

## CONTENTS:

RANTAVAARA, A.: Caesium-137 in moose meat in Finland .....	5
HELLE, E.: Preference for different types of winter forage in the willow grouse ( <i>Lagopus lagopus</i> L.) in the northern part of Ostrobothnia, Finland .....	14
LAMPIO, T.: Occurrence of the Samson fox in Finland, 1960—80 .....	21
HISSA, R., RINTAMÄKI, H., SAARELA, S., MARJAKANGAS, A., HOHTOLA, E. & LINDÉN, H.: Energetics and development of temperature regulation in gallinaceous birds .....	29
SALONEN, J.: Nutritional value of moose winter browsing plants .....	40
PULLIAINEN, E.: Autumn and winter habitat selection in the willow grouse ( <i>Lagopus lagopus</i> ) in northern Finland .....	46
HISSA, R., SAARELA, S. & LINDÉN, H.: Annual cycles of hormonal levels in the capercaillie .....	53
TOLONEN, A.: The food of the mink ( <i>Mustela vison</i> ) in north-eastern Finnish Lapland in 1967—76 .....	61
JOKINEN, M. & HÄKKINEN, I.: On the population dynamics of the mountain hare ( <i>Lepus timidus</i> ) in the outer archipelago of SW Finland .....	66
PULLIAINEN, E.: Wild boar — a new game animal in Finland? .....	76
RAJALA, P. & LINDÉN, H.: Finnish tetraonid populations in 1978—81 according to the August route-censuses .....	80
KAIKUSALO, A.: Predatory mammals and vole populations in the fell regions of north-west Finland .....	89
RAJALA, P. & LINDÉN, H.: Effect of drainage and fertilization of pine swamps on the abundance of some game animals .....	93
LINDEN, H.: Artificial feeding and mineral balance of the black grouse ( <i>Tetrao tetrix</i> ) in winter .....	98

Cover: Rock ptarmigan. — Photo D. Forsman

## Hirvenlihan cesium 137 -pitoisuus Suomessa

Aino Rantavaara

Cesium 137 on mm. ydinasekokeita suoritettaessa vapautuva radioaktiivinen aine, jota on levinnyt ilmakehän kautta lähes koko maapallolle. Radioaktiivinen laskeuma tulee maahan joko sateen mukana tai kuivana pölynä. <sup>137</sup>Cs joutuu helposti biologiseen kiertoon ja aiheuttaa ravinnon mukana saatuna ihmiselle sisäistä säteilyannosta. Gamma-aktiivisena aineena se säteilyttää ihmistä myös ulkoisesti esim. maan pintakerroksesta. <sup>137</sup>Cs:n radioaktiivisen hajoamisen puoliintumisaika on 30 vuotta, joten se häviää hitaasti luonnon kiertokulusta. Suomessa ravinnon huomattavimmat <sup>137</sup>Cs:n lähteet ovat maito, liha ja viljatuotteet. Lihaan kulkeutuvista radioaktiivisen laskeuman nuklideista <sup>137</sup>Cs on merkittävin.

Luonnonkasveja syövä hirvi kerää elimistönsä ympäristön saasteita tehokkaammin kuin maataloudessa tuotetut eläimet. Toisaalta se eroaa elintavoiltaan oleellisesti porosta, jonka liha on huomattavan <sup>137</sup>Cs-pitoista. Naudan- ja sianlihan <sup>137</sup>Cs-pitoisuutta samoin kuin muiden tärkeimpien maataloustuotteiden ja kalan radioaktiivisuutta seurataan Suomessa säännöllisesti. Hirvenlihaa sen sijaan ei ole tutkittu Pohjois-Euroopassa systemaattisesti. Kaadettujen hirvien määrä kasvoi maassamme voimakkaasti 1970-luvun loppua kohden. Vuonna 1979 alettiin selvittää hirvenlihan <sup>137</sup>Cs-pitoisuutta ja sen osuutta ravinnossa saatavasta <sup>137</sup>Cs:sta.

Hirvenlihanäytteet saatiin Etelä-Suomesta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkijoiden Tuire ja Kaarlo Nygréinin välityksellä. He ovat myös olleet hirven ja sen elintapojen asiantuntijoina. Pohjois-Suomesta näytteet välitti säteilyturvallisuuslaitoksen tutkija Kristina Rissanen.

Cesium 137:n joutuminen ravintoketjuihin

Pääosa ympäristöön levinneestä <sup>137</sup>Cs:sta on peräisin 1950-luvun lopussa ja 1960-luvun

alussa ilmakehässä suoritetuista ydinasekokeista. Suurimmat vuotuiset <sup>137</sup>Cs-laskeumat on Suomessa tähän mennessä saatu vuosina 1963—1964, minkä jälkeen määrät ovat pienentyneet huomattavasti. Vuoden 1979 aikana <sup>137</sup>Cs-laskeuma oli vain noin sadasosa vuoden 1963 laskeumasta (Koivulehto et al. 1980).

Cesium 137 joutuu ihmisen ravintoon pääasiassa kasvien kautta, joko suoraan tai eläinkunnan välityksellä. Kasvit taas saavat cesiumia sekä suoraan ilmasta että maasta. Vuotuisen laskeuman ollessa alhainen kasvit ottavat pääasiassa aikaisempina vuosina maahan kertynyttä cesiumia. Eri maalajit pidättävät cesiumia eri tavoin. Savipitoiseen maahan se sitoutuu muutamassa vuodessa erittäin lujasti, ja vain pieni osa siitä on myöhemmin juurien kautta kasvien saatavissa. Maassa oleva orgaaninen aines taas helpottaa kasvien cesiumin ottoa; suurimmat <sup>137</sup>Cs-pitoisuudet havaitaan usein turvemaiden kasvillisuudessa. Maalajien erot heijastuvat myös elintarvikkeiden <sup>137</sup>Cs-pitoisuuksissa. Esimerkiksi Pohjois-Suomen suoperäisillä mailla tuotettu maito sisältää nykyisin ainakin kymmenkertaisen <sup>137</sup>Cs-määrän Etelä-Suomen savialueella tuotettuun verrattuna.

