med anledning av Tjernobylyolyckan från lantbrukarhåll efterlyst ökad kunskap om lämpliga skyddsåtgärder och saneringsmöjligheter vid radioaktiv beläggning. Frågor som gäller sanering av olika miljöer har också uppmärksammats i den statliga utredningen "Samhällets åtgärder mot allvarliga olyckor" (SOU 1989:86).

Aktivitetsminskningen av kontamineringen på byggnaderna bestäms av nuklid-sammansättningen (de radioaktiva ämnens fysikaliska halveringstid) och av borttransporten av de radioaktiva ämnena. Graden av borttransport varierar troligen mycket beroende på olika byggnadsmaterials beskaffenhet vad gäller fastläggning av de radioaktiva partiklarna, påväxt av organiskt material (t.ex. alger) och nederbördsförhållandena.

För att kunna beräkna och genom åtgärder minska stråldoserna till de människor och djur som vistas i stallbyggnader ansågs det angeläget att kartlägga materialbeståndet m.m. i dessa och redovisa byggnadernas skärningsförmåga (Andersson et al., 1993), samt att undersöka olika möjligheter till dekontaminering (här presenterad rapport).

Undersökningen kan ses som ett pilotprojekt, om än utförd i halvstor skala. Vid utprovning av olika dekontamineringsmetoder användes utrustning och preparat som normalt finns tillgängliga på lantbruksföretag. Behandlingstider valdes, som är lämpliga att applicera under praktiska förhållanden. Erfarenheter från tidigare undersökningar vid lantbruksuniversitetet utnyttjades (Sundahl, 1974).

Undersökningen utfördes på uppdrag av Statens strålskyddsinstitut.

## MATERIAL OCH METODER

### Takbeklädnad

Prov av takbeklädnad insamlades hösten 1991 från tre platser och totalt fyra byggnader (Objekt A, B, C och D) i Gävle- och Uppsalatrakten. De aktuella områdena hade enligt flygmätningar maj-oktober 1986 en markbeläggning av  $^{137}\text{Cs}$  på 30-40 kBq/m<sup>2</sup> (A, B, C) resp. >100 kBq/m<sup>2</sup> (D) efter Tjernobylolyckan (Sveriges Geologiska AB, SGAB, 1986).

Beskrivning av byggnader, taktyper och provtagningsförfarande framgår av Fig. 1 och 2 (sid. 13-14) och av Tabell 1. Materialet i takbeklädnaden var varmförzinkad korrugerad stålplåt (A) resp. tegel (B, C och D). Byggnaderna A, B och C var mycket gamla lantbruksbyggnader, ursprungligen använda som djurstallar eller hölador men numera nyttjade som redskapsskjul. Även takmaterialet i B och C tycktes vara mycket gammalt. Vägghöjden rörde sig i samtliga fall (A, B, C) om 3-4 m. Byggnad D (och dess takmaterial), som var av betydligt yngre datum, utgjordes av en skolbyggnad i tre plan (uppgifter om areor saknas). Samtliga provtytor av taken togs ut i den nedre delen av resp. tak; i den sydvästra delen av A, i den norra delen av B och D, och i den västra delen av C.

Inför aktivitetsmätningar och sanering delades resp. takprover i fyra mindre ytor à 0,8 m<sup>2</sup> (A1 - A4), à 1,1 m<sup>2</sup> (B1 - B4), à 1,1 m<sup>2</sup> (C1 - C4) och i tre ytor à 1,2 m<sup>2</sup> (D1 - D3) och en à 0,6 m<sup>2</sup> - andra halvan krossad - (D4) (Tabell 1). Uppdelningen och arrangeringen i dessa mindre ytor gjordes efter den ordning som pannorna eller plåtarna hade suttit på taket.

### Markprov

För att få en uppfattning om aktuell aktivitet av  $^{137}\text{Cs}$  i marken togs markprov i anslutning till byggnaderna A, B och C. Byggnad D, omgavs av en hårdgjord yta, varför markprov inte kunde tas där. Tre cylindriska prov (80 mm diameter) togs på 30 cm avstånd från varandra vid resp. byggnad och till ett djup av 150 mm. Provtagningsborren medgav sektionering av jordcylindrarna i 30 mm segment, dvs segment motsvarande djupet 0-20, 20-40, 40-60, 60-90, 90-120 och 120-150 mm. De tre segmenten från resp. nivå slogs ihop till ett prov för aktivitetsbestämningar.

### Sanering

Vid saneringen placerades takproverna i en specialtillverkad ramp med 30° lutning (Fig. 3, sid. 15). Rampen var försedd med en uppsamlingsränna för tvättvatten och med möjlighet att ta ut prov av detta.

Fyra olika saneringsförfarande användes på vart och ett av takobjekten (Tabell 1). Metoderna benämndes 1, 2, 3 och 4 och innebar följande:

