

Suomessa tuotetun lihan ja kananmunien radioaktiivisuus

Ympäristösäteilyn valvonnan toimintaohjelma

Meerit Kämäräinen, Tuukka Turtiainen, Kaisa Vaaramaa

Säteilyturvakeskus

Ympäristön säteilyvalvonta ja valmius

Meerit Kämäräinen, Tuukka Turtiainen, Kaisa Vaaramaa

Säteilyturvakeskus
PL 14
00811 Helsinki
www.stuk.fi

Lisätietoja
Meerit Kämäräinen
meerit.kamarainen@stuk.fi
puhelin 09 759 88 534

ISBN 978-952-309-380-5 (pdf)

Sisällys

Tiivistelmä.....	1
1. Ympäristösäteilyn valvonta Suomessa.....	1
2. Johdanto	2
3. Aineisto ja menetelmät.....	4
3.1 Näytteet ja esikäsittely	4
3.2 Näytteiden analysointi.....	5
3.3 Lihan kulutuksen arviointi.....	5
3.4 Annoksen arviointi.....	6
4. Tulokset.....	6
4.1 ⁴⁰ K-aktiivisuuspitoisuuden muuttaminen K-pitoisuudeksi	6
4.2 ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet naudanlihassa.....	7
4.3 ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet broilerinlihassa.....	8
4.4 ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet sianlihassa.....	8
4.5 ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet lampaanlihassa	8
4.6 ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet kananmunassa	9
4.7 Annosarvio.....	10
4.8 ¹³⁷ Cs-pitoisuuksien alueellinen vaihtelu	11
5. Johtopäätökset.....	14
6. Kiitokset	15
7. Lähteet	15
Liitteet.....	17

Tiivistelmä

Suomessa lihansyönnistä saatava vuosittainen säteilyannos on hyvin pieni, keskimäärin 6,3 mikrosievertiä (μSv) per henkilö. Tämä on 0,2 % suomalaisen saamasta keskimääräisestä vuotuisesta 3,2 millisievertin ($\text{mSv} = 1000 \mu\text{Sv}$) kokonaissäteilyannoksesta. Tšernobylin onnettomuudessa maatalousympäristöön päätyneet keinotekoiset radioaktiiviset aineet nostivat vain vähäisessä määrin tuotetun lihan radioaktiivisuutta. Suomessa tuotetun lihan ja kananmunien syöminen on turvallista, eikä niiden käyttöä tarvitse säteilyn vuoksi rajoittaa.

Säteilyturvakeskus toteutti yhdessä Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran kanssa vuosina 2014–2017 ympäristön säteilyvalvonnan osa-ohjelman ”Suomessa tuotetun lihan ja kananmunien radioaktiivisuus”. Hankkeen tarkoituksena oli kerätä tietoa luonnon radioaktiivisten aineiden (^{210}Pb , ^{210}Po , ^{228}Ra ja ^{226}Ra) pitoisuuksista kotimaisessa lihassa ja kananmunissa. Lisäksi määritettiin keinotekoisien radioaktiivisten aineiden (^{137}Cs , ^{90}Sr) pitoisuudet ja selvitettiin ^{137}Cs -pitoisuuksien alueellista vaihtelua sekä pitoisuuksien muutosta Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden jälkeisestä ajasta tähän päivään. Näytteet koostuivat naudan-, sian-, broilerin - ja lampaanlihasta sekä kananmunista ja niitä kerättiin teurastamoista ja kananmunapakkaamoista eri puolilta Suomea.

1. Ympäristösäteilyn valvonta Suomessa

Ympäristösäteilyn valvonta koostuu vuosittain toteutettavasta jatkuvasta ympäristön säteilyvalvonta ohjelmasta, kerran strategiakaudella toteutettavista osa-ohjelmista sekä kaivosten ja ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnasta.

Ympäristön säteilyvalvonta ohjelmassa valvotaan mm. ulkoista säteilyä ja elintarvikkeita. Tämän ohjelman toteutuksesta löytyy tietoa Säteilyturvakeskuksen (STUK) internetsivuilta: <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ympariston-sateilyvalvonta/jatkuva-valvontaohjelma>. Ohjelman tuloksista koostetaan vuosittain raportti ”Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa”. Vuosittain toteutettava ympäristön säteilyvalvontaohjelma antaa yleiskuvan säteilytilanteesta Suomessa.

Jatkuvan ympäristön säteilyvalvonnan tuloksia täydennetään osa-ohjelmien avulla. Niissä seurataan yksityiskohtaisemmin suomalaisten kannalta tärkeimpiä säteilyaltistuksen lähteitä. Osa-ohjelmia toteutetaan 5–10 vuoden välein. Osa-ohjelmista kerrotaan tarkemmin STUKin internetsivuilla: <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ympariston-sateilyvalvonta/-osaohjelmat>.

Tässä raportissa kerrotaan ympäristön säteilyvalvonnan osa-ohjelman, ”Suomessa tuotetun lihan ja kananmunien radioaktiivisuus (LIMU)”, tuloksista.

2. Johdanto

Säteilyturvakeskus toteutti yhdessä Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran kanssa vuosina 2014–2017 ympäristön säteilyvalvonnan osa-ohjelman ”Suomessa tuotetun lihan ja kananmunien radioaktiivisuus”. Hankkeen tarkoituksena oli kerätä tietoa luonnon radioaktiivisten aineiden (^{210}Pb , ^{210}Po , ^{228}Ra ja ^{226}Ra) pitoisuuksista kotimaisessa lihassa ja kananmunissa. Lisäksi määritettiin keinotekoisien radioaktiivisten aineiden (^{137}Cs , ^{90}Sr) pitoisuudet ja selvitettiin ^{137}Cs -pitoisuuksien alueellista vaihtelua sekä pitoisuuksien muutosta Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden jälkeisestä ajasta tähän päivään. Tulosten pohjalta arvioidaan lihan ja kananmunien syönnistä aiheutuvaa vuosittaista keskimääräistä säteilyannosta kuluttajille.

Keväällä 1986 Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuudessa syntynyt radioaktiivinen ^{137}Cs -laskeuma levisi maahamme hyvin epätasaisesti. Pohjois-Suomeen ja osiin Itä-Suomea laskeumaa tuli vähän, kun taas Keski- ja Etelä-Suomi sai merkittävän osan laskeumasta. Laskeumaa tuli alueille, joilla satoi radioaktiivisen pilven ylikulun aikana. Laskeuman aktiivisuuden perusteella Suomi on jaettu viiteen laskeumaluokkaan (<http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-ymparistossa/laskeuma/tsernoby-laskeuma-suomessa-kunnittain>).

Onnettomuudessa ydinvoimalaitoksesta ympäristöön vapautuneet keinotekoiset radioaktiiviset aineet (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{131}I) kulkeutuivat elintarvikkeisiin maatalouden ja luonnon ravintoketjuja pitkin. Kasvukaudella ympäristöön päässeet radioaktiiviset aineet laskeutuvat ravintokasvien pinnoille, maahan ja suoraan vesistöihin. Maahan joutuneet radioaktiiviset aineet päätyvät kotieläintuotteisiin ja lihaan laiduntamisen myötä suoraan maasta, ravintona käytetyistä rehukasveista ja juomavedestä. Luonnon elintarvikkeissa, marjoissa, sienissä, järvikaloissa ja riistassa ^{137}Cs saattaa esiintyä vielä korkeinkin pitoisuuksina. Luonnon elintarvikkeista saatava vuotuinen säteilyannos on kuitenkin pieni. ^{137}Cs on säilynyt ympäristössä vuosikymmeniä, mutta maatalouden ekosysteemeistä se väheni nopeasti. ^{137}Cs :n pitoisuudet kotieläintuotteissa seuraavat eläinten ruokinnassa käytettävän rehun pitoisuuksia. Nykyisin ^{137}Cs -pitoisuudet maataloustuotteissa viljassa, maidossa ja lihassa ovat hyvin pieniä (Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa: Vuosiraportti 2016, <http://www.julkari.fi/handle/10024/134866>). Tarkoissa laboratorioanalyseissä ^{137}Cs kyetään vielä havaitsemaan. Muiden laskeuman radioaktiivisten aineiden kuten esim. ^{90}Sr merkitys on vähäisempi, koska sitä vapautui Tšernobylin onnettomuudessa ympäristöön vähemmän. ^{131}I hävisi lyhyen puoliintumisaikansa (8 vrk) vuoksi nopeasti.