Sitoutuminen maaperään ja poistuma vesistöjen kautta vähentävät ravintoketjuihin siirtyvän <sup>137</sup>Cs:n määrää nopeammin kuin nuklidin fyysikaalinen puoliintumisaika yksinään edellyttäisi. Suurten ydinkokeiden jälkeisistä muutoksista ravintoketjujen <sup>137</sup>Cs-tasoissa on päätelty, että ihmisen <sup>137</sup>Cs-saanti kohoaa runsaan radioaktiivisen laskeuman jälkeen eniten kahden ensimmäisenä vuonna. Elintarvikkeiden <sup>137</sup>Cs-pitoisuuksien suhteet ovat silloin kasvien ulkoisen saastumisen takia toisen kuin myöhemmin.

Alkalimetalleihin kuuluvat cesium seuraa aineenvaihdunnassa kaliumia, jonka tarve säätelee myös <sup>137</sup>Cs:n ottoa. Useissa ravintoketjuissa tapahtuu <sup>137</sup>Cs:n rikastumista kaliumin suh-

teen siirryttäessä korkeammalle trofiatasolle. Cesium yleensä ja myös pääosa laskeuman  $^{137}\text{Cs}$ :sta on helppoliukoista, nopeasti kasvien ja eläinten aineenvaihduntaan joutuvaa. Ihmissessä ja eläimissä radiocesium jakaantuu pehmeihin kudoksiin, pääasiassa lihaksiin. Viipymisaika elimistössä on lyhyt; aikuisella ihmisellä  $^{137}\text{Cs}$ :n biologinen puoliintumisaika vaihtelee 50–200 vuorokauden, lapsilla se on selvästi lyhyempi.

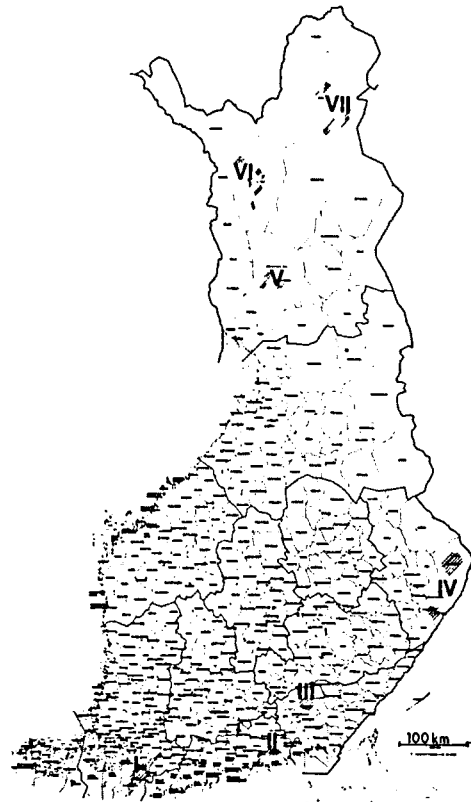
$^{137}\text{Cs}$ :n saanti suomalaisten keskimääräisen ruokavalion kautta on alentunut jatkuvasti vuosien 1963–1964 maksimin jälkeen (Rantavaara 1980). Valvonnan kohteena oleva maatalous- ja puutarhatuotteista koostuva dieetti muuttuu  $^{137}\text{Cs}$ :n saannin kannalta merkittävästi, kun siihen lisätään sellaisia luonnon ravintoketjuihin kuuluvia elintarvikkeita, joihin cesium rikastuu tehokkaasti. Suomen oloissa tällaisia elintarvikkeita ovat esimerkiksi niukkaravinteisen suolattoman veden kala ja poronliha.

Ravintoketjua jäkälä — poro — ihminen on tutkittu Suomessa lähes koko ydinkoekauden ajan (Miettinen 1979). Saamelaisen ravinnostaan saama  $^{137}\text{Cs}$ -määrä oli laskeumamaksimin jälkeisinä vuosina suurimpia tunnettuja koko maailmassa. Edelleenkin poronliha eroaa kaikesta muusta Suomessa käytetystä ravinnosta, vaikka sen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus onkin laskeumatilanteen muuttua hitaasti alentunut.

Hirven ja poron ravinto eroavat toisistaan huomattavasti. Hirven ei tiedetä syövän jäkälää maasta. Sen kesäaikana syömät kasvit sisältävät yleensä  $^{137}\text{Cs}$ :a huomattavasti vähemmän kuin poronjäkälä, joka pidättää tehokkaasti useiden vuosien laskeuman. Toisaalta hirven ravinnossa olevat tilapäisetkin  $^{137}\text{Cs}$ :n lähteet kohottavat nopeasti lihasten  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuuksia. Jos saanti on lyhytaikainen, pitoisuudet laskevat muutamassa viikossa tavanomaisen ravinnon määrämälle tasolle.

#### Aineisto ja menetelmät

Hirvi mukautuu varsin erilaisiin elinympäristöihin. Sen  $^{137}\text{Cs}$ :n saanti vaihtelee suuresti laidunalueen mukaan. Valitsemalla seitsemän näytteenottoaluetta eri osista maata varauduttiin alueellisiin eroihin. Paikkakunnat edustavat Varsinais-Suomen rannikkoa (I), Uuttamaata (II), Kymenlaaksoa (III), Pohjois-Karjalaa (IV), Perä-Pohjolaa (V) sekä Metsä-Lappia (VI ja VII) (kuva 1).



Kuva 1. Näytteenottoalueet

Fig. 1. Sampling locations.

