



STUK-B 321 / KESÄKUU 2024

Aleksi Mattila, Samu Inkinen (toim.)

B

# Ympäristön säteilyvalvonta

## Suomessa

Vuosiraportti 2023

# Strålningsövervakning av

## miljön i Finland

Årsrapport 2023

# Environmental Radiation

## Monitoring in Finland

Annual Report 2023

STUK-B 321 / KESÄKUU 2024

## Kirjoittajat

Tero Karhunen  
Aleksi Mattila  
Jussi Paatero  
Tuomas Peltonen  
Reko Simola  
Tiina Torvela  
Jani Turunen  
Vesa-Pekka Vartti  
Sinikka Virtanen

Säteilyturvakeskus  
Jokiniemenkuja 1  
01370 Vantaa  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

ISBN 978-952-309-605-9 (pdf)  
ISSN 2243-1896

**AVAINSANAT:** ympäristö säteilyvalvonta, ulkoinen säteily, ilma, laskeuma, vesi, maito, elintarvikkeet, ihminen, sisäilman radon

# Esipuhe

*Alexi Mattila*

Ympäristön säteilyvalvontaa tehdään elinympäristössämme olevan radioaktiivisuuden seuraamiseksi ja sen säteilysuojellisuuden merkityksen arvioimiseksi. Säteilyvalvontaohjelma on suunniteltu siten, että sen avulla voidaan havaita vähäisetkin radioaktiivisuuden muutokset ympäristössä, reagoida muutoksiin, arvioida ihmisen saamia säteilyannoksia sekä tarvittaessa suunnitella ja neuvoa toimenpiteitä annosten pienentämiseksi. Säteilyvalvontaohjelman avulla ylläpidetään asiantuntemusta ja valmiutta reagoida nopeasti ja oikein poikkeaviin säteilytilanteisiin.

Tämä raportti sisältää yhteenvedon ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista vuodelta 2023 sekä vertailuja aikaisempien vuosien tuloksiin. Säteilyvalvontaa tehdään seuraamalla ulkoisen säteilyn annosnopeutta reaaliajassa säteilyvalvontaverkolla, jatkuvalla ulkoilman sekä laskeumanäytteiden keräyksellä sekä määrääjain tehtävin näytteenotoin pinta- ja juomavedestä, maidosta, elintarvikkeista ja jätelietteistä. Lisäksi valvontaohjelmaan sisältyy ihmisten kehossa olevien radioaktiivisten aineiden seuranta sekä Itämeren radioaktiivisuuden seuranta. Säteilyvalvonnalla seurataan erityisesti keinotekoisten radioaktiivisten aineiden määriä ympäristössä. Säteilylain nojalla tehtävästä luonnonsäteilyn valvonnasta raportoidaan STUKin *Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta* -vuosiraportissa.

Euratom-sopimus velvoittaa Euroopan Unionin jäsenmaita valvomaan jatkuvasti radioaktiivisuuden tasoja ilmassa, vedessä ja maaperässä. Suomessa Euratom sopimuksen velvoitteiden täyttämistä vastaa säteilylain nojalla Säteilyturvakeskus. STUK toimittaa valvontatietoja säännöllisesti Euroopan komissiolle. STUKin lisäksi myös Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat omilla havaintoasemillaan säteilyn esiintymistä ympäristössä. Säteilyturvakeskuksen Mittaukset ja ympäristön säteilyvalvonta -osasto on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T167 (akkreditointistandardi EN ISO/IEC 17025:2017) testausalana ”*Ympäristöttestaus*”. Lähes kaikki STUKin tekemät ympäristön säteilyvalvontaan liittyvät analyysit on tehty akkreditointivaatimusten mukaisesti.

Säteilyturvakeskuksen yhteistyökumppanit ympäristön säteilyvalvonnassa keräävät ja toimittavat näytteitä analysoitaviksi, osallistuvat ihmisten säteilymittauksiin tai vastaavat keräysasemien toiminnasta. Säteilyturvakeskus kiittää hyvästä yhteistyöstä ulkoisen säteilyn valvontaverkon asemien hoitajia sekä seuraavia yhteistyökumppaneita: Ilmatieteen laitos, Eurofins Environment Testing, Kaakkois-Suomen rajavartiosto, Kainuun prikaati, Lapin rajavartiosto, KVVY Tutkimus Oy, Kymenlaakson pelastuslaitos/Kotkan paloasema, Kymijoen vesi ja ympäristö ry, Oulun Vesi, Turun Vesihuolto Oy, Valio Oy, HUS Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri/Meilahden sairaala, Pirkanmaan Voimia Oy, Lapin keskussairaala, Helsingin seudun ympäristöpalvelut, Helsingin yliopisto, Tampereen yliopisto sekä Lapin yliopisto.

Raportin tarkoituksena on antaa tietoa ympäristön säteilytilanteesta Suomessa kaikille asiasta kiinnostuneille. Raportti on löydettävissä Säteilyturvakeskuksen kotisivuilta osoitteessa: [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi), jossa STUK julkaisee myös viimeisimmät ympäristön säteilyvalvonnan tulokset.

**NYCKELORD:** strålningsövervakning, yttre strålning, luft, nedfall, vatten, mjölk, livsmedel, människa, radon i inomhusluften

# Förord

*Aleksj Mattila*

Huvudsyftet med övervakningen av strålning i miljön är att ge information om radioaktiviteten i livsmiljön och dess betydelse för strålskyddet. Programmet för strålningsövervakning är upplagt så att man med hjälp av det kan upptäcka små förändringar av radioaktiviteten i miljön och reagera på dessa samt uppskatta de strålningsdoser som människor utsätts för och planera och ge råd om hur doserna kan minskas. Med hjälp av programmet upprätthålls expertis och beredskap att snabbt och korrekt reagera på avvikande strålningsituationer.

Denna rapport innehåller ett sammandrag av resultaten från 2023 års strålningsövervakning samt några jämförelser med tidigare år. Strålningsövervakning utförs genom övervakning av dosraten för extern strålning i realtid med hjälp av ett strålningsövervakningsnätverk, kontinuerlig insamling av utomhusluft och nedfallsprov samt periodisk provtagning av ytvatten, dricksvatten, mjölk, livsmedel och avloppsslam. I övervakningsprogrammet ingår dessutom uppföljning av radioaktiva ämnen i människokroppen och radioaktiviteten i Östersjön. Med strålningsövervakningen uppföljs i synnerhet mängden artificiella radioaktiva ämnen i miljön. Dessutom berättar denna rapport om uppföljningen av radonhalterna i inomhusluften. Övervakningen av naturlig strålning, som genomförs med stöd av strålsäkerhetslagen, rapporteras i STUK:s årsrapport *Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta*.

Euratomfördraget förpliktar medlemsländerna i Europeiska unionen att fortlöpande övervaka radioaktivitetsnivåerna i luft, vatten och jordmån. I Finland ansvarar Strålsäkerhetscentralen med stöd av strålsäkerhetslagen för uppfyllandet av skyldigheterna enligt Euratomfördraget. STUK lämnar regelbundet övervakningsinformation till Europeiska kommissionen. Förutom STUK övervakar också Meteorologiska institutet och Försvarsmakten förekomsten av strålning i miljön vid sina egna mätstationer. Strålsäkerhetscentralens avdelning Mätningar och miljöövervakning är testlaboratorium T167 som har ackrediterats av ackrediteringstjänsten FINAS (ackrediteringsstandard EN ISO/IEC 17025:2017). Laboratoriets testområde är *”Testning av miljö”*. Nästan alla analyser med anknytning till övervakningen av strålning i miljön som STUK gör är utförda enligt ackrediteringskraven.