Luonnonnuklidien pitoisuuksista Suomessa tuotetussa lihassa on vähän tietoa. Lihan osalta tutkimukset ovat aiemmin keskittyneet poron- ja hirvenlihaan (Radioaktiivinen laskeuma ja ravinto 2009, <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120249439>). Kuitenkin tuotetun lihan ja kananmunien päivittäinen kulutus on samaa suuruusluokkaa kuin viljatuotteiden ja kasvien kulutus eli noin yli kymmenkertainen verrattuna riista- ja poronlihan kulu- tukseen. Luonnon radioaktiiviset aineet aiheuttavat pitkällä aikavälillä melko vakion säteilyaltistuksen vaikkakin alueellista vaihtelua esiintyy.

Naudan- ja sianlihan valtakunnallinen ^{137}Cs -pitoisuuksien seuranta aloitettiin 1980-luvun alussa ottamalla näytteitä ydinvoimaloiden ympäristöalueiden lisäksi Kaakkois- ja Länsi-Suomesta. Vuonna 1982 näytteenottoa laajennettiin Itä- ja Pohjois-Suomeen (STUK-A54, 1987). Vuoden 1986 Tšernobylin onnettomuuden jälkeen näytteenottoa tehostettiin ja naudan- ja sianlihanäytteitä otettiin useista teurastamoista kaksi kertaa kuukaudessa. Lisäksi hankittiin kuntakohtaisia kokoomanäytteitä. Näytteitä kerättiin myös karitsan- ja lampaanlihasta sekä siipikarjasta ja kananmunasta (Rantavaara ja Haukka, 1987). Seuraavina vuosina näytteenottoa jatkettiin samalla ohjelmalla, kuitenkin näytteenottojaksoja pidennettiin vähitellen kuukaudeksi. Myöhemmin teurastamoiden lukumäärää vähennettiin (Rantavaara, 1991). 1990-luvulla näytemäärät vähennettiin samalle tasolle kuin ennen Tšernobylin onnettomuutta ja 2000-luvulle tultaessa naudanlihan näytteenotto lopetettiin. Sianlihan näytteenottoa yhdestä teurastamosta jatkettiin vielä muutamia vuosia. Vuosina 2003–2007 naudan- ja sianliha olivat mukana jatkuvassa ympäristön säteilyvalvontaohjelmassa (STUK B-sarjan vuosiraportit).

Naudanlihan ^{137}Cs -pitoisuudet olivat korkeimmillaan Tšernobylin onnettomuuden jälkeen vuosina 1986–1987, jolloin keskipitoisuudet koko maan näytteissä olivat noin 100 Bq/kg (tuorepainoa kohden). Tämän jälkeen pitoisuudet laskivat ja vuodesta 1992 lähtien naudanlihan ^{137}Cs -keskipitoisuudet olivat alle 10 Bq/kg ja 2000-luvulle tultaessa noin 5 Bq/kg.

Sianlihan ^{137}Cs -pitoisuudet olivat Tšernobylin onnettomuuden jälkeen korkeimmillaan vuonna 1987 keskimäärin 12 Bq/kg koko maan näytteissä. Vuodesta 1992 lähtien sianlihan ^{137}Cs -keskipitoisuudet olivat alle 5 Bq/kg.

Kananmunat ja siipikarjan liha saastuivat Tšernobylin onnettomuudesta vain vähäisessä määrin ^{137}Cs :sta. Kananmunan ^{137}Cs -pitoisuudet olivat korkeimmillaan vuonna 1986, jolloin laitoskanaloiden munissa oli enimmillään ^{137}Cs noin 1 Bq/kg. Vuodesta 1987 alkaen kananmunien ^{137}Cs -pitoisuudet suurten laitoskanaloiden munissa ovat olleet alle 0,5 Bq/kg, yleensä alle havaitsemisrajan. Kotitarhojen munissa oli toukokuussa 1986 ^{137}Cs :ää 0–166 Bq/kg. Kotitarhojen kananmunia on mitattu kevään 1986 jälkeen muutama näyte vuosina 1993–1997, jolloin niiden ^{137}Cs -pitoisuudet ovat olleet alle 0,5 Bq/kg.

Kana- ja broilerinlihanäytteiden ^{137}Cs -pitoisuuksia määritettiin vuosina 1986–1989 ja 1992–1996 otetuista suurkanaloiden näytteistä. Vuosina 1986–1989 mitattujen näytteiden pitoisuudet vaihtelivat välillä 1,3–7,1 Bq/kg. 1990-luvulla pitoisuudet ovat olleet alle 1 Bq/kg vaihdellen välillä 0,3–0,8 Bq/kg.

Lampaanlihan ^{137}Cs -pitoisuudet olivat korkeimmillaan Tšernobylin onnettomuuden jälkeen vuoden 1986 syksyllä jopa 600 Bq/kg (vaihtelu 7,2–630 Bq/kg). Vuonna 1988 kaikkien analysoitujen näytteiden keskiarvo oli 110 Bq/kg. Vuonna 1996 laskeuma-alueen neljä näytteissä oli ^{137}Cs -pitoisuus enimmillään 65 Bq/kg.

^{90}Sr pitoisuudet tuotetussa lihassa ja kananmunissa olivat 0,01–0,15 Bq/kg vuosina 1987–1988 kun pitoisuus ennen Tšernobylin onnettomuutta oli keskimäärin 0,01 Bq/kg (Kostainen, julkaisematon muistio).

3. Aineisto ja menetelmät

3.1 Näytteet ja esikäsittely

Lihanäytteiden keräyksen järjesti Evira ja näytteet otti asetuksen (EY) N:o 854/2004 mukainen tarkastuseläinlääkäri virallisena valvontanäytteenä teurastamoissa tapahtuvan lihantarkastuksen yhteydessä. Myös kananmunat otettiin virallisina valvontanäytteinä munanpakkaamoista. Näytteitä pyrittiin saamaan kattavasti eri puolelta Suomea eri laskeuma-alueilta. Näytteet saapuivat STUKiin touko- ja joulukuun 2014 välisenä aikana. Näytteistä kerättiin tiedot teuraseläinten alkuperästä (kuntatieto), sekä teuraseläimen sukupuoli ja ikä. Naudanlihanäytteitä saatiin 11 yhdeksästä eri kunnasta ja broilerinlihanäytteitä 15 kaikkiaan 14 eri kunnasta. Sianlihanäytteitä saatiin 16, kananmunanäytteitä kymmenen ja lampaanlihanäytteitä kuusi näytettä kaikki eri kunnista. Nauta- ja sianlihanäytteitä saatiin kaikilta viideltä laskeuma-alueelta (1–5), lampaanlihanäytteitä laskeuma-alueilta 1–4, broilerinlihanäytteitä ja kananmunanäytteitä alueilta 2–4. Taulukossa 1 on esitetty hankkeessa analysoitujen kunkin näytetyypin lukumäärät ja niiden jakautuminen laskeuma-alueittain. Lihanäytteiden alueellinen kattavuus oli hyvä. Lähes kaikista lihalaa-
duista saatiin näytteitä vähintään neljältä aktiivisuusalueelta (broileri 3). ^{90}Sr -pitoisuus tutkittiin eri tuotantoeläimistä yhdistetyistä viidestä kokoomanäytteestä. Naudan-, sian- ja broilerinlihan strontiumanalyysiin yhdistettiin 5 näytettä eri alueilta, lampaanliha- ja kananmunan strontiumanalyysiin yhdistettiin 6 eri näytettä eri laskeuma-alueilta. Hankkeessa analysoidut näytteet olivat tavanomaisesti tuotettua lihaa. Neljä munanpakkaamoille kananmunanäytteitä toimittaneista kanaloista oli luomukanaloita.