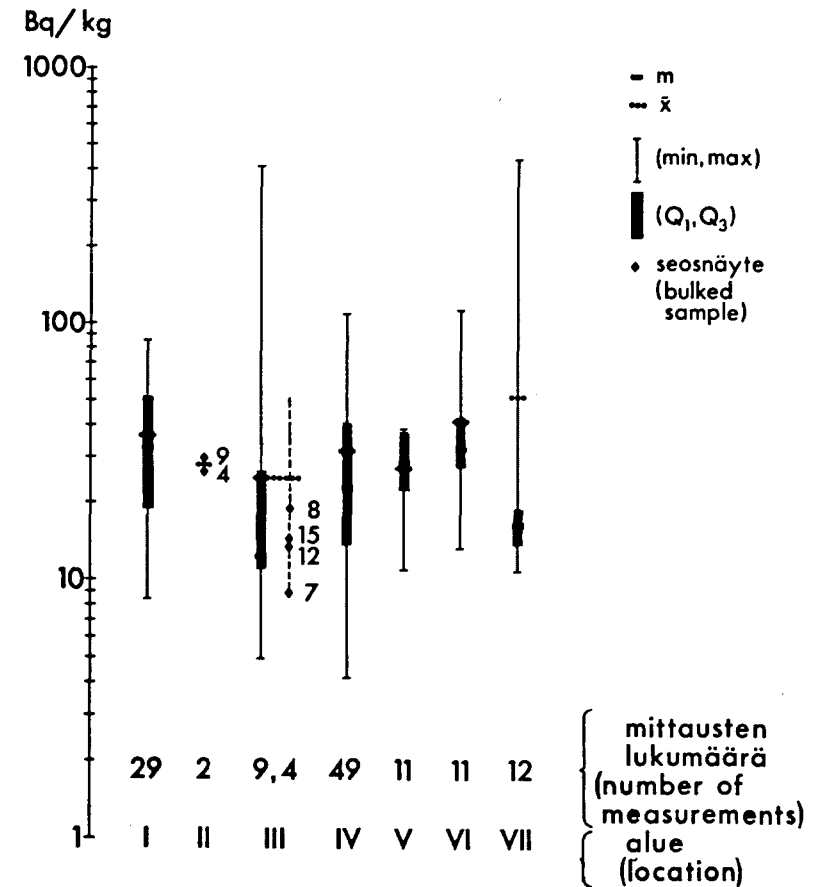
I	Kemiö, Dragsfjärd, Västansfjärd;	Coastal Finland
II	Pernaja	
III	Valkeala	Southern Finland
IV	Ilomantsi, Tohmajärvi, Värsilä	
V	Rovaniemi;	The Far North
VI	Kittilä	
VII	Inari	Forest Lapland

Metsästyskauden 1979 aikana otettiin 100–200 gramman näytepala 176 kaadetusta hirvestä. Näytteeksi oli pyydetty päästä otettua lihaa, mutta myös muista kehon osista otettuja paloja saatiin. Suurin osa näytteistä oli metsästäjien ottamia. Vähän yli puolet näytteistä oli varustettu tiedoilla eläimen iästä ja sukupuolesta. Vertailuaineistoksi kerättiin samana syksynä 30 poronlihanäytettä kolmelta paikkakunnalta Pohjois-Suomesta (V, VI ja VII).

Laboratoriossa näytteistä poistettiin mahdollinen näkyvä rasva, ja ne kuivattiin 105 °C:ssa, jauhettiin ja puristettiin n. 30 cm<sup>3</sup>:n mittaus-

Kuva 2.  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus hirvenlihassa (Bq/kg tuorepainoa) näytteenottoalueittain.  $m$  = mediaani,  $\bar{x}$  = aritmeettinen keskiarvo, (min, max) = vaihteluväli, ( $Q_1$ ,  $Q_3$ ) = kvartiiliväli (puolet tuloksista on tällä välillä). Viinoneliöt osoittavat kokoomanäytteille saadut pitoisuudet, lihasnäytteiden lukumäärä seoksessa on annettu vieressä. Pitoisuudet kokoomanäytteissä on otettu mukaan aritmeettisiin keskiarvoihin näytemäärällä painotettuina. Huomaa logaritminen asteikko.

Fig. 2.  $^{137}\text{Cs}$  in moose meat from different locations.  $m$  = median,  $\bar{x}$  = arithmetic mean, (min, max) = range, ( $Q_1$ ,  $Q_3$ ) = interquartile range (half of the results belong to this interval). Number of muscle samples in each bulked sample is given. Arithmetic means for areas II and III are weighted for the number of animals in bulked samples. Note the logarithmic scale.



preparaateiksi.  $^{137}\text{Cs}$  ja kalium määritettiin gammaskpektrometrisesti 27 %:n Ge(Li)-puolijohdeilmalimella.  $^{137}\text{Cs}$ :n määrittäminen perustui metastabiilin tytärnuklidin  $^{137m}\text{Ba}$ :n lähettämän 0.66 MeV:n gammasäteilyn mittamiseen. Kalium määritettiin samanaikaisesti  $^{40}\text{K}$ :n 1.46 MeV:n gammasäteilystä. Luonnon kalium sisältää 31.56 Bq kalium 40:tä grammaa kohti.

$^{137}\text{Cs}$ :n määrittämisen tilastollinen virhe vaihteli pitoisuuden ja mittausajan mukaan. Tulosten keskiarvon lähellä ja sen yläpuolella alitettiin helposti 1–5 %:n suhteellinen standardipoikkeama. Alimmat pitoisuudet mitattiin 10–20 %:n tarkkuudella. Mitattavan näytteen sisältämä kaliumin kokonaismäärä oli tarkkaa määrittäystä varten melko alhainen, kun mittausaika valittiin  $^{137}\text{Cs}$ :n perusteella. Pääosalle saatiin noin 10 %:n, pienelle osalle 15–20 %:n suhteellinen virhe.