Strålsäkerhetscentralens samarbetspartner inom övervakningen av strålning i miljön samlar in prov och lämnar in dem för analys, deltar i helkroppsmätningar och sköter mätstationernas verksamhet. Strålsäkerhetscentralen vill rikta ett tack för ett gott samarbete till dem som sköter stationerna för övervakning av extern strålning samt till följande samarbetspartner: Meteorologiska institutet, Eurofins Environment Testing, Gränsbevakningen i sydöstra Finland, Kajanalands brigad, Gränsbevakningen i Lappland, KVVY Tutkimus Oy, Räddningsverket i Kymmenedalen/Kotka brandstation, Kymijoen vesi ja ympäristö ry, Oulun Vesi, Åbo Vattenförsörjning Ab, Valio Oy, Helsingfors och Nylands sjukvårdsdistrikt HUS/Mejlans sjukhus, Pirkanmaan Voimia Oy, Lapplands centralsjukhus, Helsingforsregionens miljötjänster, Helsingfors universitet, Tammerfors universitet och Lapplands universitet.

Syftet med rapporten är att informera alla intresserade om strålningsituationen i miljön i Finland. Rapporten finns tillgänglig på Strålsäkerhetscentralens webbplats [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi), där STUK även publicerar de senaste resultaten av strålningsövervakningen av miljön.

MATTILA Aleksj, INKINEN Samu (eds.). *Environmental Radiation Monitoring in Finland. Annual report 2023. STUK-B 321. Vantaa 2024. 75 pp. + Appendices 3 pp.*

**KEY WORDS:** radiation, monitoring, external radiation, airborne radioactivity, deposition, water, milk, foodstuffs, human body, radon in indoor

# Preface

*Aleksj Mattila*

The main goal of the monitoring of environmental radioactivity is to follow the levels of radiation in our living environment and to assess its significance from the perspective of radiation protection. The radiation monitoring programme is designed to detect even very slight changes in environmental radioactivity levels, while also allowing people to respond to changes, evaluate the radiation doses to which people are exposed and, where necessary, plan and provide advice on the measures for reducing these radiation doses. The programme is also used to maintain and develop competence and readiness to quickly and correctly respond to exceptional situations involving radiation.

This report contains a summary of the results of environmental radiation monitoring for 2023, as well as a number of comparisons with the results from previous years. Radiation monitoring is carried out by following the external radiation dose rate in real time using the radiation monitoring network, through continuous collection of outdoor and deposition samples and by periodically sampling surface water, drinking water, milk, foodstuffs and waste sludge. Additionally, the programme also covers the monitoring of radioactive substances in the human body and of the radioactivity of the Baltic Sea. In particular, radiation monitoring provides data on the quantities of artificial radioactive substances present in the environment. The regulatory control of natural radiation conducted under the Radiation Act is reported in STUK's yearly report *Radiation practices*.

The Euratom Treaty binds the member states of the European Union to continuously monitor radioactivity levels in the air, water and soil. In Finland, the fulfilment of the Euratom Treaty obligations is the responsibility of the Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) under the Radiation Act. STUK also regularly submits monitoring data to the European Commission. In addition to STUK, the Finnish Meteorological Institute and the Finnish Defence Forces monitor the presence of radiation in the environment at their observation stations. The Measurements and Environmental Monitoring department of the Radiation and Nuclear Safety Authority is a T167 testing laboratory accredited by the FINAS Finnish Accreditation Service (accreditation standard EN ISO/IEC 17025:2017) with the testing field of "Environmental testing". Nearly all analyses related to the environmental radiation monitoring conducted by STUK have been performed in accordance with the accreditation requirements.

The Radiation and Nuclear Safety Authority's partners in environmental radiation monitoring collect and submit samples for analysis, participate in the radiation measurements of people or ensure the operation of the collection stations. The Radiation and Nuclear Safety Authority would like to thank the exemplary cooperation of the station managers of the external radiation monitoring network and of the following partners: the Finnish Meteorological Institute, Eurofins Environment Testing, the Southeast Finland Border Guard District, Kainuu Brigade, the Lapland Border Guard District, KVVY Tutkimus Oy, the Kymenlaakso Rescue Department/Kotka Fire Station, Water and Environment Association of River Kymi, Oulu Waterworks, Turun Vesihuolto Oy, Valio Ltd, HUS Hospital District of Helsinki and Uusimaa/Meilahti Hospital, Pirkanmaan Voimia Oy, Lapland Central Hospital, Helsinki Region Environmental Services Authority, University of Helsinki, University of Tampere and University of Lapland.

The purpose of the report is to provide information on the environmental radiation situation in Finland to all interested parties. The report is available on the Radiation and Nuclear Safety Authority's website at: [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi), where STUK also publishes the latest results of environmental radiological monitoring.

# Sisällys

<b>ESIPUHE</b>	<b>3</b>
<b>FÖRORD</b>	<b>4</b>
<b>PREFACE</b>	<b>5</b>
<b>1 YHTEENVETO</b>	<b>9</b>
<b>2 SÄTEILYANNOKSET</b>	<b>13</b>
<b>3 ULKOINEN SÄTEILY</b>	<b>16</b>
<b>4 ULKOILMAN RADIOAKTIIVISET AINEET</b>	<b>22</b>
4.1 ULKOILMAN GAMMA-AKTIIVISET AINEET	22
4.2 ULKOILMAN KOKONAISBEETA-AKTIIVISUUS	30
<b>5 LASKEUMAN RADIOAKTIIVISET AINEET</b>	<b>35</b>
<b>6 PINTAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET</b>	<b>41</b>
<b>7 TALOUSVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET</b>	<b>45</b>
<b>8 MAIDON RADIOAKTIIVISET AINEET</b>	<b>49</b>
<b>9 ELINTARVIKKEIDEN RADIOAKTIIVISET AINEET</b>	<b>54</b>
9.1 YHDEN VIIKON ATERIAT	54
9.2 KAUPAN ELINTARVIKKEET	54
<b>10 RADIOAKTIIVISET AINEET IHMISESSÄ</b>	<b>60</b>
<b>11 JÄTELIETTEEN RADIOAKTIIVISET AINEET</b>	<b>67</b>
<b>12 RADIOAKTIIVISET AINEET ITÄMERESSÄ</b>	<b>71</b>
<b>LIITE 1 IONISOIVAAN SÄTEILYYN LIITTYVIÄ KESKEISIÄ SUUREITA JA NIIDEN YKSIKÖITÄ</b>	<b>76</b>

# Innehallsförteckning

<b>FÖRORD</b>	<b>4</b>
<b>1 SAMMANDRAG</b>	<b>11</b>
<b>2 STRÅLDOSER</b>	<b>14</b>
<b>3 EXTERN STRÅLING</b>	<b>17</b>
<b>4 RADIOAKTIVA ÄMNEN I UTELUFT</b>	<b>23</b>
4.1 GAMMA-AKTIVA ÄMNEN I UTELUFT	23
4.2 TOTAL BETA AKTIVITET I UTELUFT	31
<b>5 RADIOAKTIVA ÄMNEN I NEDFALL</b>	<b>36</b>
<b>6 RADIOAKTIVA ÄMNEN I YTVATTEN</b>	<b>42</b>
<b>7 RADIOAKTIVA ÄMNEN I HUSHÅLLSVATTEN</b>	<b>46</b>
<b>8 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MJÖLK</b>	<b>50</b>
<b>9 RADIOAKTIVA ÄMNEN I LIVSMEDEL</b>	<b>55</b>
9.1 EN VECKAS MÅLTIDER	55
9.2 LIVSMEDEL I BUTIKER	56
<b>10 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MÄNNISKROPPEN</b>	<b>61</b>
<b>11 RADIOAKTIVA ÄMNEN I AVLOPPSSLAM</b>	<b>67</b>
<b>12 RADIOAKTIVA ÄMNEN I ÖSTERSJÖN</b>	<b>72</b>
<b>BILAGA 1 JONISERANDE STRÅLNING, DESS VIKTIGASTE STORHETER OCH DERAS ENHETER</b>	<b>77</b>