1. **Högtryckstvätt\* med vatten.** För en yta om ca  $1 \text{ m}^2$  utfördes behandling under 2 min. vid ett pumptryck på 180 bar (18 MPa), vilket motsvarade totalt ca 30 l vatten.  
\* (Högtrycksspruta KEW. 5203 K. Marknadsförare: KEW Industri AB, Mölndal). (Fig. 4, sid 16).
2. **Upprepad högtryckstvätt med vatten.** a) För en yta om ca  $1 \text{ m}^2$  utfördes behandling under 1 min. vid ett pumptryck på 80 bar (8 MPa), vilket motsvarade ca 7 l vatten. b) Efter 30 min. förnyad högtryckstvätt. För en yta om ca  $1 \text{ m}^2$  utfördes behandling under 2 min vid ett pumptryck på 180 bar, vilket motsvarade ca 30 l vatten.
3. **Applicering av tvättskum (stallrengöringsmedel)\*\* och efterföljande högtryckstvätt med vatten.** Vid appliceringen av skummet användes en 20 % bruklösning med pH-värde 12. Till  $1 \text{ m}^2$  ytmaterial användes därvid 0,5 l koncentrat plus 2 l vatten. Pumptryck 80 bar. Efter 30 min. verkningstid högtryckstvätt med vatten. För en yta om ca  $1 \text{ m}^2$  utfördes behandling under 2 min. vid ett pumptryck på 180 bar, vilket motsvarade ca 30 l vatten.  
\*\* (Agrosam stallrengöringsmedel. Alkaliskt flytande rengöringsmedel. Agrosam AB, Ystad). (Fig. 4, sid. 16).
4. **Applicering av KCl\*\*\*-lösning (neutral) och efterföljande högtryckstvätt med vatten.** 0,3 kg KCl blandades med varmt vatten till en total volym av 1,5 l. Efter upprepade omröring under ca en timme var kalisaltet tillfredsställande löst. Lösningen, beräknad för en takmaterialyta på  $1 \text{ m}^2$ , applicerades tillsammans med vatten på takmaterialet under 1,5 min. och med ett pumptryck på 80 bar, vilket motsvarade ca 11 l vatten. Efter 30 min. verkningstid högtryckstvätt med vatten. För en yta av ca  $1 \text{ m}^2$  utfördes behandling under 2 min. vid ett pumptryck på 180 bar, vilket motsvarade ca 30 l vatten.  
\*\*\* (Kalisalt (KCl) med 49,8 % K (= 60 %  $\text{K}_2\text{O}$ ) och 47,0 % Cl. Supra AB. Saluförs av Lantmännen). (Fig. 4, sid. 16).

I de fall ytorna avviker från  $1 \text{ m}^2$  korrigerades behandlingstid och därmed preparatmängder, så att de blev desamma per ytenhet för samtliga objekt.

Uppgifter om material, aktuella areor och saneringsbehandlingar är sammanställda i Tabell 1.



**Tabell 1. Takmaterial, areor och saneringsbehandlingar**

<b>Objekt</b>	<b>Material</b>	<b>Yta, nr Area, mm<sup>2</sup></b>	<b>Behandling</b>
<b>A</b>	<b>Stålplåt</b>	1. 800x950	Högtryckstvätt med vatten i 1,5 min. 180 bar.
		2. 800x950	Högtryckstvätt med vatten i 50 sek. 80 bar. Efter 30 min. högtryckstvätt med vatten i 1,5 min. 180 bar.
		3. 800x1050	Applic. av tvättskum i 12 sek. 80 bar. Efter 30 min. högtryckstvätt med vatten i 1,5 min. 180 bar.
		4. 800x1050	Applic. av KCl-lösning i 70 sek. 80 bar. Efter 30 min. högtryckstvätt med vatten i 1,5 min. 180 bar.
<b>B</b>	<b>Tegel</b>	1. 1020x1100	Högtryckstvätt med vatten i 2 min. 180 bar.
		2. 1020x1100	Högtryckstvätt med vatten i 1 min. 80 bar. Efter 30 min. högtryckstvätt med vatten i 2 min. 180 bar.
		3. 1020x1100	Applic. av tvättskum under 15 sek. 80 bar. Efter 30 min. högtryckstvätt med vatten i 2 min. 180 bar.
		4. 1020x1100	Applic. av KCl-lösning under 1,5 min. 80 bar. Efter 30 min. högtryckstvätt med vatten i 2 min. 180 bar.
<b>C</b>	<b>Tegel</b>	1. 1020x1100	Som B.
		2. 1020x1100	Som B.
		3. 1020x1100	Som B.
		4. 1020x1100	Som B.
<b>D</b>	<b>Tegel</b>	1. 1020x1200	Som B.
		2. 1020x1200	Som B.
		3. 1020x1200	Som B.
		4. 510x1200	Applic. av KCl-lösning under 35 sek. 80 bar. Efter 30 min. högtryckstvätt med vatten i 1 min 180 bar.

## Aktivitetsmätningar

Mätning av  $^{137}\text{Cs}$  i takproverna (areorna framgår av Tabell 1) gjordes före och efter sanering med hjälp av en HPGe-detektor (upplösning 1,9 keV, effektivitet 23 %). Detektorn var skärmad med ett 10 cm tjockt blyskikt med en konisk öppning, vilken medgav en effektiv observationsyta med ca 2 m diameter. Detektorn var monterad så att objektet (takyterna) som skulle mätas kunde placeras rakt under detektorn och på ett avstånd av 1 m från denna. Ytorna från objekt A med mycket låg aktivitet placerades dock på ett avstånd av 0,5 m. För att takproverna skulle kunna placeras i exakt samma läge vid mätningarna före och efter saneringen användes en träram för fixering.

Detektorn kalibrerades med ett  $^{137}\text{Cs}$  preparat med känd aktivitet. Kalibreringspreparatet placerades på samma ställe som var och en av de 16 takytorna var utplacerade på vid mätningen. Det så erhållna kalibreringsresultatet överfördes till den provuppställning (avstånd), som gällde för ytorna i objekt A. Trots att ingen av ytorna var plan, var variationerna i avståndet mellan dem och detektorn små och utan betydelse i sammanhanget.

Mättiden avpassades så att mätfelet inte skulle överstiga 5%. Detta innebar att antalet sönderfall av  $^{137}\text{Cs}$  i 661 keV området (före saneringen), borde överstiga  $10^4$ , vilket medförde att mättiden i vissa fall blev ca 12 timmar.

Aktiviteten av  $^{137}\text{Cs}$  i jordproverna bestämdes med hjälp av samma detektorutrustning som nämnts ovan.

Prov av tvättvatten (2 i från var och en av de 16 tvättningsprocesserna) har ännu inte analyserats.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

Aktiviteten av  $^{137}\text{Cs}$  i takmaterialet före och efter sanering med de olika metoderna liksom aktuell markdeposition ned till 150 mm djup enligt analys av jordproverna samt markdeposition enligt SGAB:s flygmätningar 1986 anges i Tabell 2.

Den vertikala fördelningen av aktiviteten i jordprofilen anges inte här.