Näytteet esikäsiteltiin kuivamalla, jauhamalla ja tuhittamalla VALO 4.4.5.3 Lihanäytteiden esikäsittely -ohjeen mukaisesti. Näytteet kuivattiin 105 °C:ssa ja tuhitettiin 450 °C:ssa. Gammaspetrometriä mittauksia varten näytteet purkitettiin ja vakumoitettiin. Vakumointi tehtiin ^{226}Ra -määrittystä varten. ^{210}Po radiokemialliseen analyysiin käytettiin kuivattua näytettä. ^{210}Pb ja ^{90}Sr määritettiin radiokemiallisesti tuhitetusta näytteestä.

Taulukko 1. Analysoidut näytemäärät laskeuma-alueittain.

Näyte	Näytemäärä laskeuma-alueittain					Yhteensä
	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5	
Nauta	1	5	2	2	1	11
Lammas	1	1	1	3	-	6
Sika	1	4	3	7	1	16
Broileri	-	2	7	6	-	15
Kananmuna	1	2	4	3	-	10
Yhteensä						58

3.2 Näytteiden analysointi

Gammaspektrometria

Kaikista näytteistä mitattiin gammaspektrometrisesti ^{137}Cs -, ^{40}K -, ^{228}Ra -, ja ^{226}Ra - aktiivisuuspitoisuudet. Gammaspektrometriset radionuklidimääritykset tehtiin käyttäen STUKin akkreditoitua menetelmää (FINAS, T167/M18/2017, Gammaspektrometria, Sisäinen ohje VALO 4.5, Sisäiset menetelmät: STUK-VALO-4.5.1, Modifioitu IEC 61452:1995, International standard IEC 61452, 1995).

Radiokemiallinen analyysi

Alueellisesti edustavasta näyteaineistosta määritettiin radiokemiallisesti ^{210}Pb , ^{210}Po sekä ^{90}Sr . Strontium erotettiin näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, jonka jälkeen ^{90}Sr mitattiin nestetuikespektrometrillä käyttäen STUKin akkreditoitua menetelmää (FINAS, T167/M18/2017 Radiokemia, Sisäinen ohje VALO 4.6.2). ^{210}Po erotettiin näytteestä spontaanisaostuksella, jonka jälkeen ^{210}Po -pitoisuus määritettiin alfaspektrometrisesti (FINAS, T167/M18/2017 Radiokemia, Sisäinen ohje VALO 4.6.5). ^{210}Pb aktiivisuus määritettiin ^{210}Po :n avulla.

3.3 Lihan kulutuksen arviointi

Lihan kulutuksen arviointi henkilöä kohden perustuu Finravinto 2012 -tutkimukseen (Heldán ym. 2013). Finravinto tutkimuksen tuloksia käytetään ruuan ja juomaveden kautta saadun altistuksen arvioimiseen myös muiden kuin radioaktiivisten haitta-aineiden osalta. Tämän vuoksi myös STUKissa tehtäviin ruuan ja juomaveden kautta saatuihin annosarvioihin käytetään viimeisimmän Finravinto tutkimuksen tuloksia.

Taulukko 2. Lihan kulutus (kg/vuosi) Suomessa ikäryhmissä 24–64 ja 65–74 -vuotiaat (Heldán ym. 2013 Finravinto 2012 -tutkimus).

Lihan kulutus [kg/v]	Miehet		Naiset	
	24–64 v.	65–74 v.	24–64 v.	65–74 v.
Nauta	11	7	7	5
Sianliha	14	12	8	7
Kana, kalkkuna	14	8	10	9
Lammas, riista, elimet	4	4	2	2
Kananmuna	9	7	6	5
Yhteensä	76	57	47	37

3.4 Annoksen arviointi

Lihan syönnistä saatava vuotuinen efektiivinen annos arvioitiin (Ohje, VALO 4.8.3 Elintarvikkeet ja juomavedet – sisäinen altistus) käyttämällä taulukossa 2 esitettyjä lihan vuosittaisia kulutusmääriä, tutkimuksessa saatuja radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksien keskiarvoja sekä annoskonversiokertoimia (ICRP, 2012) (Taulukko 3–5).

Luonnon kalium koostuu kolmesta isotoopista, joista ^{40}K on radioaktiivinen. Luonnon kaliumista ^{40}K muodostaa aina 0,0117 %. Annosarvioinnissa ei otettu huomioon ^{40}K osuutta, koska kaliumin saanti on tasapainossa sen erittymisen kanssa ja siten ihmisen kehossa olevan kaliumin määrä on vakio. ^{40}K aiheuttaa vuodessa efektiivistä annosta aikuisille n. 165 μSv ja lapsille 185 μSv riippumatta saannista ruuan tai veden kautta. Ruuan käsittelyn vaikutusta radionuklidien pitoisuuden muutoksiin ei ole otettu huomioon annosarvioinnissa.

4. Tulokset

Tutkimuksessa analysoitiin kaikkiaan 58 näytettä. Näytteiden alueellinen kattavuus oli hyvä. Kaikista lihalaaduista saatiin näytteitä vähintään neljältä aktiivisuusalueelta, broilerinlihan osalta kolmelta alueelta (Taulukko 1).

4.1 ^{40}K -aktiivisuuspitoisuuden muuttaminen K-pitoisuudeksi

Grammassa luonnon kaliumia on 31 Bq:ä ^{40}K :a. ^{40}K osuutta ei oteta huomioon annosarvioinnissa, mutta sen pitoisuuden avulla voidaan arvioida analysoidun näytteen K-pitoisuus. Vertaamalla näin saatuja K-arvoja tunnettuihin lihan ja kananmunien K-pitoisuuksiin (Fineli, Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ylläpitämä elintarvikkeiden kansallinen koostumustietopankki <https://fineli.fi/fineli/fi/index>, Taulukko 3) voidaan arvioida näytteen edustavuutta ja näytteen esikäsittelyn onnistumista.

Taulukko 3. Liha- ja kananmunanäytteiden ^{40}K -aktiivisuuspitoisuudet muutettuna K-pitoisuudeksi ja vertailu Finelin antamiin liha- ja kananmunanäytteiden K-pitoisuuksiin.

Näytelaji	K mg/100g	Finel ¹ K mg/100g
Naudanliha		
Minimi	277	317
Maksimi	355	
Sianliha		
Minimi	306	270
Maksimi	406	
Broilerinliha		
Minimi	335	380
Maksimi	413	
Lampaanliha		
Minimi	258	240
Maksimi	358	
Kananmuna		
Minimi	103	130
Maksimi	135	

¹Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ylläpitämä elintarvikkeiden kansallinen koostumus-tietopankki: <https://fineli.fi/fineli/fi/index>.