# Contents

<b>PREFACE</b>	<b>5</b>
<b>1 SUMMARY</b>	<b>12</b>
<b>2 RADIATION DOSES</b>	<b>15</b>
<b>3 EXTERNAL RADIATION</b>	<b>18</b>
<b>4 AIRBORNE RADIOACTIVE SUBSTANCES</b>	<b>24</b>
4.1 GAMMA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR	24
4.2 GROSS BETA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR	31
<b>5 RADIONUCLIDES IN DEPOSITION</b>	<b>37</b>
<b>6 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN SURFACE WATER</b>	<b>43</b>
<b>7 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN HOUSEHOLD WATER</b>	<b>47</b>
<b>8 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK</b>	<b>51</b>
<b>9 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FOODSTUFFS</b>	<b>57</b>
9.1 ONE-WEEK DIET	57
9.2 FOODSTUFFS ON THE MARKET	58
<b>10 RADIOACTIVITY IN MAN</b>	<b>63</b>
<b>11 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN WASTEWATER SLUDGE</b>	<b>68</b>
<b>12 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE BALTIC SEA</b>	<b>73</b>
<b>APPENDIX 1 IONIZING RADIATION, THE KEY PARAMETERS AND THEIR UNITS</b>	<b>78</b>



# 1 Yhteenveto

Tämä raportti on yhteenveto ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista Suomessa vuonna 2023. Tuloksia raporttiin ovat toimittaneet Säteilyturvakeskuksen lisäksi Ilmatieteen laitos ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuudesta.

Ympäristön säteilyvalvontaohjelma sisältää ulkoisen annosnopeuden jatkuvan ja automaattisen valvonnan, ulkoilman radioaktiivisten aineiden ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden valvonnan sekä radioaktiivisen laskeuman, pinta- ja talousveden, jätelietteen, maidon ja elintarvikkeiden radioaktiivisuuden säännöllisen seurannan. Lisäksi ohjelmaan sisältyy ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden seuranta sekä asuntojen sisäilman radonin seuranta. Tämä raportti sisältää myös yhteenvedot Itämeren radioaktiivisuusvalvonnan tuloksista ja ympäristön säteilyvalvontaan kuuluvien osaohjelmien aihekohtaisista selvityksistä.

Vuoden 2023 tulokset osoittavat, että ympäristössä olevat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ovat pääosin peräisin vuoden 1986 Tšernobylin onnettomuudesta ja ilmakehässä 1950- ja 1960-luvuilla tehdyistä ydinkokeista. Keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrä ympäristössä vähenee.

Vuoden 2023 aikana kahdeksassa ulkoilmasta kerätyssä näytteessä havaittiin vähäisiä määriä muualta kuin Tšernobylin ydinlaitosonnettomuudesta peräisin olevia keinotekoisia radioaktiivisia aineita. Havaittujen radioaktiivisten aineiden alkuperää ei voitu varmuudella selvittää. Vuoden aikana havaittujen keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa olivat äärimmäisen pieniä eikä niillä ole vaikutuksia ihmisten terveyteen.

Ulkoisen säteilyn valvontaverkko toimi hyvin. Mittausasemien tuloksista kerättiin ulkoisen säteilyn valvontatietojen hallintajärjestelmä USVAan yli 97 % kaikkien mittausasemien tuottamista mittaustuksista. Puuttuvat tiedot aiheutuivat laitehäiriöistä tai tietoliikenneongelmista.

Vuoden 2023 aikana valvontaverkon GM-anturit hälyttivät viisi kertaa. Kolme hälytyksistä aiheutui radiografisista kuvauksista anturin lähellä ja kaksi hälytystä aiheutui teknisestä virhetilanteesta.

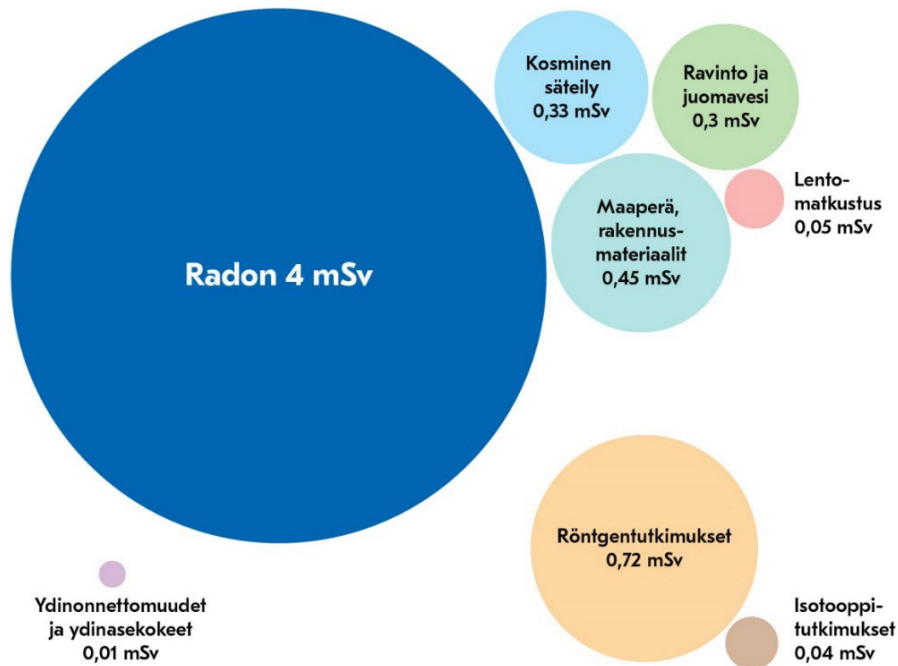
Laskeuma- ja talousvesinäytteiden tritiumpitoisuudet olivat välillä 1 – 2 Bq/l. Elintarvikkeista havaittiin muutamasta metsäsieninäytteestä yli 600 Bq/kg ylittäviä <sup>137</sup>Cs:n aktiivisuuspitoisuuksia. Tätä pitoisuutta ei suositella ylitettäväksi, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikaloja. Elintarvikkeiden käyttäminen on kuitenkin turvallista, eikä metsäsienien runsaskaan käyttö aiheuta merkittävää säteilyaltistusta. Vuonna 2023 tutkittiin myös marjanäytteitä. Näissä <sup>137</sup>Cs-aktiivisuuspitoisuudet olivat metsämarjoilla välillä 1 – 150 Bq/kg ja viljellyillä mansikoilla 2 Bq/kg tai alle sen.

Itämerestä kerätyissä näytteissä näkyy edelleen Tšernobylin onnettomuudesta peräisin oleva <sup>137</sup>Cs. Kuten muissakin ympäristönäytteissä, Itämerestä kerättyjen näytteidenradioaktiivisuuspitoisuudet ovat laskussa.

Jätelietteessä havaittiin Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa <sup>137</sup>Cs:a, luonnon radioaktiivisia aineita ja sairaalasta käytettyjä radioaktiivisia aineita. Radionuklideja käyttävien sairaaloiden syöpäklonikoiden ja isotooppiosastojen potilaiden eritteet kulkeutuvat jätevesipuhdistamoon ja näkyvät siten jätelietteissä.

Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2023 oli alle 0,02 mSv, mikä on pieni suomalaisten vuotuisen keskimääräiseen annokseen 5,9 mSv verrattuna. Vuoden 2023 tulokset osoittavat, että vuoden aikana ympäristöön ei tapahtunut sellaisia radioaktiivisten aineiden päästöjä, joilla olisi haittavaikutuksia ihmisen terveydelle tai ympäristölle Suomessa.

Suomalaisten keskimääräisen vuotuisen säteilyannoksen määrittämistä käsitellään STUKin julkaisussa *STUK-A263 Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018*.



**Kuva 1.1.** Suomalaisen vuosittain saama ionisoivan säteilyn aiheuttama keskimääräinen annos on 5,9 millisievertiä. Yli viisi millisievertiä on peräisin luonnon radioaktiivisista aineista ja alle yksi millisievert säteilyn lääketieteellisestä käytöstä. Ympäristössä olevien keinotekoisien radioaktiivisten aineiden osuus efektiivisestä annoksesta on hyvin pieni, alle 0,014 mSv.