Upprepningar av de prövade saneringsmetoderna inom varje objekt var inte möjligt att genomföra. Materialet tillåter av det skälet inte några statistiska analyser av resultaten av saneringsprocesserna.

### Aktivitet före sanering

Av Tabell 2 framgår att objekt A (stålplåt) före saneringen hade mycket lägre aktivitetsbeläggning,  $< 100 \text{ Bq/m}^2$ , än övriga objekt (tegel). Objekt B och C, som var hämtade från områden med en markbeläggning av  $^{137}\text{Cs}$  på 30-40  $\text{kBq/m}^2$  hade en aktivitet av ungefär samma inbördes storleksordning, i genomsnitt  $15,2 \text{ kBq/m}^2$  resp.  $10,2 \text{ kBq/m}^2$  (dock är signifikansnivån  $0,01 < p < 0,05$ ). Objekt D, som hämtats från ett område med högre markbeläggning,  $> 100 \text{ kBq/m}^2$ , uppvisade en högre aktivitet, i medeltal  $42,7 \text{ kBq/m}^2$  (signifikant skild från B och C,  $p < 0,001$ ).

Mätresultaten visar således att ännu 5 år efter Tjernobyloolyckan fanns en avsevärd del av  $^{137}\text{Cs}$ -aktiviteten kvar på tak av tegel. Om uppgifter om markbeläggningen i aktuella områden maj-oktober 1986 används som utgångspunkt (med korrigering för fysikaliskt sönderfall) kan retentionen beräknas till 56,0 % (B), 37,6 % (C) och  $< 55,1$  % (D) av depositionen. Vid beräkningarna korrigerades takaktivitetsvärdena med hänsyn till taklutningen för att korrekt jämförelse med horisontalplanet (markbeläggningen) skulle kunna göras. Den porösa ytan i tegelmaterialet och påväxten av organiskt material bidrog uppenbarligen till den effektiva kvarhållningen av aktivitet. Tak av stålplåt (A) hade däremot en avsevärt mindre kvarhållningsförmåga,  $< 0,4$  %.

Ännu högre retention i tegelmaterial än den som observerades här redovisas från Storbritannien (Nicholson & Hedgecock, 1991). I områden med torrdeposition efter Tjernobyloolyckan var retentionen av  $^{137}\text{Cs}$  på två byggnadstak 78% resp. 97 % efter 1 år och 76% resp. 95 % efter 3 år. I något fall noterades t.o.m. en ökning av aktiviteten.

I en norsk studie visades aktivitetsminskningen på takmaterial (plastöverdragen plåt resp. tjärpapp) efter olika lång tid och efter olika stora nederbörds-mängder (Qvenild och Tveten, 1984, ref. av Roed, 1989; Tveten, 1985, ref. av IAEA, 1985). Takmaterialet kontaminerades med  $^{134}\text{Cs}$  under torra väderleksbetingelser. Efter 2 dygn och 7 mm nederbörd återstod 29 % och 97 % av den ursprungliga aktiviteten på resp. takmaterial. Efter ytterligare 15 dygn och 51 mm nederbörd var motsvarande värden 22 % och 85 %. Efter 8 månader och totalt 589 mm nederbörd återstod 61 % av den ursprungliga aktiviteten på tjärpapptaget.

### Saneringseffekt

Aktivitetsnivån i objekt A (stålplåt) var som ovan nämnts mycket låg, och några mätningar efter saneringen ansågs därför inte motiverade (jfr Fig. 5, sid. 17, som illustrerar att det inte var några skillnader i materialytans utseende före och efter behandlingen).

Saneringseffekten, uttryckt som procentuell minskning av aktivitetsbeläggningen, framgår av Tabell 2. I objekt C var effekten i medeltal för samtliga metoder 55 %, dvs mer än hälften av aktiviteten hade tvättats bort. Detta material var före saneringen belagt med ett väl synligt lager av alger eller mossor, som i hög grad avlägsnades vid saneringen (Fig 6a och 6b, sid 18-19). I objekt B var den genomsnittliga saneringseffekten 25 %. Minst var effekten i objekt D (i medeltal 3,4 %) med den ursprungligt högsta aktivitetsbeläggningen men utan påväxt av alger/mossor. Motsvarande dekontamineringsfaktorer (DF), dvs relationen mellan aktiviteten före och efter dekontaminering, var 2,3 (C), 1,3 (B) och 1,0 (D).

Saneringsmetod 4, behandling med KCl-lösning med efterföljande högtryckstvätt med vatten, var den effektivaste metoden i objekten B och C (32 % resp. 64 % minskning av aktiviteten), medan metod 3 var effektivast i objekt D (5,7 %). Genomsnittliga värden totalt för resp. metod var 23 % (1), 27 % (2), 29 % (3) och 33 % (4).

Uppgifter enligt Owen et al. (1960), ref. av Roed (1989) visar dekontamineringsfaktorer på > 10 för vissa takmaterial vid vattenspolning med brandspruta. Miller (1960), ref. av Roed (1989) redovisade en dekontamineringsfaktor på 3 för betongtak. Det påpekas att de två studierna gällde större partiklar, varför de refererade värdena måste betraktas som en övre gräns för vad som kan erhållas vid dekontaminering av beläggning med mindre partiklar. Partikelstorleken efter kärnvapenedfall överstiger oftast 10  $\mu\text{m}$  (diameter), medan partiklar vid ett nedfall efter kärnreaktorolycka är endast ett par  $\mu\text{m}$  i diameter (IAEA, 1989).

I andra studier (Gjörup et al., 1985, ref. av Roed, 1989) noterades ingen effekt av vattenspolning och mekanisk rengöring på tegelmaterial, som var belagt med "gammalt"  $^{137}\text{Cs}$ , medan samma behandling på korrugerad eternit resulterade i en dekontamineringsfaktor på omkring 2.