Hirvenlihanäytteistä 55 oli liian pieniä yksittäismittaukseen. Niistä yhdistettiin kuusi kokoomanäytettä, jotka analysoitiin. Kokoomanäytteisiin sisältyi myös jätteisiä paloja, joista pelkän lihaskudoksen erottelu oli hankalaa. Näytekohtaiset tulokset saatiin 12 hirvenliha- ja 30 poronlihanäytteelle.

#### Tulokset

$^{137}\text{Cs}$ :n keskipitoisuudet hirvenlihassa eivät eroa eri näytteenottoalueilla merkittävästi toisistaan (kuva 2 ja taulukko 1). Koko maan keskiarvoksi saadaan yksittäisten alueiden keskiarvoista 34 Bq/kg (radioaktiivisuus on ilmoitettu SI-järjestelmän yksikössä Bq, becquerel; taulukossa 1 myös vanhassa yksikössä pCi, pikocurie). Tuloksille on tyyppillistä suuri hajonta alueiden sisällä.  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet eivät jakaudu

Taulukko 1. Eri lihalaatujen <sup>137</sup>Cs- ja kaliumpitoisuudet (m = mediaani,  $\bar{x}$  = keskiarvo, s = keskiarvon standardipoikkeama).

Taulukko 1. Median (m) and mean ( $\bar{x}$ ) concentrations of <sup>137</sup>Cs and potassium in different types of meat, s = standard deviation of the mean.

Alue Locality	<sup>137</sup> Cs (Bq(pCi)/kg)		Kalium Potassium (g/kg) $\bar{x} \pm s$
	m	$\bar{x}$	
HIRVI MOOSE			
I	33.0 (891)	36.6 (989)	2.88 ± 0.28
II	—	28.7 (777)	2.40
III	—	22.2 (599)	2.12
IV	22.9 (619)	31.8 (858)	2.74 ± 0.95
V	28.8 (777)	27.5 (744)	3.17 ± 0.55
VI	32.3 (872)	41.8 (1130)	2.89 ± 0.55
VII	16.8 (455)	52.4 (1420)	2.93 ± 0.28
Kaikki alueet All localities		34.4 (931)	2.73
PORO REINDEER			
V	483 (13060)	473 (12770)	4.14 ± 0.88
VI	490 (13240)	457 (12350)	3.33 ± 0.48
VII	545 (14730)	529 (14300)	3.15 ± 0.40
Kaikki alueet All localities		486 (13140)	3.54
NAUTA <sup>a</sup> BEEF	—	1.2 (33.0) <sup>c</sup>	2.79 ± 0.34 <sup>e</sup>
SIKA <sup>b</sup> PORK	—	1.0 (27.0) <sup>d</sup>	2.89 ± 0.33 <sup>f</sup>

a naudanlihanäyte otettu vähintään 15 eläimestä, each beef sample is taken from at least fifteen animals

b sianlihanäyte on otettu useista kymmenistä eläimistä, each pork sample is taken from several dozens of animals

c kuuden seosnäytteen keskiarvo (1979), mean for six bulked samples (1979)

d neljän seosnäytteen keskiarvo (1979), mean for four bulked samples (1979)

e 38:n seosnäytteen keskiarvo (1976—1979), mean for 38 bulked samples (1976—1979)

f 29:n seosnäytteen keskiarvo (1976—1979), mean for 28 bulked samples (1976—1979)

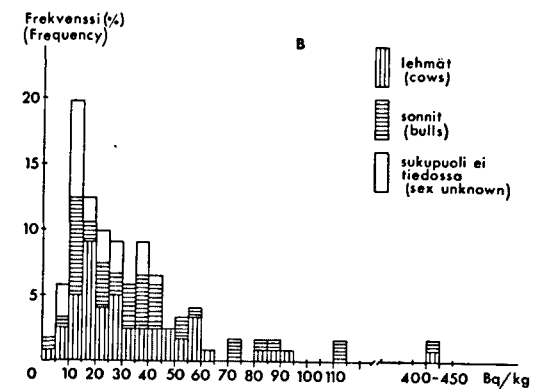
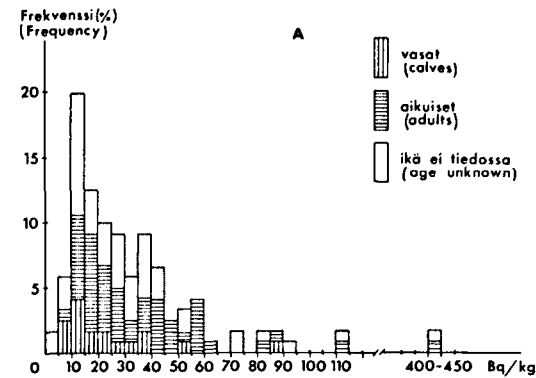
symmetrisesti keskiarvon suhteen. Suuruusjärjestyksessä olevien <sup>137</sup>Cs-pitoisuuksien keskimäinen arvo eli mediaani on keskiarvoa pienempi alueilla I, III, IV, VI ja VII (alueen II jakautumaa ei tunneta). <sup>137</sup>Cs-pitoisuuden jakautuma yhdistetyssä yksittäismittausten (121 kpl) aineistossa antaa yleiskuvan eläimen iän ja sukupuolen vaikutuksesta (kuva 3). <sup>137</sup>Cs-pitoisuus ei näytä selvästi riippuvan kummastakaan tekijästä.

Poronlihan <sup>137</sup>Cs-pitoisuuden kolmen alueen keskiarvo on 486 Bq/kg, ja tulosten jakautuma keskiarvon suhteen on melko symmetri-

nen riippumatta eläimen iästä (taulukko 1 ja kuva 4).