**Bild 1.1.** Finländarnas genomsnittliga årsdos på grund av joniserande strålning är 5,9 mSv. Över 5 mSv härstammar från naturliga radioaktiva ämnen och under 1 mSv från medicinsk användning av strålning. Andelen för artificiella radioaktiva ämnen i miljön av den effektiva dosen är mycket liten, under 0,014 mSv.

**Fig. 1.1.** Finns' average annual dose caused by ionising radiation is 5,9 millisieverts. More than five millisieverts originate from naturally occurring radioactive substances and under one millisievert from medical uses of radiation. The proportion in the effective dose of artificial radioactive substances occurring in the environment is very low, less than 0,014 mSv.

# 1 Sammandrag

*Alexi Mattila*

Denna rapport är ett sammandrag av övervakningen av strålning i miljön i Finland 2023. Resultaten i rapporten kommer förutom från Strålsäkerhetscentralen även från Meteorologiska Institutet som har övervakat den totala betaaktiviteten i utomhusluften.

Programmet för övervakning av strålning i miljön omfattar fortlöpande automatisk övervakning av den externa dosraten, övervakning av radioaktiva ämnen och den totala betaaktiviteten i utomhusluften samt regelbunden analys av radioaktivt nedfall och radioaktivitet i yt- och hushållsvatten, avloppsslam, mjölk och livsmedel. I programmet ingår dessutom uppföljning av radioaktiva ämnen i människokroppen och radon i inomhusluften i bostäder. Denna rapport innehåller också sammandrag av övervakningen av radioaktiviteten i Östersjön och särskilda utredningar från program gällande övervakningen av strålning i miljön.

Resultaten för 2023 visar att de artificiella radioaktiva ämnena i miljön härrör främst från olyckan i Tjernobyl 1986 och från kärnvapenprov i atmosfären på 1950- och 1960-talet. Mängden artificiella radioaktiva ämnen i miljön minskar.

Under 2023 kunde man i åtta prov observera små mängder artificiella radioaktiva ämnen i utomhusluften som inte härstammade från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. De observerade radioaktiva ämnenas ursprung kunde inte utredas med säkerhet. Mängderna artificiella radioaktiva ämnen i uteluften som mättes under året var extremt små och de har ingen som helst påverkan på människornas hälsa.

Övervakningsnätverket för extern strålning fungerade bra. Av resultaten från mätstationerna samlades över 97 procent av de mätningar som alla mätstationer producerade i övervakningssystemet för extern strålning, USVA. Orsaken till att data saknades var störningar i utrustningen eller datakommunikationsproblem.

Under 2023 larmade övervakningsnätets GM-detektorer fem gånger. Tre av larmen orsakades av radiografiska provningar i närheten av detektorn, två av tekniska fel.

Tritiumhalterna i nedfalls- och hushållsvattenproven var 1 – 2 Bq/l. I livsmedel observerades i några prov av skogssvamp aktivitetskoncentrationer av  $^{137}\text{Cs}$  som överskred 600 Bq/kg. Det rekommenderas att inte överskrida denna halt när vilt, skogsbär och skogssvamp samt insjöfisk släpps ut på marknaden. Användningen av livsmedel är dock trygg och inte heller en riklig användning av skogssvamp orsakar en betydande exponering för strålning. År 2023 undersöktes också prov av bär. I dessa var aktivitetskoncentrationerna av  $^{137}\text{Cs}$  1–150 Bq/kg i skogsbär och 2 Bq/kg eller lägre i odlade jordgubbar.

I proverna som samlats in från Östersjön syns fortfarande  $^{137}\text{Cs}$  som härstammar från olyckan i Tjernobyl. Liksom i andra miljöprover håller radioaktivitetshalterna i prov som samlats in från Östersjön på att sjunka.

I avloppsslam upptäcktes  $^{137}\text{Cs}$  som härstammar från Tjernobyl, naturligt radioaktiva ämnen och radioaktiva ämnen som använts på sjukhus. Avföring och urin från patienter på cancerkliniker och isotopavdelningar på sjukhus som använder radionuklider hamnar på avloppsreningsverket och syns därför i avloppsslammet.

Strålningsexponeringen från artificiella radioaktiva ämnen i miljön var 2023 under 0,02 mSv, vilket är lågt jämfört med den genomsnittliga stråldosen som finländarna får under ett år, 5,9 mSv. Resultaten för 2023 visar att det under året inte inträffade några sådana utsläpp av radioaktiva ämnen i miljön som skulle ha haft några skadeverkningar på människors hälsa eller på miljön i Finland.

Fastställandet av finländarnas genomsnittliga årliga stråldos behandlas i STUK-publikationen *STUK-A264 Den genomsnittliga effektiva dosen hos finländarna 2018*.

# 1 Summary

*Aleksi Mattila*

This report is a summary of the results of environmental radiation monitoring in Finland in 2023. In addition to the Radiation and Nuclear Safety Authority, results to the report have been provided by the Finnish Meteorological Institute regarding the total beta emission activity of outdoor air.

The environmental radiological monitoring programme includes the continuous and automatic monitoring of the external dose rate, monitoring of radioactive substances and total beta activity in outdoor air as well as the regular radioactivity analysis of radioactive fallout, surface and domestic water, sewage sludge, milk and food. The programme also includes the monitoring of radioactive substances found in the human body and monitoring of the radon in the indoor air of dwellings. This report also includes summaries of the results of the Baltic Sea radioactivity monitoring and topical investigations of the sub-programmes that are a part of environmental radiation monitoring.

The 2023 results indicate that the artificial radioactive substances found in the environment are mostly from the Chernobyl disaster in 1986, and those in the atmosphere are from nuclear tests conducted in the 1950s and 1960s. The amount of artificial radioactive substances in the environment is decreasing.

During 2023, eight outdoor air samples detected minuscule amounts of artificial radioactive substances that originate from sources other than the Chernobyl nuclear facility disaster. The source of the radioactive substances detected could not be established with certainty. The amounts of the artificial radioactive substances detected in outdoor air during the year were extremely small, and they do not have any impact on human health.

The external radiation monitoring network worked well. Of the measuring station results, more than 97% of the measurements produced at all measuring stations were collected in the external radiation monitoring data management system USVA. Any missing data was caused by equipment malfunctions or telecommunication problems.

In 2023, the GM sensors of the monitoring network issued five alarms. Three alarms were caused by radiographic imaging near the sensor and two alarms by a technical error. The tritium concentrations in fallout and domestic water samples were in the 1 – 12 Bq/l range. In samples taken from foodstuffs, <sup>137</sup>Cs activity concentrations exceeding 600 Bq/kg were observed in a few samples of wild mushrooms. This is the recommended maximum concentration when putting wild game, berries, mushrooms and lake fish on the market. However, the foodstuffs are safe to use, and even heavy use of wild mushrooms does not cause significant radiation exposure. In 2023, samples of berries with <sup>137</sup>Cs activity concentrations between 1 and 150 Bq/kg in wild berries and 2 Bq/kg or less in cultivated strawberries were also examined. <sup>137</sup>Cs originating from the Chernobyl disaster was observed in samples collected from the Baltic Sea. As in other samples collected from the environment, the radioactivity concentrations in samples collected from the Baltic Sea are decreasing.

Sewage sludge was found to contain <sup>137</sup>Cs originating from the Chernobyl disaster, natural radioactive substances and radioactive substances used at hospitals. Secretions from patients in the cancer clinics and isotope wards of hospitals using radionuclides migrate to wastewater treatment plants and are thus evident in sewage sludge.

The radiation exposure caused by artificial radioactive substances in the environment was less than 0.02 in 2023, which is low compared to the average annual dose of 5.9 mSv in Finland. The 2023 results demonstrate that there were no releases of radioactive substances into the environment during the year that would have any detrimental impacts on human health or the environment in Finland.

The determination of the average annual radiation dose to Finns is discussed in STUK publication STUK-A263 *Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018* (Average effective dose of Finns in 2018).