Effekten av tvättning med vatten kan förbättras vid närvaro av joner som  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  enligt Sandalls (1987), ref. av IAEA (1989). En 0,05 M lösning av  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  visades vara effektiv vid sanering av flera material och konstruktioner i urban miljö. I några fall avlägsnades uppåt 90 % av aktiviteten under loppet av 3 timmar. Tegelmaterial var det som var svårast att sanera; 38 % avlägsnades under 20 timmar. Angivna metoder har dock endast provats i laboratorieskala. Fördelen med att som i aktuell undersökning använda kaliumklorid är att saltet är relativt ofarligt att hantera (ej explosivt som vissa kväveföreningar kan vara).

Tabell 2. Aktivitetsbeläggning ( $^{137}\text{Cs}$ ) på olika takmaterial före och efter sanering. Medelvärde ( $\bar{x}$ ), standardavvikelse (SD) och variationskoefficient (CV). Saneringseffekt uttryckt som proc. minskning av aktiviteten, resp. förhållandet mellan aktiviteten före och efter sanering (DF). Markbeläggning enligt analyser av jordprov från 1991 och enligt SGAB:s flygmätningar 1986

Objekt Material	Sanerings- metod	Aktivitet, kBq/m <sup>2</sup>		Saneringseffekt		Markbeläggning, kBq/m <sup>2</sup> , enligt	
		Före sanering	Efter sanering	%	DF	Jord- prov	Flyg- mät- ning
A Stål- plåt	1	< 0,1	-	-	-	9,0	30 - 40
	2	< 0,1	-	-	-		
	3	< 0,1	-	-	-		
	4	< 0,1	-	-	-		
B Tegel	1	15,8	12,4	21	1,3	64,5	30 - 40
	2	15,4	12,5	19	1,2		
	3	15,7	11,4	27	1,4		
	4	13,9	9,5	32	1,5		
	$\bar{x}$	15,2	11,5	25	1,3		
	SD	0,9	1,4				
CV, %	5,8	12,2					
C Tegel	1	9,64	5,35	45	1,8	>45,0	30 - 40
	2	9,97	4,09	59	2,4		
	3	9,77	4,58	53	2,1		
	4	11,4	4,05	64	2,8		
	$\bar{x}$	10,2	4,51	55	2,3		
	SD	0,8	0,61				
CV, %	8,0	13,53					
D Tegel	1	42,0	40,7	3,0	1,0	-	>100
	2	40,3	39,2	2,9	1,0		
	3	48,3	45,6	5,7	1,1		
	4	40,0	39,3	1,8	1,0		
	$\bar{x}$	42,7	41,2	3,4	1,0		
	SD	3,9	3,0				
CV, %	9,1	7,3					

Sanering av det slag som prövats i aktuell undersökning innebär i realiteten att det radioaktiva materialet förflyttas från taket på stallbyggnaden till avloppet eller den omgivande marken. Det är därför önskvärt att tvättväska kan samlas upp och transporteras bort från områden där djurskötare och djur vistas. Jonbindande preparat som kalisalt eller bentonit skulle kunna användas i sammanhanget. Teoretiska beräkningar av strålnivån inuti byggnader efter sanering av

tak eller omgivande mark presenteras i det inledningsvis nämnda arbetet av Andersson et al. (1993).

Föreliggande studie visar att god effekt kan uppnås vid sanering av radiocesiumkontaminerat takmaterial med utrustning och kemikalier som normalt finns tillgängliga på ett lantbruk.

## REFERENSER

- Andersson, I. 1989. Safety precautions in Swedish animal husbandry in the event of nuclear power plant accidents. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management, Report 181. Dissertation. Uppsala, Sweden.
- Andersson, I., Ulvsand, T., Hansson, J. & Dolby, C.-M. 1993. Inventering och beskrivning av byggnader för animalieproduktion i Sverige samt byggnadernas skyddsfaktorer för joniserande strålning. Beräkning av effekten på strålnivån inuti byggnaderna genom saneringsåtgärder. Rapport. FOA. (Under publicering).
- IAEA. 1989. Cleanup of large areas contaminated as a result of a nuclear accident. Technical Report Series No. 300. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Nicholson, K.W. & Hedgecock, J.B. 1991. Behaviour of radioactivity from Chernobyl - Weathering from buildings. *J. Environ. Radioactivity* 14, 225-231.
- Roed, J. 1989. Behaviour in urban areas. Parameters used in consequence calculations. In: Chernobyl data evaluation for accident consequence assessment. A survey conducted by an OECD/NEA group of experts. Chapter 3, 55-118. Committee on the Safety of Nuclear Installations. OECD Nuclear Energy Agency, 38 boulevard Suchet, 75016 Paris, France.
- SOU (Statens offentliga utredningar) 1989:86. Försvarsdepartementet. Stockholm Samhällets åtgärder mot allvarliga olyckor. Betänkande av utredningen om kärnkraftsberedskapen. Stockholm.
- Sundahl, A-M. 1974. Byggnadsmaterial i djurstallar. Nedsmutsning-rengöring. Aktuellt från Lantbrukshögskolan, Nr 211. Teknik 28. Uppsala.
- Sveriges Geologiska AB, SGAB, 1986. Karta över markdepositionen av cesium-137. Resultat enligt flygmätningar perioden maj-oktober 1986. Uppsala.