Hirvenlihan kaliumpitoisuudeksi saadaan keskimäärin 2.9 g/kg, jos jätetään huomiotta alueiden II ja III keskiarvot laadultaan poikkeavien kokoomanäytteiden takia. Verrattaessa muihin lihalaatuihin on muistettava kaliummääritysten suurehko virherajat. Naudan- ja sianlihaa mitattaessa statistinen virhe vaihteli 1—3 %, joten niille ilmoitettuja keskiarvoja voi pitää vertailukelpoisina (taulukko 1).

Hirvenlihan <sup>137</sup>Cs:n ja kaliumin lievään positiiviseen korrelaatioon viittaa kaikkien mit-



Kuva 3. Hirvenlihan <sup>137</sup>Cs-pitoisuuden jakautuminen yhdistetyssä 121:n yksitellen mitatun näytteen aineistossa, joka on luokiteltu 5 Bq/kg:n välein.

A) Aikuisten ja vasojen osuudet eri luokissa.  
B) Lehmien ja sonnien osuudet eri luokissa.

Fig. 3. Relative frequency distribution of <sup>137</sup>Cs concentration in moose meat for 121 individual determinations; 5 Bq/kg is used as an interval.

A) Relative frequencies for adults and calves.  
B) Relative frequencies for cows and bulls.

tausten perusteella (n = 127) saatu lineaarisen regression korrelaatiokerroin r = 0.5.

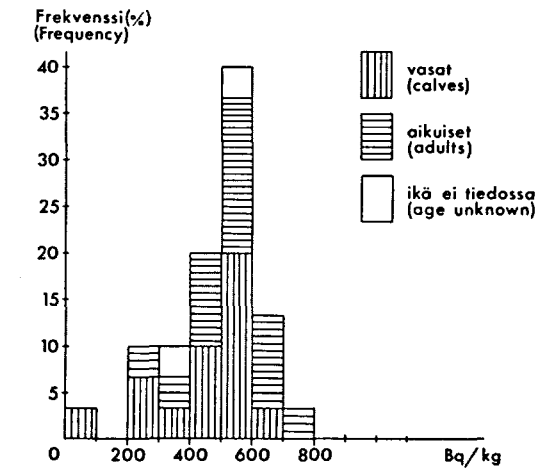
#### Tulosten tarkastelua

Hirvenlihan <sup>137</sup>Cs-pitoisuuden suuri hajonta alueiden sisällä ja alueiden välisten selvien erojen puuttuminen viittaavat siihen, että samankin paikkakunnan näyte-eläimet ovat syöneet <sup>137</sup>Cs:n suhteen erilaista ravintoa. Suomessa runsaimmin esiintyvät maalajit vaihtelevat maan eri osissa, mutta siitä johtuvia eroja hir-

venlihan radioaktiivisuudessa ei voida havaita pienehkön otoksen avulla. Yksi syy tähän on hirven tapa valita ravinnokseen eri aikoina erilaisia kasveja. Kesän ja alkusyksyn ravintona olevat kasvit ottavat kasvualueista riippuen hyvin vaihtelevasti cesiumia. Hirven saaman <sup>137</sup>Cs:n määrää suurentavat eläimen suosimat kivennäisainepitoiset kosteikkokasvit. Myös sienet ovat haluttua ruokaa syksyisin; ne ottavat cesiumia maasta huomattavasti enemmän kuin koreammat kasvit. Yleensä hirven viihtyminen soiden läheisyydessä merkitsee ravintokasvien kohonneita radiocesiumtasoja verrattuna esimerkiksi oleskeluun savipitoisilla moreenimailla.

Metsästyskausi ajoittuu hirven talvimuuton yhteyteen, jolloin ravinto vähitellen muuttuu. Siirtyminen syömään pääasiassa puiden ja pensaiden oksia voi suurentaa näyte-eläinten välistä <sup>137</sup>Cs:n saannin eroja.

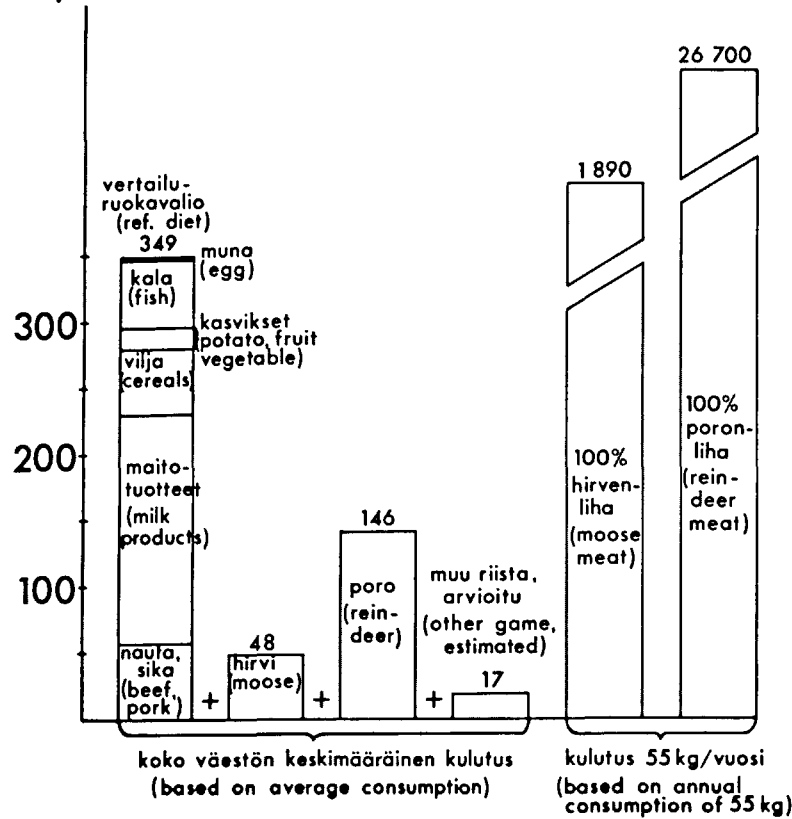
Euroopan riistaeläinten <sup>137</sup>Cs-pitoisuuksista on julkaistu niukasti tietoja. Muutamat yksittäiset, eri eläinlajeja koskevat tulokset Saksan Liittotasavallasta 1970-luvun loppupuolelta vaihtelevat likimain samoissa rajoissa kuin hirvenlihan <sup>137</sup>Cs-pitoisuus Suomessa, mutta hirvenlihalle ilmoitettut arvot ovat vain noin kym-