## 2 Säteilyannokset

*Alexi Mattila*

Suomalaisten vuotuinen keskimääräinen säteilyannos on 5,9 mSv.

Sisäilman radonista keskimäärin aiheutuvaksi annokseksi arvioidaan 4 mSv vuodessa.

Luonnon taustasäteily aiheuttaa meille noin viidenneksen (1,1 mSv) vuotuisesta säteilyannoksestamme. Kehoon joutuneet luonnon radioaktiiviset aineet aiheuttavat tästä noin 0,30 mSv annoksen. Ulkoisesta taustasäteilystä aiheutuva annos tulee maaperästä sekä rakennusmateriaaleista ja on keskimäärin 0,45 mSv/a suomalaista kohti. Arvot vaihtelevat hieman eri paikkakunnilla (0,17 – 1 mSv/a). Suurimmillaan ulkoinen säteily on Kaakkois-Suomen rapa-kivigraniittialueella. Lumi- ja jääkerros vaimentaa talvella maaperästä tulevaa säteilyä. Paikallista ja lyhytaikaista nousua annosnopeudessa saattaa aiheuttaa sade, joka tuo radonia ja sen hajoamistuotteita lähemmäksi maanpintaa. Avaruudesta peräisin olevasta kosmisesta säteilystä suomalaiset saavat noin 0,33 mSv annoksen vuodessa. Lentomatkustus aiheuttaa keskimäärin 0,05 mSv vuotuisen annoksen.

Tällä hetkellä Tšernobylin onnettomuutta ja ydinasekokeita seuranneesta laskeumasta aiheutuva keskimääräinen ulkoisen säteilyn aiheuttama altistus on noin 0,01 mSv vuodessa. Ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista aiheutuva säteilyannos oli vuonna 2023 erittäin pieni. Samoin talousvedestä, maidosta ja elintarvikkeista saatu säteilyannos jäi vähäiseksi. Pääosin säteilyannosta aiheuttavat keinotekoiset radioaktiiviset aineet  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{90}\text{Sr}$ . Talousvedessä, maidossa ja elintarvikkeissa olevien keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät vaihtelevat alueellisesti. Sisäisen säteilyn aiheuttama annos arvioituna suorilla ihmismittauksilla määritetyn kehossa olevan  $^{137}\text{Cs}$ :n määrän perusteella antaa säteilyannokseksi 0,005 mSv/henkilö. Kaiken kaikkiaan ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2023 oli alle 0,014 mSv, mikä on merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna.

## 2 Stråldoser

*Aleksi Mattila*

Finländarnas genomsnittliga stråldos per år är 5,9 mSv.

Den genomsnittliga dosen som orsakas av radon i inomhusluften uppskattas till 4 mSv per år.

Bakgrundsstrålningen orsakar ungefär en femtedel (1,1 mSv) av vår årliga stråldos. Radioaktiva ämnen som hamnar i kroppen orsakar en dos på ungefär 0,30 mSv av denna. Dosen som orsakas av extern bakgrundsstrålning härstammar från marken och från byggnadsmaterial och är i genomsnitt 0,45 mSv per år för finländarna. Värdena varierar lite på olika orter (0,17 – 1 mSv/a). Som störst är den externa strålningen i området med rapakivgranit i sydöstra Finland. Om marken är under snö- eller istäcke på vintern, dämpas strålningen från marken.

Regn som för med sig radon och dess sönderfallsprodukter närmare markytan kan orsaka en lokal och kortvarig höjning av dosraten. Den kosmiska strålningen från rymden orsakar finländarna en dos på ungefär 0,33 mSv per år. Flygresor orsakar en genomsnittlig dos på 0,05 mSv per år.

För närvarande är den genomsnittliga exponeringen orsakad av extern strålning till följd av nedfallet efter Tjernobylylyckan och kärnvapenproven cirka 0,01 mSv per år. År 2023 var stråldosen från artificiella radioaktiva ämnen i uteluften mycket låg. Likaså var stråldosen från hushållsvatten, mjölk och livsmedel låg. Stråldosen härrör främst från de artificiella radioaktiva ämnena <sup>137</sup>Cs och <sup>90</sup>Sr. Mängderna artificiella radioaktiva ämnen i hushållsvatten, mjölk och livsmedel varierar från region till region. Dosen som orsakas av intern strålning, beräknad på grundval av mängden <sup>137</sup>Cs i kroppen som bestäms genom direkta människomätningar, ger en strålningsdos på 0,005 mSv per person. Allt som allt stod artificiella radioaktiva ämnen år 2023 för en stråldos på under 0,014 mSv, vilket är en obetydligt liten del av den totala strålningsexponeringen.

## 2 Radiation doses

Alexi Mattila

The average annual radiation dose Finns receive is 5.9 mSv.

The average dose from indoor air radon is estimated at 4 mSv annually.

Natural background radiation causes about one fifth (1.1 mSv) of our annual radiation dose. Natural radioactive substances ending up in the body cause about 0.30 mSv of this. The dose caused by external background radiation is from the soil and from building materials and is on average 0.45 mSv/year per Finn. Values vary slightly in different towns and cities (0.17 – 1 mSv/a). The largest external radiation can be found in the rapakivi granite area in Southeast Finland. In winter, a layer of snow and ice dilutes radiation coming from the soil. A local and short-term increase in the dose rate might be caused by rain, which brings radon and its decay products closer to the surface of the ground. Annually, Finns receive a dose of some 0.33 mSv from cosmic radiation from space. Air travel causes an average annual dose of 0.05 mSv.

Currently, the average external radiation exposure from the fallout caused by the Chernobyl disaster and nuclear tests is approximately 0.01 mSv annually. In 2023, the radiation dose from the artificial radioactive substances in outdoor air was very small. Similarly, the radiation dose from domestic water, milk and foodstuffs remained small. The artificial radioactive substances <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr were the main sources contributing to the radiation dose. There is regional variation in the levels of the artificial radioactive substances found in domestic water, milk and foodstuffs. The dose caused by internal radiation, based on the amount of <sup>137</sup>Cs in the body estimated by direct human measurements, yields a radiation dose of 0.005 mSv/person. All in all, the radiation exposure caused by the artificial radioactive substances present in the environment in 2023 was under 0.014 mSv, which is insignificant compared to the total radiation exposure.

**Taulukko 2.1.** Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2023.

**Tabell 2.1.** Strålningsexponering orsakad av artificiella radioaktiva ämnen i miljön från olika källor 2023.

**Table 2.1.** Exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment from different sources in 2023.

Lähde, källa, source	Efektiiivinen säteilyannos, stråldoser, radiation dose (mSv)
Ulkoinen säteily, Extern stråling, External radiation	0,01
Ulkoilman radioaktiiviset aineet, Radioaktiva ämnen i uteluft, Airborne radioactive substances	0,0000001
Talousvesi, Hushållsvatten, Household water	0,00018
Maito, Radioaktiva ämnen i mjölk, Radioactive substances in milk	0,0007
Elintarvikkeet (suurkeittiöiden ruoka), Radioaktiva ämnen i livsmedel (storköken), Radioactive substances in foodstuffs (institutional kitchens)	0,0026
<b>Yhteensä, Sammanlagt, In total</b>	<b>alle 0,014</b>

# 3 Ulkoinen säteily

*Tuomas Peltonen*

Suomessa ulkoisen säteilyn annosnopeutta valvotaan reaaliaikaisella ja kattavalla mittausasemaverkolla. Tähän STUKin ylläpitämään automaattiseen Uljas-valvontaverkkoon kuuluu noin 255 Geiger-Müller (GM) -antureilla varustettua mittausasemaa (Kuva 3.1). Osa asemista on varustettu myös LaBr<sub>3</sub>-spektrometreilla. Verkkoon on lisäksi liitetty ydinvoimalaitosten hallinnoimat laitosten ympäristössä sijaitsevat GM-antureilla varustetut mittausasemat. Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat annosnopeutta omilla havaintoasemillaan. Lisäksi kunnilla on valmiudet ulkoisen säteilyn manuaaliseen valvontaan. Kuvassa 3.2 on esimerkki valvonta-aseman säteilyanturista.