Tulosten yhteenveto kaikkien näytelajien osalta on koottu taulukoihin 4–6. Yksittäiset mit-taustulokset löytyvät liitteistä 1–6.

4.2 ^{137}Cs , ^{90}Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet naudanlihassa

^{137}Cs -pitoisuus määritettiin 11 naudanlihanäytteestä. Kaikki tulokset on ilmoitettu tuore-painokiloa kohden. ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 0,08–8,9 Bq/kg (mediaani 0,53 ja keskiarvo 2,1 Bq/kg). ^{90}Sr pitoisuus määritettiin kokoomanäytteestä, johon oli yh-distetty viisi eri laskeuma-alueilta kerättyä näytettä sekä yhdestä yksittäisestä näytteestä. Kokoomanäytteen aktiivisuus oli 0,004 Bq/kg ja laskeuma-alueelta 1 olevan näytteen ^{90}Sr aktiivisuuspitoisuus oli alle määrittämissä (<0,005 Bq/kg).

^{40}K aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 86–110 Bq/kg (mediaani 93 ja keskiarvo 94 Bq/kg). Saatu ^{40}K -aktiivisuuspitoisuus vastaa 277–355 mg kaliumia 100 g:ssa naudanli-haa. Finelin mukaan naudanlihan K-pitoisuus on 317 mg/100g. ^{210}Pb - ja ^{210}Po -pitoisuudet määritettiin radiokemiallisesti kuudesta näytteestä ja arvot vaihtelivat vastaavasti 0,03–0,08 Bq/kg (mediaani 0,04 ja keskiarvo 0,04 Bq/kg) ja 0,03–0,38 Bq/kg (mediaani 0,17 ja keskiarvo 0,21 Bq/kg). ^{226}Ra ja ^{228}Ra -pitoisuudet olivat alle määrittämissä, määrittämissä vaihdellaessa 0,02–0,1 Bq/kg.

4.3 ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet broilerinlihassa

Cesiumpitoisuus määritettiin 15 broilerinlihanäytteestä. Kaikki tulokset on ilmoitettu tuorepainokiloa kohden. ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 0,19–0,56 Bq/kg, (mediaani 0,34 ja keskiarvo 0,34 Bq/kg). ⁹⁰Sr-aktiivisuus määritettiin kokoomanäytteestä, johon oli yhdistetty viisi eri laskeuma-alueilta kerättyä näytettä sekä yhdestä yksittäisestä näytteestä. Kokoomanäytteen aktiivisuus oli 0,007 Bq/kg ja laskeuma-alueelta 4 olevan näytteen ⁹⁰Sr aktiivisuuspitoisuus 0,005 Bq/kg.

⁴⁰K-aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 104–128 Bq/kg (mediaani 116 ja keskiarvo 116 Bq/kg). Saatu ⁴⁰K-aktiivisuuspitoisuus vastaa 335–413 mg kaliumia 100g:ssa broilerinlihaa. Finelin antama broilerinlihan K-pitoisuus on 380 mg/100g. ²¹⁰Pb- ja ²¹⁰Po-pitoisuudet määritettiin radiokemiallisesti 6 näytteestä ja pitoisuudet vaihtelivat vastaavasti 0,02–0,04 Bq/kg (mediaani 0,04 ja keskiarvo 0,03) ja 0,02–0,04 Bq/kg (mediaani 0,04 ja keskiarvo 0,03 Bq/kg). ²²⁶Ra ja ²²⁸Ra-pitoisuudet olivat kaikki alle määritysrajojen määritysrajojen vaihdella 0,01–0,6 Bq/kg.

4.4 ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet sianlihassa

Cesiumpitoisuus määritettiin 16 sianlihanäytteestä. Kaikki tulokset on ilmoitettu tuorepainokiloa kohden. ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 0,15–4,6 Bq/kg (mediaani 0,44 ja keskiarvo 0,84 Bq/kg). ⁹⁰Sr-aktiivisuus määritettiin kokoomanäytteestä, johon oli yhdistetty viisi eri laskeuma-alueilta kerättyä näytettä sekä yhdestä yksittäisestä näytteestä. Kokoomanäytteen aktiivisuus oli 0,002 Bq/kg ja laskeuma-alueelta 5 olevan näytteen ⁹⁰Sr aktiivisuuspitoisuus 0,009 Bq/kg. ⁴⁰K-aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 95–126 Bq/kg (mediaani 110, keskiarvo 110 Bq/kg). Saatu ⁴⁰K-aktiivisuuspitoisuus vastaa 306–406 mg kaliumia 100 g:ssa sianlihaa. Finelin antama sianlihan K-pitoisuus on 270 mg/100g. ²¹⁰Pb- ja ²¹⁰Po-pitoisuudet määritettiin radiokemiallisesti 6 näytteestä ja pitoisuudet vaihtelivat vastaavasti 0,03–0,09 Bq/kg (mediaani 0,04, keskiarvo 0,05 Bq/kg) ja 0,03–0,04 Bq/kg (mediaani 0,04, keskiarvo 0,04 Bq/kg). ²²⁶Ra ja ²²⁸Ra-pitoisuudet olivat kaikki alle määritysrajojen vaihdella 0,03–0,2 Bq/kg.

4.5 ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet lampaanlihassa

Cesiumpitoisuus määritettiin kuudesta lampaanlihanäytteestä. Kaikki tulokset on ilmoitettu tuorepainokiloa kohden. ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 0,10–4,4 Bq/kg (mediaani 1,35 ja keskiarvo 1,82 Bq/kg). ⁹⁰Sr-aktiivisuus määritettiin kokoomanäytteestä, johon oli yhdistetty kuusi eri alueilta kerättyä näytettä. Kokoomanäytteen aktiivisuus oli 0,01 Bq/kg. ⁴⁰K-aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 80–111 Bq/kg, (mediaani 94, keskiarvo 95 Bq/kg). Saatu ⁴⁰K-aktiivisuuspitoisuus vastaa 258–358 mg kaliumia 100g:ssa lampaanlihaa. Finelin antama lampaanlihan K-pitoisuus on 240–320 mg/100g. ²¹⁰Pb- ja ²¹⁰Po-pitoisuudet määritettiin radiokemiallisesti 6 näytteestä ja pitoisuudet vaihtelivat vastaavasti

vasti 0,04–0,11 Bq/kg (mediaani 0,09, keskiarvo 0,08) ja 0,03–0,04 Bq/kg (mediaani 0,04, keskiarvo 0,04). ^{226}Ra - ja ^{228}Ra -pitoisuudet olivat kaikki alle määrittämissä rajojen, määrittämissä rajojen vaihdella 0,04–0,3 Bq/kg.

4.6 ^{137}Cs , ^{90}Sr sekä luonnonnuklidien aktiivisuuspitoisuudet kananmunassa

Cesiumpitoisuus määritettiin 10 kananmunanäytteestä. Kaikki tulokset on ilmoitettu tuorepainokiloa kohden. ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 0,02–0,09 Bq/kg (mediaani 0,06 ja keskiarvo 0,05 Bq/kg). Yhden näytteen pitoisuus oli alle määrittämissä rajojen. Kananmunan ^{90}Sr -aktiivisuus määritettiin kokoomanäytteestä, johon oli yhdistetty kuusi eri laskeuma-alueilta kerättyä näytettä. Kokoomanäytteen aktiivisuus oli 0,01 Bq/kg.