Kuva 4. Poronlihan <sup>137</sup>Cs-pitoisuuden jakautuminen yhdistetyssä kolmen alueen aineistossa (10 näytettä kullakin alueelta). Luokkaväli 100 Bq/kg. Aikuisten ja vasojen osuudet merkitty.

Fig. 4. Relative frequency distribution of <sup>137</sup>Cs concentration in reindeer meat from all three locations (ten samples from each); 100 Bq/kg is used as an interval. Relative frequencies for adults and calves are shown.

Bq/vuosi (year)



Kuva 5.  $^{137}\text{Cs}$ :n saanti henkeä kohti eri lihalaaduista Suomessa v. 1979. Vertailuruokavalio sisältää maatalous- ja puutarhatuotteita sekä kalaa, ja siihen kuuluva liha on nautaa ja sikaa. Muun riistan osuus on arvioitu käyttäen hirvenlihalle saatua  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuutta ja 0.5 kg:n vuosikulutusta.

Fig. 5. Contribution of different types of meat to the dietary per capita intake of  $^{137}\text{Cs}$  by Finns in 1979. The reference diet is composed of agricultural and garden products and fish; all meat in this diet is beef or pork. The contribution of other game is estimated by assuming the  $^{137}\text{Cs}$  concentration in moose meat and an annual consumption of 0.5 kg.

menesosa keskipitoisuudesta Suomessa (Anon. 1981).

Alaskassa hirvien radioaktiivisuutta on tutkittu vuosina 1963–1964 (Watson et al. 1965). Lihasten  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus oli mitattu 37 eläimestä. Keskiarvo 40 Bq/kg ja vaihteluväli (18–120) Bq/kg ovat laskeumahuipun ajalta, mutta melko lähellä vuonna 1979 Suomessa erittäin alhaisen laskeuman kaudella saatuja tuloksia. Vuoden 1964 jäkälä- ja poronlihatulokset viittaavat Alaskan ja Suomen laskeumatilanteen samankaltaisuuteen. Hirven ravintokasvien lajikoostumus on näissä maissa erilainen. Todennäköisesti samalla alueella Alaskassa elävien hirvien lihasten keskipitoisuus on nykyisin selvästi alempi kuin Suomessa.

Pohjois-Amerikassa valkohäntäpeuran  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuutta on seurattu ydinkoekauden alkupuolelta lähtien (esim. Plummer et al. 1967 ja Jenkins et al. 1974). Varsinkin itäranikon peurat saavat erittäin suuria  $^{137}\text{Cs}$ -

määriä maasta kasvien kautta; lihaksissa on mitattu poronlihan ylittäviä pitoisuuksia. Peurapopulaatioiden vaihtelevuus Pohjois-Amerikan eri osissa sekä elintapojen ja ravinnon erilaisuus vaikeuttavat tulosten vertaamista suomalaisista hivistä saatuihin.

Poronlihan keskimääräinen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus oli Suomessa syksyllä 1979 vähän alhaisempi kuin saman vuoden keväällä Norjan saamelaisalueella mitattu pitoisuus 673 Bq/kg, joka on 38 eläimen keskiarvo (Westerlund et al. 1979). Saatu tulos alittaa myös keväällä 1978 Suomen saamelaisalueelta otettujen poronlihanäytteiden  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuuden 630 Bq/kg (Miettinen 1979). Poronlihan radioaktiivisuus on suurimmillaan juuri keväällä ja talvella.

$^{137}\text{Cs}$ :n saanti ja sisäinen säteilyannos

Ydinasekoikeista peräisin olevan  $^{137}\text{Cs}$ :n pitoisuudet esim. elintarvikkeissa riippuvat oleelli-

Taulukko 2. Sisäinen säteilyannos eräistä suomalaisten ruokavalion  $^{137}\text{Cs}$ :n lähteistä vuosina 1964 ja 1979.

Table 2. Dose from ingested  $^{137}\text{Cs}$  via some sources in the Finnish diet in 1964 and 1979.

$^{137}\text{Cs}$ :n lähde Source of $^{137}\text{Cs}$	Pitoisuus Concentration Bq/kg	Kulutus vuodessa Consumption/year kg		Vuotuinen saanti Annual intake Bq		Annos, Dose $\mu\text{Sv}$	
		Keskim. Average	Maksimi Maximum	Keskim. Average	Maksimi Maximum	Keskim. Average	Maksimi Maximum
Poronliha Reindeer meat							
1964	2600	0.3	55	780	143000	9.7	1800
1979	486	0.3	55	146	26700	1.8	331
Hirvenliha Moose meat							
1964	—	0.3 <sup>b</sup>	55	—	—	—	—
1979	34.4	1.4	55	48	1890	0.6	23
Naudanliha Beef							
1964	40 <sup>a</sup>	23	55	920	2200	11	27
1979	1.2	23	55	28	66	0.3	0.8
Maito Milk							
1964	9.32	360	—	3360	—	42	—
1979	0.52	360	—	187	—	2.3	—

a Arvioitu maidon ja naudanlihan  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuuden suhteesta Ruotsissa 1960-luvun alkupuolella (vrt. Anon. 1967). Estimated using the ratio of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in Swedish milk and beef in early 1960s. (cf. Anon. 1967).