## Tulosten keruu

Kaikki mittausverkon tulokset talletetaan säteilyvalvonnan tietojärjestelmään USVAan, jonka keskuslaitteisto sijaitsee STUKin tiloissa. Automaattiset mittausasemat lähettävät tuloksensa heti niiden valmistuttua USVAan ja USVAN varajärjestelmään (Ilmatieteen laitoksen tiloissa). Tietoliikenne keskuslaitteiston ja asemien välillä hyödyntää viranomaisille tarkoitettua radioverkkoa (Virve).

## Hälytysten käsittely

Alin hälytysraja on 0,4 mikrosievertiä tunnissa tai säteilyn annosnopeuden nouseminen yli 0,1 mikrosievertiä tunnissa suuremmaksi kuin edellisten seitsemän vuorokauden annosnopeuden keskiarvo ko. asemalla. Tieto jonkin aseman hälytyksestä ja ympäröivien mittausasemien havaitsemista säteilytasoista on käytettävissä heti paitsi STUKissa myös siinä hätäkeskuksessa, jonka alueella asema sijaitsee. Hälytyksen syyn selvittäminen alkaa välittömästi.

## Hälytykset

Vuoden 2023 aikana valvontaverkon GM-anturit hälyttivät viisi kertaa. Kolme hälytystä aiheutui radiografisista kuvauksista anturin lähellä ja kaksi hälytystä aiheutui teknisestä virhetilanteesta. Spektrometriverkossa ei ollut hälytyksiä vuoden 2023 aikana.

## Tulosten välittäminen eteenpäin

STUK toimitti vuonna 2023 jatkuvasti kaikkien noin 255 mittausaseman yhden tunnin annosnopeustiedot julkisille www-sivuilleen ([www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)). Kahdeksan mittausaseman koko vuoden mittaustulokset on esitetty kuvassa 3.3.

STUK toimittaa mittaustulokset Euroopan komission ylläpitämään EURDEP-järjestelmään, josta verkkosivujen kautta on nähtävillä koko Euroopan säteilytilanne. Lisäksi STUK toimittaa annosnopeustulokset myös Ilmatieteen laitoksen avoimen datan portaaliin. Molemmat tiedot toimitetaan reaaliajassa.

## Yhteistyökumppanit

STUKin keskeiset yhteistyökumppanit valtakunnallisessa ulkoisen säteilyn valvonnassa ovat Hätäkeskuslaitos, paikalliset pelastusviranomaiset, sisäministeriö, puolustusvoimat ja Ilmatieteen laitos.



# 3 Extern strålning

Tuomas Peltonen

Den externa stråldosraten i Finland övervakas i realtid med ett heltäckande mätstationsnät. I Strålsäkerhetscentralens automatiska övervakningsnät (Bild 3.1) ingår cirka 255 mätstationer som försetts med GM-detektorer. En del av stationerna har också en LaBr<sub>3</sub>-spektrometer. Därtill är GM-mätstationerna kring de inhemska kärnkraftverken anslutna till nätet. Även Meteorologiska institutet och försvarsmakten följer med den externa strålningsraten med sina egna mätstationer, och i kommunerna finns det beredskap i att manuellt övervaka extern strålning. Ett exempel av en detektor vid en mätstation visas i Bild 3.2.

## Registrering av mätvärdena

Alla mätvärdena sätts in i stråltillsynens datasystem USVA, vars centraldatorer finns på Strålsäkerhetscentralen. De automatiska mätstationerna förmedlar resultaten kontinuerligt till USVA och dess reservsystem (på Meteorologiska institutet). Datatrafiken mellan centralsystemet och mätstationerna sker via myndigheternas radionät (Virve).

## Hantering av alarm

Den lägsta larmgränsen i nätet är 0,4 mikrosievert i timmen men larmet genereras också i fall att dosraten överstiger medelvärdet under de sju senaste dygnen med 0,1 mikrosievert i timmen i stationen. Om strålningsnivån på någon mätstation överstiger larmgränsen, så vet både STUK och de lokala räddningsmyndigheterna genast om alarmet och även om strålningsnivåer på de näraliggande andra mätstationerna. Utredningen av orsaken till alarmet inleds omedelbart.

## Larm

Under 2023 larmade övervakningsnätets GM-detektorer fem gånger. Tre av larmen orsakades av radiografiska provningar i närheten av detektorn, två av ett tekniskt fel. Spektrometernätverket gav inga larm under 2023.

## Förmedling av mätvärdena

Under år 2023 visade Strålsäkerhetscentralen kontinuerligt en timmes mätvärden från alla cirka 255 mätstationer på sina offentliga www-sidor ([www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)). Mätvärdena från åtta stationer finns i Bild 3.3.

STUK lämnar in mätresultaten till EURDEP-systemet som upprätthålls av Europeiska kommissionen. Via webbplatsen kan man med hjälp av systemet se strålningssituationen för hela Europa. Dessutom lämnar STUK in dosratsresultaten även till Meteorologiska institutets portal för öppna data. Båda uppgifterna skickas i realtid.

## Samarbetspartner

Strålsäkerhetscentralens viktiga partner inom övervakningen av extern strålning är Nödcentralsverket och lokala räddningstjänstmyndigheter, inrikesministeriet, försvarsmakten och Meteorologiska institutet.

# 3 External radiation

*Tuomas Peltonen*

Finland has an automatic nation-wide monitoring network for external dose rate, which consists of about 255 stations equipped with GM tubes (Fig. 3.1). Some stations include also a LaBr<sub>3</sub> spectrometer. The maintenance and development of the network are carried out by STUK. The monitoring stations situated around the domestic nuclear power plants and administrated by the power companies are also connected to the network. The Finnish Meteorological Institute and the Defence Forces have their own monitoring stations. In addition, the municipalities maintain readiness for performing manual radiation measurements in the case of an emergency. An example of a radiation detector is shown Fig. 3.2.

## Data collection

All measurement results are stored in the data management system (USVA) of radiation surveillance, the central hardware of which is located in the facilities of STUK. Automatic monitoring stations send data continuously to USVA and its backup system (at the Finnish Meteorological Institute). The data communication between the central equipment and the stations uses the wireless network of the authorities (Virve).

## Handling of alarms

An alarm is generated either if the dose rate at a monitoring station exceeds 0.4 microsieverts per hour or if it exceeds the average value during the previous seven days by 0.1 microsieverts per hour at station. Both STUK and the local authorities receive an alarm message and have also immediately access to the radiation levels at the other stations close to the alarming station. Activities finding the cause of the alarm will be started immediately after the alarm is given.

## Alarms

During the year 2023 dose rate levels higher than normal background radiation was observed five times. Three alarms were caused by radiographic imaging near the sensor and two alarms were caused by a technical fault. There were no alarms on the spectrometer network during 2023.