^{40}K -aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 32–42 Bq/kg, (mediaani 39 ja keskiarvo 39 Bq/kg). Saatu ^{40}K -aktiivisuuspitoisuus vastaa 103–135 mg kaliumia 100 g:ssa kananmunia. Finelin antama kananmunien K-pitoisuus on 130 mg/100g. ^{210}Pb - ja ^{210}Po -pitoisuudet määritettiin radiokemiallisesti 6 näytteestä ja pitoisuudet vaihtelivat vastaavasti 0,03–0,1 Bq/kg (mediaani 0,05, keskiarvo 0,01) ja 0,02–0,12 Bq/kg (mediaani 0,03, keskiarvo 0,04). ^{226}Ra -määrittämissä rajojen 8 näytettä oli alle määrittämissä rajojen, määrittämissä rajojen vaihdella 0,07–0,21 Bq/kg. Näiden näytteiden aktiivisuuspitoisuudeksi arvioitiin 0,1 Bq/kg. Kahdessa näytteessä pitoisuus oli 0,1 ja 0,18 Bq/kg. ^{226}Ra -määrittämissä rajojen keskiarvo oli 0,11 Bq/kg. ^{228}Ra -aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 0,05–0,26 Bq/kg (mediaani 0,14, keskiarvo 0,15 Bq/kg).

Taulukko 4. Liha- ja kananmunanäytteiden ^{137}Cs , ^{210}Pb ja ^{210}Po aktiivisuuspitoisuudet eri näytelajeissa.

Näytelaji	^{137}Cs Bq/kg (t.p.)	^{210}Pb Bq/kg (t.p.)	^{210}Po Bq/kg (t.p.)
Naudanliha			
Havaintojen määrä	11	6	6
Keskiarvo	2,1	0,04	0,21
Mediaani	0,53	0,04	0,17
Minimi	0,08	0,03	0,03
Maksimi	8,9	0,08	0,38
Sianliha			
Havaintojen määrä	16	6	6
Keskiarvo	0,84	0,05	0,04
Mediaani	0,44	0,03	0,04
Minimi	0,15	0,02	0,03
Maksimi	4,6	0,09	0,04
Broilerinliha			
Havaintojen määrä	15	6	6

Keskiarvo	0,34	0,03	0,03
Mediaani	0,34	0,04	0,04
Minimi	0,19	0,02	0,02
Maksimi	0,56	0,04	0,04
Lampaanliha			
Havaintojen määrä	6	6	6
Keskiarvo	1,82	0,08	0,04
Mediaani	1,35	0,09	0,04
Minimi	0,10	0,03	0,03
Maksimi	4,4	0,11	0,04
Kananmuna			
Havaintojen määrä	10	6	6
Keskiarvo	0,05	0,06	0,04
Mediaani	0,06	0,05	0,03
Minimi	<0,00932	0,03	0,02
Maksimi	0,09	0,1	0,12

Taulukko 5. ²²⁸Ra aktiivisuuspitoisuus kananmunanäytteissä.

Näytelaji	²²⁸ Ra
	Bq/kg (t.p.)
Havaintojen määrä	10
Keskiarvo	0,15
Mediaani	0,14
Minimi	0,02
Maksimi	0,26

Taulukko 6. ⁹⁰Sr aktiivisuuspitoisuus eri näytelajeissa.

Näytelaji, kokoomanäyte	⁹⁰ Sr Bq/kg (t.p.)
Naudanliha	0,004
Sianliha	0,002
Broilerinliha	0,007
Lampaanliha	0,008
Kananmuna	0,01

4.7 Annosarvio

Lihan syönnistä saatava vuotuinen efektiivinen annos arvioitiin käyttämällä taulukossa 2 esitettyjä lihan vuosittaisia kulutusmääriä, tutkimuksessa saatuja radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksien keskiarvoja sekä annoskonversiokertoimia (Elintarvikkeet ja

juomavedet – sisäinen altistus VALO 4.8.3) (Taulukko 3–5). Annosarvioinnissa ei otettu huomioon ^{40}K osuutta. Ihmisen kehossa olevan kaliumin määrä on vakio koska kaliumin saanti on tasapainossa sen erittymisen kanssa, joten ravinnon tai juomaveden kaliumipitoisuudella ei ole vaikutusta annokseen.

Efektiivinen annos

Aikuisväestön ikäpainotettu (24–75-vuotiaat) keskimääräinen lihansyönnistä aiheutuva annos on $6,3 \mu\text{Sv/v}$, mikä on 0,2 % suomalaisen keskimäärin vuosittain saamasta 3,2 mSv säteilyannoksesta. Annoksen tarkempi jakautuminen sukupuolten ja eri ikäryhmien kesken on esitetty taulukoissa 6–9.

Suurin osa lihan ja kananmunien syönnistä saatavasta annoksesta muodostuu luonnon radioaktiivisista aineista. ^{210}Po , ^{210}Pb ja ^{228}Ra muodostavat yli 90 % annoksesta. Keinotekoiset radioaktiiviset aineet ^{137}Cs ja ^{90}Sr aiheuttavat vain vajaa 5 % suomalaisten lihansyönnistä vuodessa saamasta annoksesta.

4.8 ^{137}Cs -pitoisuuksien alueellinen vaihtelu

Odotetusti korkeimmat ^{137}Cs -pitoisuudet havaittiin naudan- ja lampaanlihassa, koska näiden tuotantoeläinten ravinto tulee osittain laiduntamisen kautta. Selvää yhteyttä lihan ^{137}Cs -pitoisuuden ja laskeuma-alueen välillä ei voitu osoittaa. Liitteessä 7 on esitetty lihan ja kananmunan ^{137}Cs -pitoisuudet laskeuma-alueittain.

Taulukko 7. Kotimaisen lihan ja kananmunien syönnistä aiheutuva miesten (24–64-vuotiaat) efektiivinen annos (E, Sv/v).

Näytelaji	Nuklidi	Pitoisuuden keskiarvo (Bq/kg; tp)	Annoskonversiokerroin (Sv/Bq)	Kulutuksen keskiarvo (kg/v)	Altistusaika (v)	E todenn. (Sv/v)
Naudanliha	^{137}Cs	2,1	$1,3 \cdot 10^{-8}$	11	1	$3,0 \cdot 10^{-7}$
	^{90}Sr	0,004	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$1,2 \cdot 10^{-9}$
	^{210}Pb	0,04	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$3,0 \cdot 10^{-7}$
	^{210}Po	0,21	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$2,8 \cdot 10^{-6}$
Sianliha	^{137}Cs	0,84	$1,3 \cdot 10^{-8}$	14	1	$1,5 \cdot 10^{-7}$
	^{90}Sr	0,002	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$7,8 \cdot 10^{-10}$
	^{210}Pb	0,05	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$4,8 \cdot 10^{-7}$
	^{210}Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$6,7 \cdot 10^{-6}$
Broilerinliha	^{137}Cs	0,34	$1,3 \cdot 10^{-8}$	14	1	$6,2 \cdot 10^{-8}$
	^{90}Sr	0,007	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$2,7 \cdot 10^{-9}$
	^{210}Pb	0,03	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,9 \cdot 10^{-7}$
	^{210}Po	0,03	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$5,0 \cdot 10^{-7}$
Lampaanliha	^{137}Cs	1,82	$1,3 \cdot 10^{-8}$	4	1	$9,5 \cdot 10^{-8}$
	^{90}Sr	0,008	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$9,0 \cdot 10^{-10}$

	²¹⁰ Pb	0,08	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,2 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$1,9 \cdot 10^{-7}$
Kanan- muna	¹³⁷ Cs	0,05	$1,3 \cdot 10^{-8}$	9	1	$5,9 \cdot 10^{-9}$
	⁹⁰ Sr	0,01	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$2,5 \cdot 10^{-9}$
	²¹⁰ Pb	0,06	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$3,7 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$4,3 \cdot 10^{-7}$
	²²⁸ Ra	0,15	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$9,3 \cdot 10^{-7}$
Yhteensä						$7,8 \cdot 10^{-6}$

Taulukko 8. Kotimaisen lihan ja kananmunien syönnistä aiheutuva miesten (65–75-vuotiaat) efektiivinen annos (E, Sv/v).