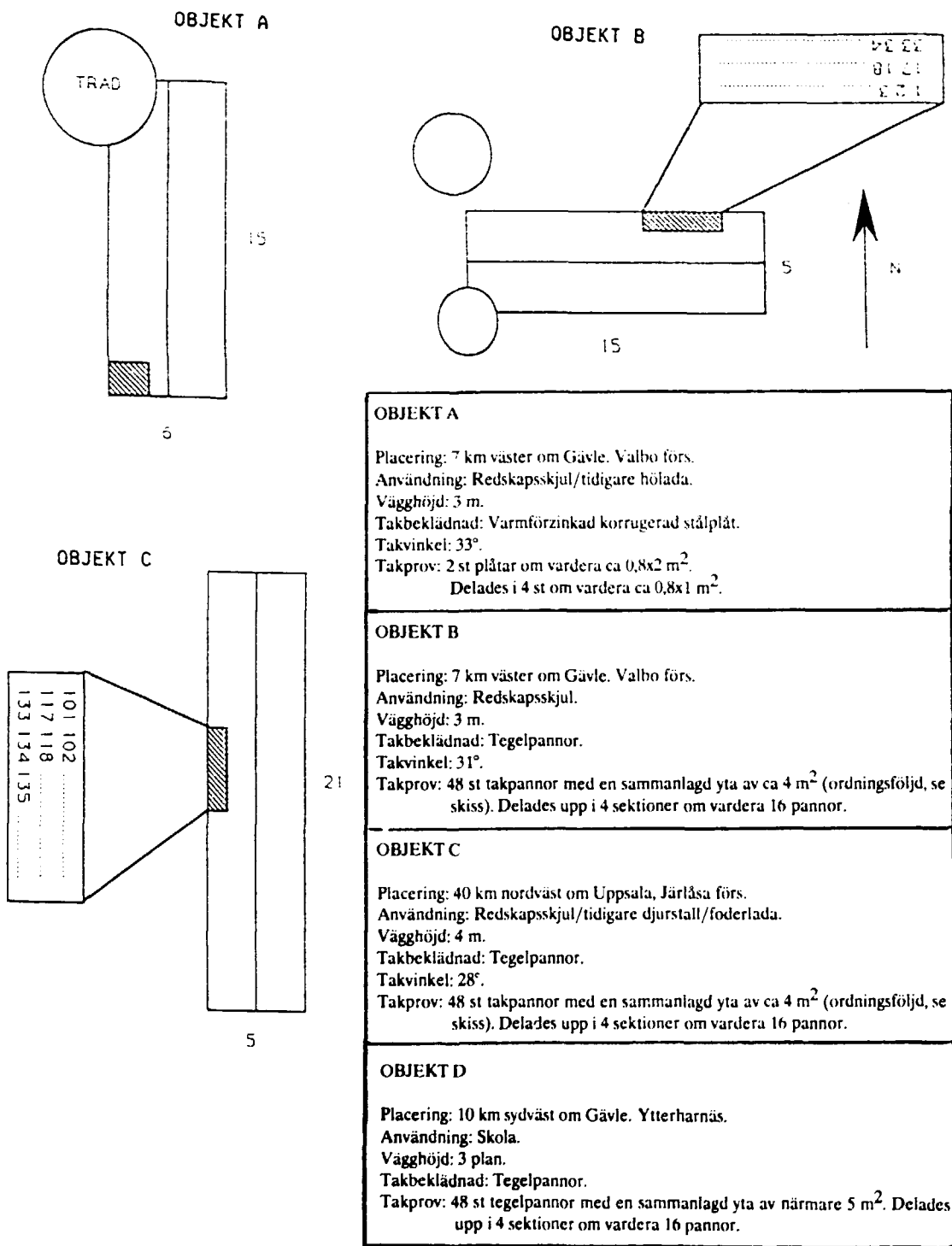


Fig. 1. Beskrivning av byggnader och provtagningsförfarande.



Anger provtagningsställe.

Skiss av byggnad D saknas.

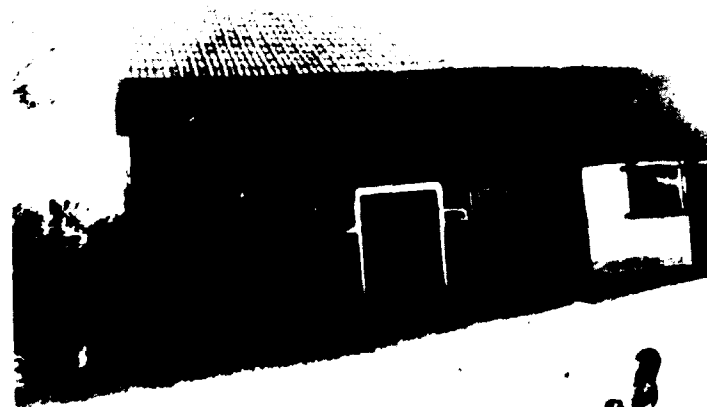


Fig. 2. Byggnaderna A (längst upp), B (mitten) och C (längst ned), varifrån takmaterial hämtades.





Fig. 3. Anordning vid sanering av takmaterialet. Rampen har 30° lutning och är försedd med en uppsamlingsränna för tvättvatten.