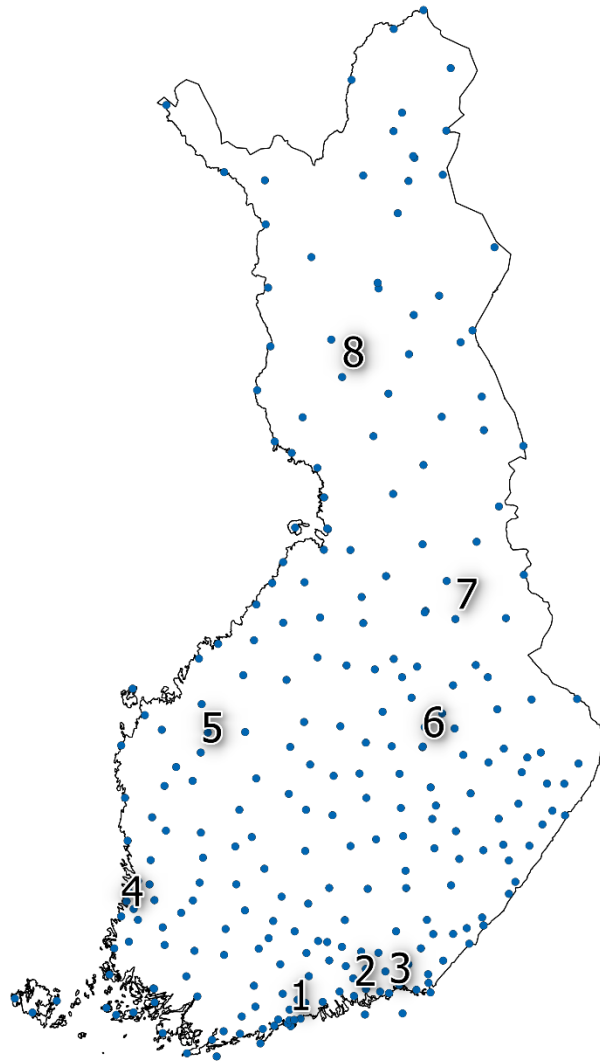
## Delivering of data

In 2023 one-hour monitoring data from all about 255 stations were continuously available on the public home pages of STUK ([www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)). The whole-year data from eight of the stations are shown in Fig. 3.3.

STUK dispatches the measurement results to the EURDEP system maintained by the European Commission, which provides the radiation situation in Europe as a whole via a website. In addition, STUK also submits dose rate results to the Finnish Meteorological Institute's open data portal. Both data are provided in real time.

## National co-operation partners

The most important co-operation partners of STUK within the monitoring of external radiation are the Emergency Response Centre Administration, Ministry of the Interior, Defence Forces and Finnish Meteorological Institute.



**Kuva 3.1.** Ulkoisen säteilyn valvontaverkon automaattiset mittausasemat. Kuvassa numeroitujen asemien mittaustulokset on esitetty kuvassa 3.3.

**Bild 3.1.** Automatiska mätstationer i nätet för extern strålning. På bilden numreras de mätstationer, vars mätvärden finns i bild 3.3.

**Fig. 3.1.** Automatic dose-rate monitoring stations. The numbers refer to stations whose results are shown in Fig. 3.3.

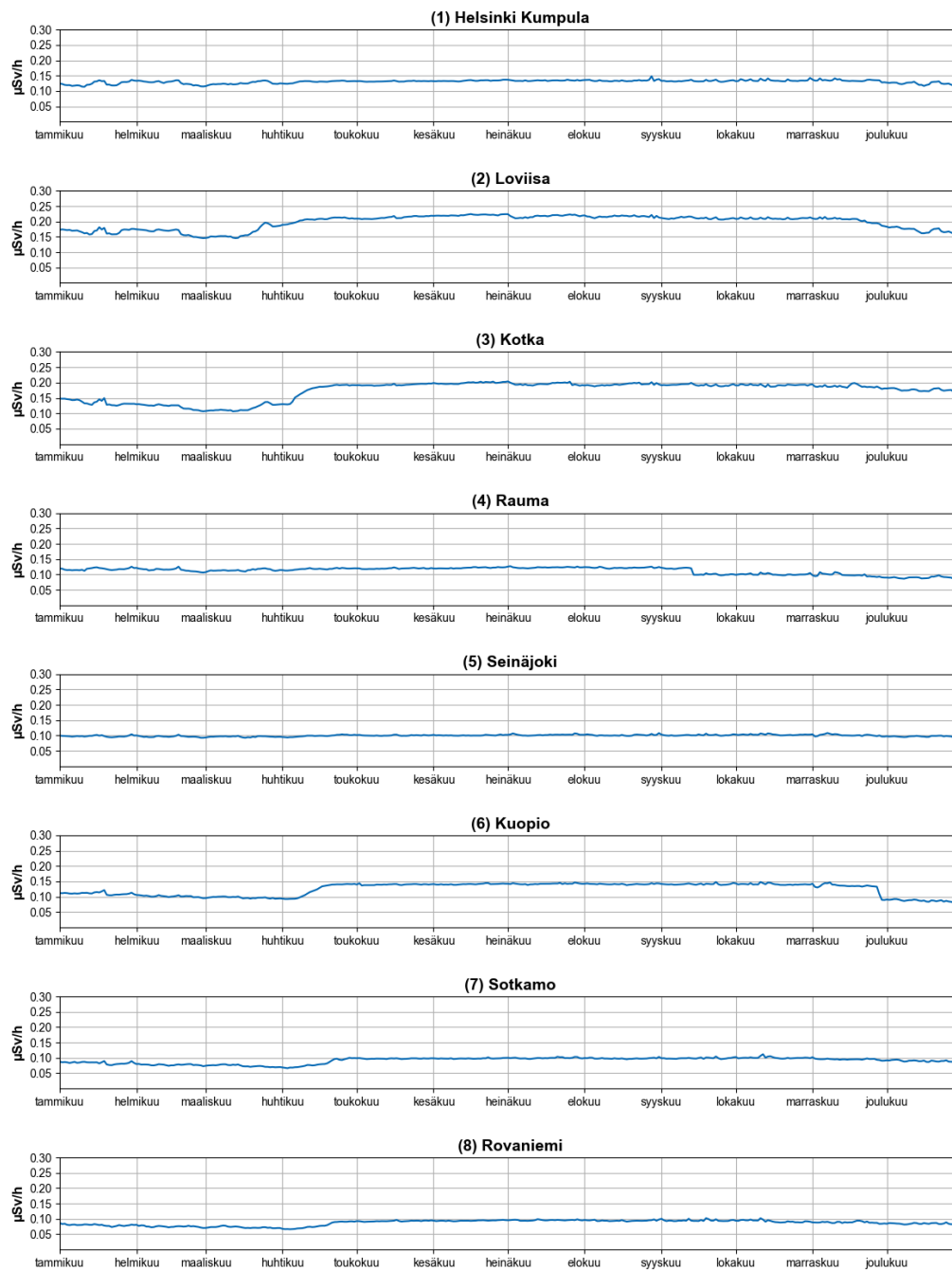


**Kuva 3.2.** Ulkoisen säteilyn valvontaverkon mittausasema Dragsfjärdissä.

**Bild 3.2.** Detektorer vid mätstationen Dragsfjärd i övervakningsnätet för extern strålning.

**Fig. 3.2.** Detectors of the automatic dose rate monitoring station at Dragsfjärd.

## Päivittäiset annosnopeuskeskiarvot 01.01.2023 – 31.12.2023



**Kuva 3.3.** Ulkoisen säteilyn annosnopeus kahdeksalla mittausasemalla vuonna 2023. Lumi ja jääpeite vaimentavat maaperän taustasäteilyä aiheuttaen vaihtelua talven ja lumettoman ajan välisiin annosnopeuksiin.

**Bild 3.3.** Externa dosrater vid åtta mätstationer år 2023. Snö och is dämpar bakgrundsstrålningen från jordmånen and därför dosraten kan vara olika under vintern och den snöfria tiden.

**Fig. 3.3.** Observed radiation levels at eight monitoring stations in 2023. Snow and ice damp background radiation from soil and therefor dose rates can be different during winter and snow-free season.

Yhteyshenkilö: Tuomas Peltonen, Säteilyturvakeskus ([tuomas.peltonen@stuk.fi](mailto:tuomas.peltonen@stuk.fi))

Kontaktperson: Tuomas Peltonen, Strålsäkerhetscentralen ([tuomas.peltonen@stuk.fi](mailto:tuomas.peltonen@stuk.fi))

Contact person: Tuomas Peltonen, Radiation and Nuclear Safety Authority ([tuomas.peltonen@stuk.fi](mailto:tuomas.peltonen@stuk.fi))

# 4 Ulkoilman radioaktiiviset aineet

*Tero Karhunen, Jussi Paatero, Reko Simola*

STUK valvoo ulkoilman radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia kahdeksalla paikkakunnalla (kuva 4.1). Molempien ydinvoimalaitosten ympäristössä – Loviisassa ja Olkiluodossa – on neljä voimayhtiöiden valvonta-asemaa. Yhteenvedo voimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnasta julkaistaan raporttisarjassa STUK-B.