Näytelaji	Nuklidi	Pitoisuuden keskiarvo (Bq/kg; tp)	Annoskonversiokerroin (Sv/Bq)	Kulutuksen keskiarvo (kg/v)	Altistusaika (v)	E todenn. (Sv/v)
Naudan- liha	¹³⁷ Cs	2,1	$1,3 \cdot 10^{-8}$	7	1	$1,9 \cdot 10^{-7}$
	⁹⁰ Sr	0,004	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$7,8 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,04	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$1,9 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,21	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$1,8 \cdot 10^{-6}$
Sianliha	¹³⁷ Cs	0,84	$1,3 \cdot 10^{-8}$	12	1	$1,3 \cdot 10^{-7}$
	⁹⁰ Sr	0,002	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$6,7 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,05	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$4,1 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$5,8 \cdot 10^{-7}$
Broilerin- liha	¹³⁷ Cs	0,34	$1,3 \cdot 10^{-8}$	8	1	$3,5 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,007	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$1,6 \cdot 10^{-9}$
	²¹⁰ Pb	0,06	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$1,7 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	1,4	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$2,9 \cdot 10^{-7}$
Lam- paanliha	¹³⁷ Cs	1,82	$1,3 \cdot 10^{-8}$	4	1	$9,5 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,008	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$9,0 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,08	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,2 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$1,9 \cdot 10^{-7}$
Kanan- muna	¹³⁷ Cs	0,05	$1,3 \cdot 10^{-8}$	7	1	$4,6 \cdot 10^{-9}$
	⁹⁰ Sr	0,01	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$2,0 \cdot 10^{-9}$
	²¹⁰ Pb	0,06	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,9 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$3,4 \cdot 10^{-7}$
	²²⁸ Ra	0,15	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$7,2 \cdot 10^{-7}$
Yhteensä						$5,6 \cdot 10^{-6}$

Taulukko 9. Kotimaisen lihan ja kananmunien syönnistä aiheutuva naisten (24–64-vuotiaat) efektiivinen annos (E, Sv/v).

Näytelaji	Nuklidi	Pitoisuuden keskiarvo (Bq/kg; tp)	Annoskonversiokerroin (Sv/Bq)	Kulutuksen keskiarvo (kg/v)	Altistumisaika (v)	E todenn. (Sv/v)
Naudanliha	¹³⁷ Cs	2,1	$1,3 \cdot 10^{-8}$	7	1	$1,9 \cdot 10^{-7}$
	⁹⁰ Sr	0,004	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$7,8 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,04	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$1,9 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,21	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$1,8 \cdot 10^{-6}$
Sianliha	¹³⁷ Cs	0,84	$1,3 \cdot 10^{-8}$	8	1	$8,7 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,002	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$4,5 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,05	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,8 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$3,8 \cdot 10^{-7}$
Broilerinliha	¹³⁷ Cs	0,34	$1,3 \cdot 10^{-8}$	10	1	$4,4 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,007	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$2,0 \cdot 10^{-9}$
	²¹⁰ Pb	0,06	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,1 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	1,4	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$3,6 \cdot 10^{-7}$
Lapaanliha	¹³⁷ Cs	1,82	$1,3 \cdot 10^{-8}$	2	1	$4,7 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,008	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$4,5 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,08	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$1,1 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$9,6 \cdot 10^{-8}$
Kananmuna	¹³⁷ Cs	0,05	$1,3 \cdot 10^{-8}$	6	1	$3,9 \cdot 10^{-9}$
	⁹⁰ Sr	0,01	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$1,7 \cdot 10^{-9}$
	²¹⁰ Pb	0,06	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,5 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$2,9 \cdot 10^{-7}$
	²²⁸ Ra	0,15	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$6,2 \cdot 10^{-7}$
Yhteensä						$4,9 \cdot 10^{-6}$

Taulukko 10. Kotimaisen lihan syönnistä aiheutuva naisten (65–75-vuotiaat) efektiivinen annos (E, Sv/v).

Näytelaji	Nuklidi	Pitoisuuden keskiarvo (Bq/kg; tp)	Annoskonversiokerroin (Sv / Bq)	Kulutuksen keskiarvo (kg/v)	Altistumisaika (v)	E todenn. (Sv/v)
Naudanliha	¹³⁷ Cs	2,1	$1,3 \cdot 10^{-8}$	5	1	$1,4 \cdot 10^{-7}$
	⁹⁰ Sr	0,004	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$5,6 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,04	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$1,4 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,21	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$1,3 \cdot 10^{-6}$
Sianliha	¹³⁷ Cs	0,84	$1,3 \cdot 10^{-8}$	7	1	$7,6 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,002	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$3,9 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,05	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,4 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$3,4 \cdot 10^{-7}$

Broilerin- liha	¹³⁷ Cs	0,34	$1,3 \cdot 10^{-8}$	9	1	$4,0 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,007	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$1,8 \cdot 10^{-9}$
	²¹⁰ Pb	0,03	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$1,9 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,03	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$3,2 \cdot 10^{-7}$
Lampaan- liha	¹³⁷ Cs	1,82	$1,3 \cdot 10^{-8}$	2	1	$4,7 \cdot 10^{-8}$
	⁹⁰ Sr	0,008	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$4,5 \cdot 10^{-10}$
	²¹⁰ Pb	0,08	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$1,1 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$9,6 \cdot 10^{-8}$
Kanan- muna	¹³⁷ Cs	0,05	$1,3 \cdot 10^{-8}$	5	1	$3,3 \cdot 10^{-9}$
	⁹⁰ Sr	0,01	$2,8 \cdot 10^{-8}$			$1,4 \cdot 10^{-9}$
	²¹⁰ Pb	0,06	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$2,1 \cdot 10^{-7}$
	²¹⁰ Po	0,04	$1,2 \cdot 10^{-6}$			$2,4 \cdot 10^{-7}$
	²²⁸ Ra	0,15	$6,9 \cdot 10^{-7}$			$5,2 \cdot 10^{-7}$
Yhteensä						$4,0 \cdot 10^{-6}$

5. Johtopäätökset

Suomalaisten kaikista lähteistä (sisäilman radon, luonnon taustasäteily, säteilyn lääketieteellinen käyttö, luonnon radioaktiiviset aineet ravinnon ja hengitysilman kautta) saama keskimääräinen säteilyannos vuodessa on 3,2 mSv (Muikku ym. 2014). Lihansyönnistä saatava vuosittainen annos on hyvin pieni, keskimäärin 7,4 µSv miehillä ja 4,7 µSv naisilla ja koko väestössä keskimäärin 6,3 µSv ollen alle 0,2% suomalaisen saamasta keskimääräisestä vuotuisesta kokonaisannoksesta.