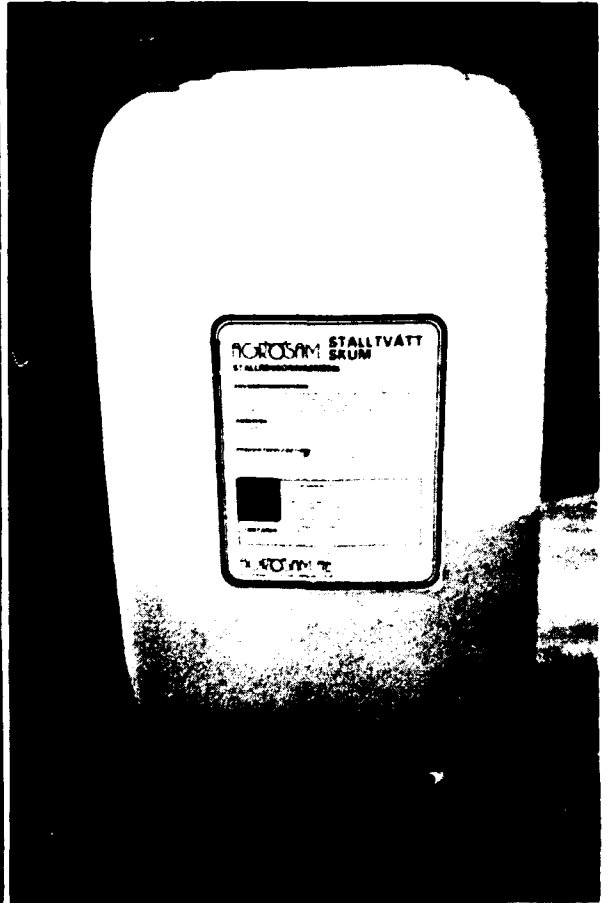
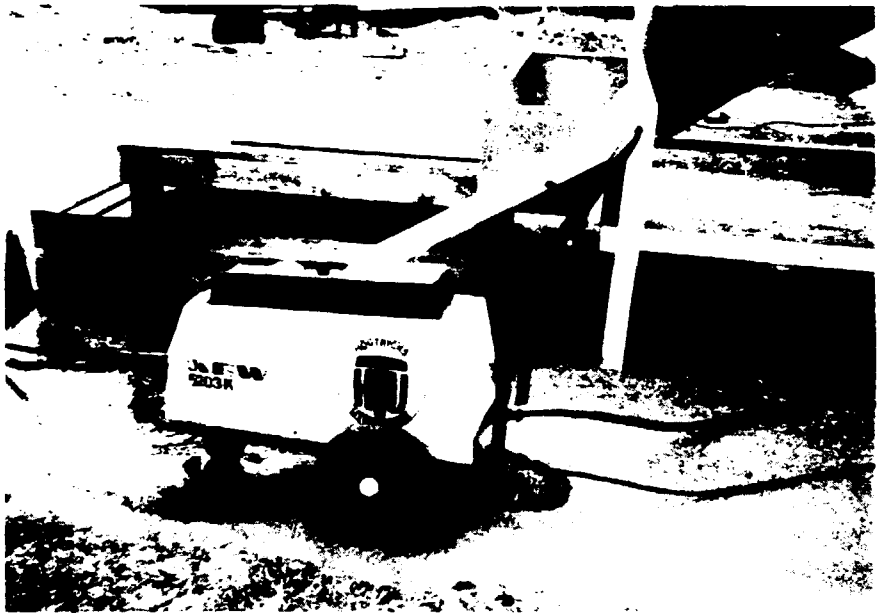


Fig. 4. Högtrycksspruta, stallvättmedel och kalisalt - utrustning och preparat, som användes vid sanering av takmaterialet.

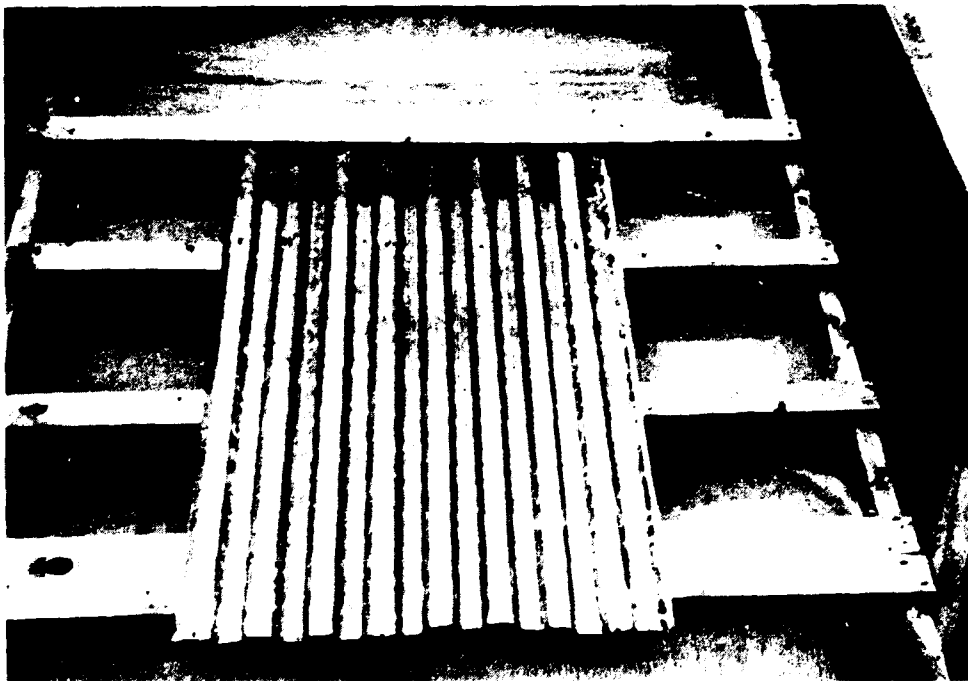
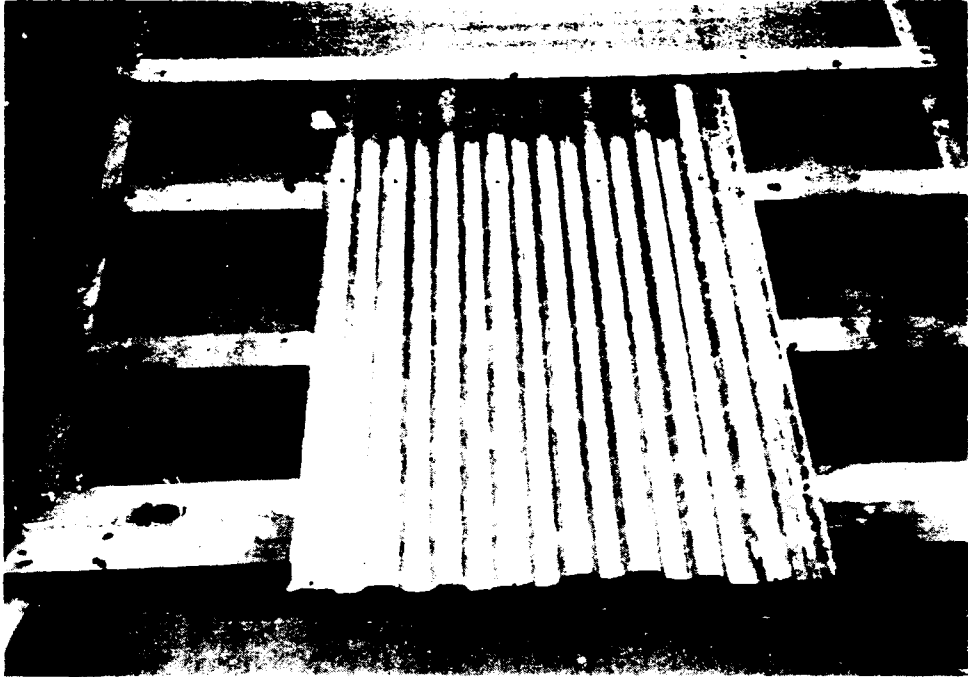


Fig. 5. Plåttaket (Objekt A) hade ingen synbar påväxt av organiskt material och mycket låg aktivitet av  $^{137}\text{Cs}$  ( $< 100 \text{ Bq/m}^2$ ). Övre bilden visar ytan före, nedre visar ytan efter högtryckstvätt med vatten (metod 1).