b Vrt. Nygrén, kirj. ilm. Cf. Nygrén, in litt.

sesti vallitsevasta laskeumatilanteesta. Tutkimusajankohtana ne olivat erittäin pieniä, koska vuonna 1979 ja useana edeltävänä vuonna  $^{137}\text{Cs}$ -laskeuma oli alhainen. Lisäksi aikaisemmin maahan kertyneen  $^{137}\text{Cs}$ :n siirtyminen ravintoketjuihin oli vähentynyt. 1960-luvun alkupuolella vuosilaskeumat olivat suuria. Elintarvikkeiden  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet saavuttivat vuonna 1964 Suomessa tähänastiset huippuarvonsa, joihin hirvenlihaa on verrattu (taulukko 2).

Suomalaisten keskimääräistä  $^{137}\text{Cs}$ :n saantia hirvenlihasta vuonna 1979 on verrattu ruokavalioon, joka koostuu maatalous- ja puutarhatuotteista sekä kalasta (kuva 5). Toisena vertailukohteena on saanti poronlihasta. Muun riistan kautta saatu lisä on laskettu lintujen, metsäjäniksen, rusakon ja valkohäntäpeuran yhteisestä lihapainosta vuonna 1979 ja hirvenlihan  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudesta. Hirvenliha lisäsi koko väestön  $^{137}\text{Cs}$ :n saantia lähes 15 %, ja yhdessä poron ja muun riistan kanssa n. 60 %. Vallitsevassa alhaisen laskeuman tilanteessa tällainen

lisäys on säteilyannoksen kannalta merkityksellön.

Hirvenlihan kulutus ei käytännössä jakaudu tasan koko väestön kesken. Ajatellaan maksimikuluttaja henkilöksi, jonka ruokavaliossa kaikki liha on hirveä tai poroa ja joka käyttää sitä saman verran kuin suomalainen keskimäärin lihaa vuodessa. Hän sai vuonna 1979 hirvenlihasta samaa suuruusluokkaa olevan  $^{137}\text{Cs}$ -määrän kuin pelkästään naudanlihaa käyttävä henkilö vuonna 1964 (taulukko 2). Määrä on noin puolet siitä, minkä suomalaiset keskimäärin saivat maidosta vuonna 1964.

Keinotekoisien radioaktiivisuuden suurimmat saannit ravinnosta on Suomessa poronlihan maksimikuluttajilla. Vuonna 1979 he saivat  $^{137}\text{Cs}$ :sta noin kaksinkertaisena sen säteilyannoksen, jonka ihmisen kehossa oleva luonnollinen radionuklidi kalium 40 aiheuttaa. Laskeumahuipun jälkeen vuonna 1964 vastaava annos poronlihasta oli samaa suuruusluokkaa kuin maaperästä saatavan suoran ulkoisen säteilyn aiheuttama annos on Suomessa.

Ihmisen säteilyrasitusta arvioitaessa on otettava huomioon, että erilaiset säteilyannoksen aiheuttajat kohdistuvat harvoin samaan yksilöön maksimivaikutuksiin.

#### Johtopäätökset

Hirveä voidaan käyttää ympäristön radioaktiivisen saastumisen indikaattorina. Se kuuluu luonnon ravintoketjuun, jossa radionuklidien rikastuminen on runsaampaa kuin maatalouden elintarviketuotannossa. Hirvenlihaan kertyy alhaisen vuosilaskeuman aikana keskimäärin 30-kertainen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus naudanlihaan verrattuna.

Jos laajassa laskeumatilanteessa halutaan hyödyntää hirvikannan ja muun riistan muodostamaa ravintoreserviä, on otettava huomioon lisääntyvä radionuklidien saanti ja verrattava sen haitallisuutta elintarviketuotannon muihin vaihtoehtoihin.

#### S u m m a r y :

Caesium-137 in moose meat in Finland.  $^{137}\text{Cs}$  is a long-lived nuclide ( $T_{1/2} = 30$  years) of radioactive fallout from nuclear explosions, and is distributed throughout the world. The majority of environmental  $^{137}\text{Cs}$  was produced by the large atmospheric nuclear test explosions during the late 1950s and early 1960s. The maximum annual deposition of  $^{137}\text{Cs}$  occurred in Finland in 1963–1964. Since then deposition has decreased considerably; for example, in 1979 the amount was about one per cent of that in 1963.

Due to the chemical behaviour of caesium, an alkaline metal,  $^{137}\text{Cs}$  is readily available to the metabolism of plants and animals.  $^{137}\text{Cs}$  reaches man via foodstuffs of either animal or vegetable origin. Ingested  $^{137}\text{Cs}$  causes an internal radiation dose and  $^{137}\text{Cs}$  elsewhere in the environment causes an external radiation dose to man. Of the muscle-seeking fallout radionuclides,  $^{137}\text{Cs}$  is the most important.

The moose (*Alces alces*) is the largest member of the deer family, and is nowadays found throughout Finland. The moose population and the number of animals killed during the hunting season increased rapidly towards the end of the 1970s. No systematic surveys on the radioactivity of moose meat had been made in northern Europe until, in 1979, the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in moose meat and its contribution to the dietary intake of  $^{137}\text{Cs}$  in Finland were assessed. Diets composed of agricultural products and fish, and diets containing reindeer meat were used for comparison.

Moose ingest environmental contaminants more effectively than farm animals. The forage plants of the moose can have large variations in their  $^{137}\text{Cs}$  content. Although the foliar deposition of  $^{137}\text{Cs}$  on plants has been low during the growing seasons in the 1970s,  $^{137}\text{Cs}$  in the surface layer of the soil is available to the plants. The availability varies with soil type; soil with a high organic matter content favours the uptake of  $^{137}\text{Cs}$  by plants, whereas clay particles bind caesium very tightly within a few years of deposition.