Luonnonnuklidit aiheuttavat suurimman osan lihasta saatavasta annoksesta. ²¹⁰Po, ²¹⁰Pb ja ²²⁸Ra aiheuttavat yli 90 % annoksesta. Keinotekoiset radioaktiiviset aineet ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr aiheuttavat vain alle 5 % suomalaisten lihansyönnistä vuodessa saamasta annoksesta.

Keinotekoisien radionuklidien osalta on mielenkiintoista vertailla tuotetun lihan ja kananmunien sisältämien keinotekoisien radionuklidien pitoisuutta ennen ja jälkeen Tšernobylin onnettomuutta mitattuihin pitoisuuksiin. Tässä selvityksessä naudanlihan keskimääräinen ¹³⁷Cs-pitoisuus oli 2,1 Bq/kg (vaihtelu 0,08–8,9 Bq/kg), kun taas vuonna 1984 ennen Tšernobylin onnettomuutta naudanlihan keskimääräinen ¹³⁷Cs-pitoisuus oli 1,3 Bq/kg (vaihtelu 0,16–3,3 Bq/kg). Vuoden 1984 selvityksessä sianlihan keskimääräinen ¹³⁷Cs-pitoisuus oli 0,39 Bq/kg (vaihtelu 0,31–1,7 Bq/kg) (STUK-A54, 1987) ja nyt toteutetussa tutkimuksessa 0,84 Bq/kg. Nämä tutkimustulokset osoittavat, että Tšernobylin onnettomuudessa maatalousympäristöön päätyneet keinotekoiset radioaktiiviset aineet nostivat vain vähäisessä määrin tuotetun lihan radioaktiivisuutta Suomessa. Aktiivisuuden nousulla ei ole säteilysuojelullista merkitystä. Suomessa tuotetun lihan ja kananmunien syöminen on turvallista eikä niiden käyttöä tarvitse säteilyn vuoksi rajoittaa.

6. Kiitokset

Liha- ja kananmunanäytteet saatiin teurastamoilta ja kananmunapakkaamoista. Näytteenoton suorittivat Eviran tarkastuseläinlääkärit sekä ylitarkastaja Taina Lehdonkivi. Ylitarkastajat Kaija-Leena Saraste ja Marika Jestoi koordinoivat Eviran osuuden hankkeesta. Näytteiden esikäsittelystä, gammaspektrometrisistä määrittelyistä sekä radiokemiallisista analyyseistä STUKissa vastasivat laboratoriomestari Tuula Korttinen, ylitarkastaja Vesa-Pekka Vartti ja tarkastaja Tarja Heikkinen.

Kiitämme kaikkia hankkeeseen osallistuneita henkilöitä hyvästä yhteistyöstä.

7. Lähteet

Annals of the ICRP: Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. Vol 41 Supplement 1, 2012.

Annual report: Studies on environmental radioactivity in Finland 1984–1985: STUK-A54. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 1987.

Fineli Elintarvikkeiden koostumistietopankki. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos <https://fineli.fi/fineli/fi/index>.

Helldán, A, Raulio, S, Kosola, M; Tapanainen, H, Ovaskainen, M-L; Virtanen, S Finravinto 2012 -tutkimus - The National FINDIET 2012 Survey, Terveyden- ja hyvinvoinninlaitos, 2013. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-245-951-0>.

Ikäheimonen, TK (toim.). Ympäristön radioaktiivisuus Suomessa – 20 vuotta Tshernobylistä: STUK-A217. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006, <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120249041>.

Jatkuva ympäristön säteilyvalvonnan ohjelma: <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/-/ympariston-sateilyvalvonta/jatkuva-valvontaohjelma>.

Muikku, M, Bly, R, Kurttio, P, Lahtinen, J, Lehtinen, M, Siiskonen, T, Turtiainen, T, Valmari, T, Vesterbacka, K Annoskakku 2012 – Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos. STUK-A259. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 2014 <http://urn.fi/URN:ISBN 978-952-478-981-3>.

Ohje VALO 4.8.3 Elintarvikkeet ja juomavedet - sisäinen altistus, STUK, Helsinki, 2015.

Rantavaara, A, Haukka, S. Radioactivity of milk, meat, cereals and other agricultural products in Finland after the Chernobyl accident in 1986, STUK-A58. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1987.

Rantavaara, A Radioactivity of foodstuffs in Finland in 1987–88 STUK-A78. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1991.

Säteily ja ydinturvallisuuskatsauksia: Radioaktiivinen laskeuma ja ravinto 2009, <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120249439>.

Tshernobyl laskeuma Suomessa kunnittain: <http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-ymparistossa/laskeuma/tshernobyl-laskeuma-suomessa-kunnittain>.

Vesterbacka, P (toim.) Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa: Vuosiraportti 2016, <http://www.julkari.fi/handle/10024/134866>.

Ympäristön säteilyvalvonnan osaohjelmat: <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ympariston-sateilyvalvonta/osaohjelmat>.

Liitteet

Taulukoissa; < alle määrittäysrajan; 2 sigma, 95 % todennäköisyydellä

Liite 1. Naudanlihan radioaktiivisuuspitoisuudet.

Näyte Naudanliha	Laskeumavyöhyke	¹³⁷ Cs, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU01-14	2	0,20	0,02
LIMU02-14	3	0,44	0,06
LIMU03-14	2	0,08	0,02
LIMU05-14	4	8,90	0,72
LIMU06-14	2	0,36	0,04
LIMU07-14	1	2,90	0,34
LIMU08-14	5	0,53	0,06
LIMU09-14	4	2,70	0,22
LIMU10-14	2	0,42	0,06
LIMU11-14	2	1,50	0,16
LIMU12-14	3	4,60	0,36

Näyte Naudanliha	⁴⁰ K, Bq/kg	±; 2 sigma	²²⁸ Ra, Bq/kg	²²⁶ Ra, Bq/kg	²¹⁰ Pb, Bq/ kg	±; 2 sigma	²¹⁰ Po, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU01-14	103	8,2	<0,04	<0,006	0,04	0,02	0,14	0,08
LIMU02-14	89	10,8	<0,03	<0,07				
LIMU03-14	86	48,6	<0,04	<0,08	0,04	0,012	0,13	0,08
LIMU05-14	86	6,8	<0,05	<0,13				
LIMU06-14	93	11,2	<0,03	<0,07				
LIMU07-14	88	10,6	<0,02	<0,06	0,03	0,01	0,38	0,2
LIMU08-14	109	8,8	<0,04	<0,07	0,04	0,014	0,36	0,08
LIMU09-14	110	8,8	<0,04	<0,08	0,04	0,02	0,03	0,02
LIMU10-14	94	9,4	<0,02	<0,04				
LIMU11-14	86	15,6	<0,02	<0,05				
LIMU12-14	95	7,6	<0,04	<0,10	0,08	0,046	0,20	0,06

Liite 2. Sianlihan radioaktiivisuuspitoisuudet.