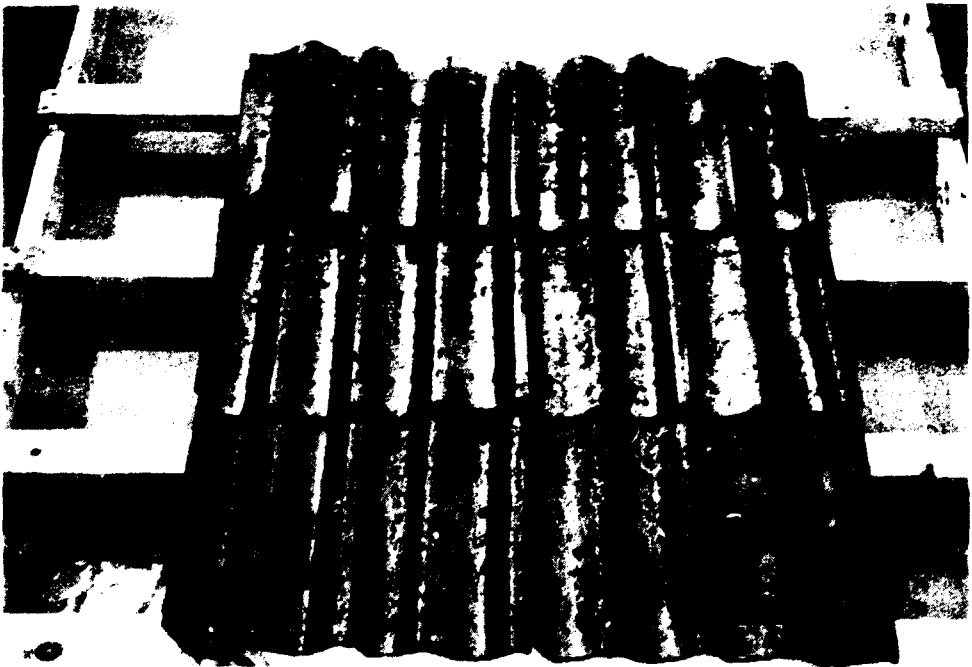
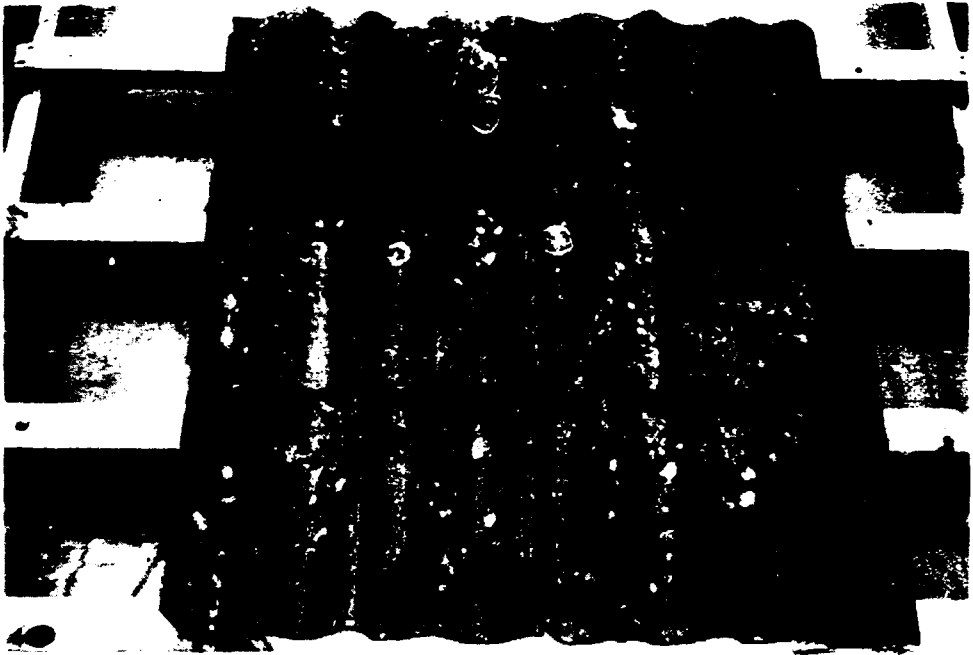


Fig. 6 a. Objekt C (tegel) var starkt belagt med påväxt av organiskt material. En stor del av detta liksom aktiviteten kunde tvättas bort genom blötläggning och högtryckstvätt med vatten (metod 2).