Different mineral contents of plants also mean varying  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in them.

During the hunting season of 1979, 176 moose meat samples were collected from seven locations in Finland (Fig. 1). For comparison, thirty reindeer meat samples were taken from three locations in northern Finland. The muscle chosen was mainly from the head of the animal, but samples from other parts of the animal were also sent to the laboratory. Fat-free muscle samples were dried, homogenized and pelletized for simultaneous  $^{137}\text{Cs}$  and potassium determination with a large volume Ge(Li) gamma detector.

The mean concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in moose meat from seven locations, as calculated from the individual means, was 34 Bq/kg (Table 1). No significant differences were observed in means or standard deviations between the locations. Wide ranges of concentrations were found in all parts of the country (Fig. 2). Within five of the locations, the distributions of the concentration were skewed to the right (mean > median). This phenomenon was caused by a few rather high concentrations. The results of 121 separate determinations suggest that  $^{137}\text{Cs}$  concentration does not depend on the age or sex of the animal (Fig. 3a, b).

The wide range of concentration within localities reveals the existence of different types of forage of the moose. The hunting season coincides with the beginning of the winter migration of the moose, which means a gradual change in forage. The highest concentrations in meat may be due to temporary sources of  $^{137}\text{Cs}$  in the diet. For instance, mushrooms and species rich in minerals on wetlands can be such sources.

During the period of heavy fallout in 1963–1964,  $^{137}\text{Cs}$  in moose meat was analysed in Alaska. The range and mean of concentrations were close to those found in Finland in 1979. This means that the levels of  $^{137}\text{Cs}$  in Alaska in the late 1970s must be significantly lower than in Finland. A few determinations of  $^{137}\text{Cs}$  in German moose meat from the end of the 1970s gave concentrations of about ten per cent of the mean in Finland.

The mean  $^{137}\text{Cs}$  concentration in reindeer meat was 486 Bq/kg (Table 1). The concentration did not seem to depend on the age of the animal (Fig. 4). The mean concentration was lower than the results for reindeer meat from northern Norway and northernmost Finland in the spring of 1978 (673 Bq/kg and 630 Bq/kg, respectively).

The mean potassium concentration of moose meat was 2.9 g/kg, if the results for areas II and III (from bulked, lower quality samples) were omitted (Table 1).

In 1979, moose meat added less than 15 per cent to the dietary intake of  $^{137}\text{Cs}$  via a regularly monitored Finnish reference diet (Fig. 5). Intake via the meat of other game was estimated using the  $^{137}\text{Cs}$  concentration of moose meat and the consumption of other important game animals in Finland in 1979. They were birds, hares and white-tailed deer. When averaged over the entire population in Finland, the consumption of moose, other game and reindeer meat adds about 60 per cent to the  $^{137}\text{Cs}$  intake via a diet composed of agricultural products and fish.

In 1979, the intake of  $^{137}\text{Cs}$  by a person consuming a maximum amount of moose meat is comparable to the intakes via milk and beef in 1964, when peak concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in foodstuffs were measured in Finland (Table 2 and Fig. 5). Consumption of reindeer meat alone in the diet gives an internal dose which is about twice of that from the natural radionuclide  $^{40}\text{K}$  in the body. In 1964 the corresponding dose from reindeer meat reached the dose level of external radiation in Finland. The radioactivity of

moose meat is much lower than that of reindeer meat under the present fallout conditions. During fresh fallout, concentration ratios of radionuclides change. After marked releases of fission products into the terrestrial environment moose and other game hunted on a large scale should be considered a dietary source of  $^{137}\text{Cs}$ .

#### Kirjallisuus / References :

- Anon. 1967: The fallout situation in Denmark, Finland, Norway and Sweden in 1965–1966. — Report from a meeting of Scandinavian experts on radiation protection, Helsinki 1967.
- Anon. 1981: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. — Der Bundesminister des Innern, Jahresbericht 1978, Bonn.
- Jenkins, J. J. & Monroe, J. R. 1974: An evaluation of the factors involved in bioaccumulation of gamma-emitting radionuclides in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). — School of Forest Resources, Univ. of Georgia, Athens, Georgia. (SRO-642-4).

Saapunut / Received 22.XII.1981

Aino Rantavaara  
Säteilyturvallisuuslaitos  
Institute of Radiation Protection  
Box 268  
SF-00101 Helsinki 10

- Koivulehto, M., Rantavaara, A., Rissanen, K., Salonen, L., Saxén, R. & Tuomainen, K. 1980: Deposited radionuclides. Studies on environmental radioactivity in Finland 1979. — Annual Report. STL-A 34, Helsinki.
- Miettinen, J. K. 1979: Final report for the project Radioactive foodchains in the subarctic environment. — Department of Radiochemistry, Univ. of Helsinki.
- Plummer, G. L., Pullen, T. M., Provost, E. E. 1967: Cesium-137 and a population of Georgia white-tailed deer. — Proc. of the Second National Symp., Ann Arbor, Michigan 1967 (CONF-670503).
- Rantavaara, A. 1980: Radioactivity in milk and other foodstuffs. Studies on environmental radioactivity in Finland 1979. — Annual Report. STL-A 34, Helsinki.
- Watson, D. G., Eberhardt, L. L. & Hanson, W. C. 1965: Radioactivity in Alaskan animals and forage plants. — Hanford Biology Research Annual Report for 1964, BNWL-122, Richland, Washington.
- Westerlund, E. A., Jellum, W. & Arneberg, P. 1979:  $^{137}\text{Cs}$  i norske samer våren 1979. — Statens Institutt for Strålehygiene. Østerås.