Näyte Sianliha	Laskeumavyöhyke	¹³⁷ Cs, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU18-14	3	0,76	0,06
LIMU19-14	4	0,64	0,06
LIMU20-14	4	1,40	0,12
LIMU21-14	4	4,60	0,38
LIMU22-14	3	0,22	0,02
LIMU23-14	2	0,28	0,04
LIMU24-14	4	0,28	0,04
LIMU25-14	4	0,24	0,02
LIMU26-14	2	0,19	0,02
LIMU27-14	4	0,59	0,06
LIMU28-14	5	0,59	0,08
LIMU29-14	4	0,62	0,06
LIMU30-14	3	0,22	0,02
LIMU31-14	2	0,22	0,02
LIMU32-14	2	2,50	0,30
LIMU33-14	1	0,15	0,02

Näyte Sianliha	⁴⁰ K, Bq/kg	±; 2 sigma	²²⁸ Ra, Bq/kg	²²⁶ Ra, Bq/kg	²¹⁰ Pb, Bq/kg	±; 2 sigma	²¹⁰ Po, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU18-14	126	10	<0,03	<0,06	0,03	0,02	0,03	0,02
LIMU19-14	109	19,6	<0,02	<0,04				
LIMU20-14	113	9,0	<0,04	<0,08				
LIMU21-14	95	7,6	<0,04	<0,10				
LIMU22-14	114	11,4	<0,03	<0,06	0,09	0,04	0,04	0,04
LIMU23-14	104	18,8	<0,06	<0,14	0,04	0,02	0,04	0,04
LIMU24-14	108	10,8	<0,02	<0,06				
LIMU25-14	101	12,2	<0,03	<0,07	0,04	0,02	0,04	0,04
LIMU26-14	117	9,4	<0,02	<0,05				
LIMU27-14	114	13,6	<0,04	<0,08				
LIMU28-14	111	13,2	<0,03	<0,06	0,04	0,02	0,04	0,06
LIMU29-14	118	9,4	<0,07	<0,20				
LIMU30-14	108	8,6	<0,05	<0,10				
LIMU31-14	110	8,8	<0,04	<0,08				
LIMU32-14	102	12,2	<0,06	<0,16	0,03	0,02	0,03	0,02
LIMU33-14	118	9,4	<0,06	<0,01				

Liite 3. Broilerinlihan radioaktiivisuuspitoisuudet.

Näyte Broilerinliha	Laskeumavyöhyke	¹³⁷ Cs, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU14-14	4	0,56	0,06
LIMU15-14	3	0,31	0,04
LIMU16-14	3	0,37	0,04
LIMU17-14	3	0,34	0,04
LIMU34-14	4	0,25	0,04
LIMU35-14	4	0,40	0,04
LIMU36-14	4	0,42	0,04
LIMU37-14	3	0,46	0,04
LIMU38-14	4	0,19	0,02
LIMU39-14	3	0,35	0,04
LIMU40-14	4	0,27	0,04
LIMU41-14	3	0,22	0,04
LIMU42-14	2	0,34	0,04
LIMU43-14	3	0,26	0,04
LIMU44-14	3	0,33	0,04

Näyte Broilerinliha	⁴⁰ K, Bq/kg	±; 2 sigma	²²⁸ Ra, Bq/kg	²²⁶ Ra, Bq/kg	²¹⁰ Pb, Bq/kg	±; 2 sigma	²¹⁰ Po, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU14-14	128	12,8	<0,04	<0,17	0,04	0,02	0,04	0,04
LIMU15-14	116	11,6	<0,02	<0,05	0,04	0,04	0,04	0,08
LIMU16-14	120	12,0	<0,02	<0,05				
LIMU17-14	126	13,0	<0,02	<0,05	0,04	0,02	0,04	0,04
LIMU34-14	104	8,2	<0,07	<0,14				
LIMU35-14	111	19,8	<0,05	<0,10				
LIMU36-14	113	9,0	<0,07	<0,12				
LIMU37-14	117	9,4	<0,06	<0,11	0,02	0,02	0,02	0,02
LIMU38-14	118	9,4	<0,06	<0,13				
LIMU39-14	125	13,0	<0,07	<0,13				
LIMU40-14	110	12,2	<0,07	<0,15				
LIMU41-14	109	8,8	<0,09	<0,18	0,03	0,02	0,03	0,02
LIMU42-14	122	22	<0,08	<0,16	0,03	0,02	0,02	0,02
LIMU43-14	108	13	<0,10	<0,26				
LIMU44-14	108	13	<0,091	<0,16				

Liite 4. Lampaanlihan radioaktiivisuuspitoisuudet.

Lampaanliha	Laskeumavyöhyke	¹³⁷ Cs, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU55-14	2	1,20	0,10
LIMU56-14	4	0,84	0,10
LIMU57-14	1	4,40	0,44
LIMU58-14	3	0,10	0,2
LIMU59-14	4	2,90	0,34
LIMU60-14	4	1,50	0,18

Näyte Lampaanliha	⁴⁰ K Bq/kg	±; 2 sigma	²²⁸ Ra Bq/kg	²²⁶ Ra Bq/kg	²¹⁰ Pb Bq/kg	±; 2 sigma	²¹⁰ Po Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU55-14	86	5,2	<0,04	<0,08	0,11	0,06	0,04	0,01
LIMU56-14	80	11,2	<0,05	<0,11	0,08	0,08	0,04	0,02
LIMU57-14	111	13,3	<0,06	<0,30	0,09	0,04	0,03	0,01
LIMU58-14	97	11,6	<0,05	<0,11	0,10	0,04	0,04	0,01
LIMU59-14	92	14,7	<0,12	<0,30	0,08	0,04	0,04	0,01
LIMU60-14	104	12,5	<0,07	<0,13	0,04	0,02	0,04	0,01

Liite 5. Kanamunan radioaktiivisuuspitoisuudet.

Näyte Kanamuna	Laskeumavyöhyke	¹³⁷ Cs, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU45-14	3	0,02	0,006
LIMU46-14	3	0,09	0,014
LIMU47-14	2	0,06	0,012
LIMU48-14	4	0,06	0,010
LIMU49-14	1	0,06	0,010
LIMU50-14	2	0,03	0,006
LIMU51-14	3	0,06	0,010
LIMU52-14	4	0,03	0,006
LIMU53-14	3	0,02	0,008
LIMU54-14	4	<0,00932	-

Kananmu- na	⁴⁰ K, Bq/k g	±; 2 sig ma	²²⁸ Ra, Bq/k g	±; 2 sig- ma	²²⁶ Ra, Bq/kg	±; 2 sig- ma	²¹⁰ Pb, Bq/k g	±; 2 sig- ma	²¹⁰ Po, Bq/k g	±; 2 sig- ma
LIMU45-14	40	4,8	0,07	0,04	<0,09					
LIMU46-14	42	5,0	0,07	0,04	<0,20		0,03	0,02	0,12	0,08
LIMU47-14	39	4,8	0,05	0,02	<0,08		0,03	0,02	0,03	0,02
LIMU48-14	32	3,8	<0,03		<0,07					
LIMU49-14	39	3,2	0,22	0,04	0,100	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02
LIMU50-14	37	4,4	0,13	0,04	<0,09		0,07	0,04	0,03	0,02
LIMU51-14	41	3,2	0,25	0,04	<0,08					
LIMU52-14	40	4,8	0,18	0,04	<0,07		0,10	0,04	0,02	0,02
LIMU53-14	40	3,2	0,26	0,04	<0,08		0,08	0,04	0,02	0,02
LIMU54-14	38	6.4	0,14	0,04	0,18	0,08				

Liite 6. ⁹⁰Sr-aktiivisuuspitoisuudet.

Näyte	Kokoomanäyte	⁹⁰ Sr, Bq/kg	±; 2 sigma
LIMU61-14	Lampaanliha	0,008	0,002
LIMU62-14	Kananmuna	0,010	0,002
LIMU63-14	Broilerinliha	0,007	0,0004
LIMU64-14	Sianliha	0,002	0,004
LIMU65-14	Naudanliha	0,004	0,002

Liite 7. ¹³⁷Cs-pitoisuudet eri näytelajeissa laskeuma-alueittain.