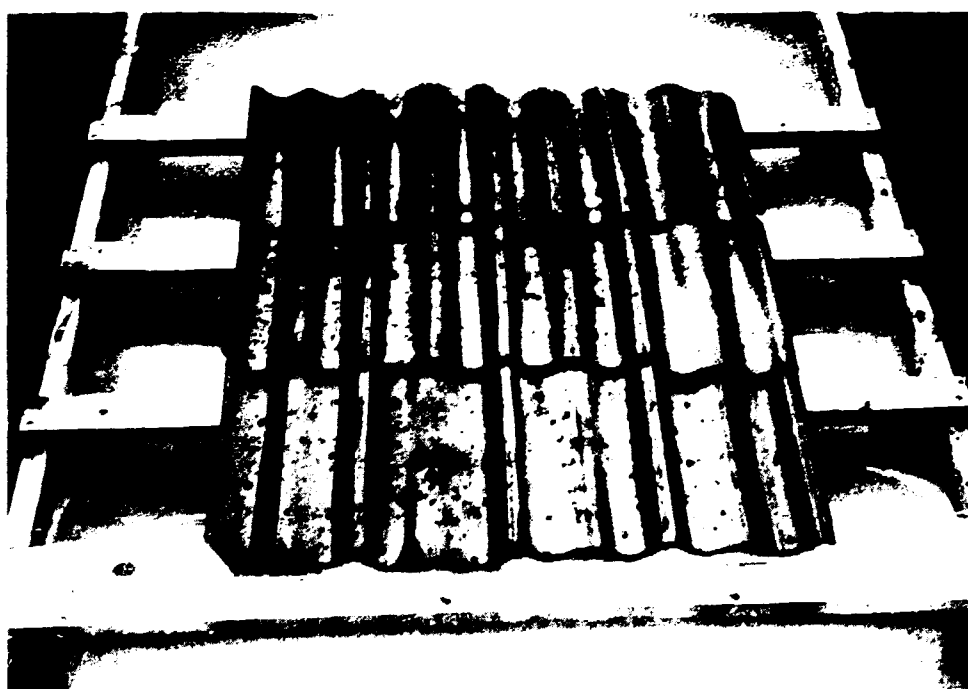
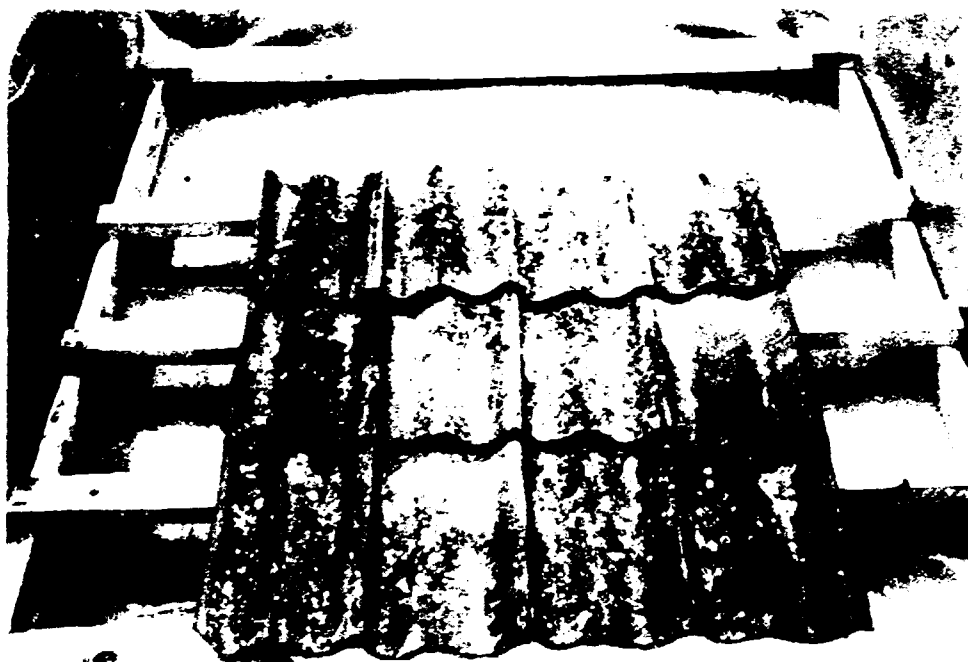


Fig. 6 b. Ännu effektivare var dock högtryckstvätt med vatten i kombination med något preparat. Bilderna visar effekten av sanering med stallrengöringsmedel i form av tvättskum och efterföljande högtryckstvätt med vatten (metod 3).

**SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET**

**Institutionen för husdjurens  
utfodring och vård**

**RAPPORTSERIE VID INSTITUTIONEN**

**1 - 212 Finns i mån av tillgång i arkiv**

213. Neil, Maria. 1992.  
Effects of diet on water turnover and water requirement in mink.  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--213--SE Lic.avhandling
214. Thomke, S. och Andersson, K. 1992. Varierande energi- och protein-  
normer till slaktsvin, NKJ-projekt nr. 65.  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--214--SE
215. Lindberg, Jan Eric. 1992. FAO NETWORK OF COOPERATIVE  
RESEARCH ON SHEEP AND GOATS. Proceedings of the meeting of  
the Subnetwork Nutrition, 17-19 June 1991, Östersund, Sweden  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--215--SE
216. Sundås, S., Ledin, I., Johansson, T. och Kumm, K-I. 1992.  
Hyggesbetning med får - rapport från fältförsöken 1988-1991  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--216--SE
217. Mossberg, I. 1993.  
Environmental influences on growing bulls in two housing systems  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--217--SE DISSERTATION
218. Lindberg, Jan Eric, Gonda, Horacio L. och Wejdemar, Kjell. 1993.  
Smältbarhet och energjinnehåll i vete- och kornfoderstater utfodrade  
till tjurkalvar  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--218--SE
219. Lindberg, Jan Eric och Gran, Katarina. 1993.  
Effekter av ökande inblandning av betfor på smältbarhet och  
energjinnehåll i ett korn-baserat foder till grisar  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--219--SE
220. Lindberg, Jan Eric och Andersson, Christel. 1993.  
Smältbarhet och energjinnehåll i animalt fett och i en blandning av  
vegetabiliskt och animalt fett till grisar  
ISSN 0347-9838 ISRN SLU-HUV-R--220--SE

I denna serie publiceras forskningsresultat vid Institutionen för husdjurens matning och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. Förteckning över tidigare utgivna rapporter i denna serie återfinns sist i häftet och kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

In this series research results from the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. Earlier number are listed at the end of this report and may be obtained from the department as long as supplies last.

---

DISTRIBUTION:

Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Animal Nutrition and Management

S 750 07 UPPSALA, Sweden. Tel. 018-67 28 59

---