## 4.1 Ulkoilman gamma-aktiiviset aineet

### Näytteiden keräys

Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumpppaamalla suuria määriä ilmaa radioaktiiviset aineet pidättävien suodattimien läpi. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät hiukkaset ja aktiivihiihiisuodatin pidättää kaasumaisen radioaktiivisen jodin. Näytteet kerätään tehtävää varten suunnitelluilla kerääjillä (kuva 4.2). Kerääjissä on lasikuitusuodattimeen kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva LaBr<sub>3</sub>-spektrometri. Kerääjissä olevalla spektrometrillä voidaan havaita suodattimelle kertyvät keinotekoiset radioaktiiviset aineet jo näytteen keräyksen aikana, jos aineiden pitoisuus ulkoilmassa on tarpeeksi suuri.

Kerääjien suodattimet vaihdetaan yksi tai kaksi kertaa viikossa kerääjän mallista riippuen ja lähetetään STUKin laboratorioon Vantaalle analysoitaviksi. STUKilla on myös Kuopiossa ja Rovaniemellä suodattimien mittaamiseen tarvittava laitteisto, jolla aseman suodattimet mitataan paikan päällä ja tulokset analysoidaan Vantaalla. STUKin toimipisteessä Vantaalla on automaattilaitteisto, joka kerää ja käsittelee suodattimen sekä analysoi ensimmäiset alustavat tulokset automaattisesti. Laite vaihtaa suodattimen vuorokauden välein.

### Näytteiden käsittely ja mittaus

Laboratoriossa tehtävällä mittauksella suodattimista voidaan havaita hyvin pienet määrät radioaktiivisia aineita. Suodattimet mitataan gammaspektrometrillä ja spektristä tunnistetaan suodattimeen pidättyneet radionuklidit. Radioaktiivisten aineiden havaitsemisraja ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) on nuklidikohtainen ja riippuu mm. suodatetusta ilmamäärästä, näytteen sisältämistä muista radioaktiivisista aineista, näytteen iästä, mittausajasta, ilmaisimen havaitsemistehokkuudesta ja taustasuojasta (taulukko 4.1). Havaitsemisrajat ovat tyypillisesti alle miljardiosia siihen aktiivisuuspitoisuuteen nähden, joka aiheuttaisi väestön suojaustoimenpiteitä. Kerääjissä oleva, suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta mittaava LaBr<sub>3</sub>-spektrometri ei herkkyytensä puolesta riitä korvaamaan suodattimien laboratorioanalyysijä, mutta antaa ensisignaalin, mikäli radioaktiivisten aineiden määrät ilmassa ovat riittävän suuria.

### Tulokset

Kuvassa 4.3 on esitetty <sup>137</sup>Cs-aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo näytteenkeräysjaksoilla keräysasemittain. Tšernobylistä peräisin olevaa <sup>137</sup>Cs:a havaitaan ulkoilmassa jatkuvasti pieniä määriä. Keväisin havaitaan tyypillisesti muita vuodenaikoja suurempia pitoisuuksia <sup>137</sup>Cs:ää, joka johtuu maasta nousevan pölyn mukana kulkeutuneesta vanhasta laskeumasta. Kuvassa 4.5 on esitetty <sup>137</sup>Cs aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot pitkällä aikavälillä pääkaupunkiseudulta. Keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa ovat olleet erittäin pieniä, eikä niillä ole ollut terveysvaikutuksia. Vuonna 2023 suomalaiset saivat ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista keskimäärin noin 0,0000001 mSv säteilyannoksen.

Taulukossa 4.2 on esitetty vuoden 2023 aikana tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot. Helmikuussa havaittiin <sup>46</sup>Sc Kajaanissa kerätystä näytteestä, <sup>60</sup>Co Imatralla kerätystä näytteestä ja <sup>46</sup>Sc, <sup>59</sup>Fe ja <sup>60</sup>Co Kotkassa kerätystä näytteistä. Toukokuussa Kotkassa, Vantaalla ja Imatralla kerätystä näytteistä havaittiin <sup>46</sup>Sc, <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>95</sup>Zr, <sup>95</sup>Nb, <sup>103</sup>Ru, <sup>106</sup>Ru, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>140</sup>La, <sup>141</sup>Ce ja <sup>144</sup>Ce. Heinäkuussa havaittiin <sup>131</sup>I Rovaniemeltä kerätystä näytteestä.

# 4 Radioaktiva ämnen i uteluft

*Tero Karhunen, Jussi Paatero, Reko Simola*

Strålsäkerhetscentralen övervakar halten av luftburna radioaktiva ämnen nära jordytan på åtta orter i Finland (bild 4.1). Nära kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto har kraftbolagen fyra mätstationer, vars resultat rapporteras i Strålsäkerhetscentralens rapportserie STUK-B.

## 4.1 Gamma-aktiva ämnen i uteluft

### Insamling av prov

Radioaktiva ämnen i uteluften övervakas genom att stora mängder luft pumpas genom ett filter, varvid de radioaktiva ämnena fastnar i filtret. Ett glasfiberfilter fångar partiklar som kan innehålla radioaktiva ämnen, och ett filter av aktivt kol fångar radioaktiv jodgas. Proven samlas in med en aerosolsamlare som planerats enkom för detta ändamål (bild 4.2). En del av dessa aerosolsamlare har en LaBr<sub>3</sub>-spektrometer som mäter radioaktiviteten i glasfiberfiltret. Ifall halten av radioaktiva ämnen i luften är tillräckligt stor, så kan spektrometern upptäcka dessa medan filtret ännu är i bruk.

Filtren byts ut en eller två gånger i veckan beroende på aerosolsamlarmodellen och sänds till STUK:s laboratorium i Vanda för att analyseras. STUK har också utrustning för mätning av filter i Kuopio och Rovaniemi. Filtren från mätstationerna mäts på plats och resultaten skickas till Vanda för analys. I Vanda har STUK utrustning som automatiskt samlar in, hanterar och analyserar preliminära resultat av filtren. Apparaturen byter filter en gång per dygn.

### Hantering och mätning av proven

Med hjälp av noggranna mätningar i laboratorier kan ytterst små mängder radioaktiva ämnen som fastnat i filtren observeras. Filtren mäts med en gammaskpektrometer och radionukliderna identifieras utgående från spektrumet. Observationsgränsen uttrycks i  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  och beror bl.a. på vilken nuklid det gäller, hur stor mängd luft som passerat filtret, andra radioaktiva ämnen i provet, provets ålder, mättiden, detektorns känslighet samt skyddet mot bakgrundsstrålning (tabell 4.1).

Observationsgränserna är i allmänhet under en miljarddel av den koncentrationsnivå som skulle föranleda åtgärder för att skydda befolkningen. Mätssystemen, som finns i alla aerosolsamlarna och som övervakar halten av radioaktiva ämnen i filtren medan dessa ännu är i bruk, är inte tillräckligt känsliga för att ersätta laboratorieanalyser. Ifall halten av radioaktiva ämnen i luften är tillräckligt stor, så kan spektrometern upptäcka dessa medan filtret ännu är i bruk.

### Mätresultat

På bild 4.3 visas medelvärdet för <sup>137</sup>Cs-aktivitetshalten under provtagningsperioderna enligt observationsstation. Små halter <sup>137</sup>Cs som härstammar från Tjernobyl observeras ständigt. Under våren uppmäts ofta högre halter av <sup>137</sup>Cs än under de övriga årstiderna, vilket har att göra med gammalt nedfall som sprids med uppstigande markdamm. På bild 4.5 visas det månatliga medelvärdet för <sup>137</sup>Cs-aktivitetskoncentration på lång sikt i huvudstadsregionen. År 2023 fick finländarna i medeltal en stråldos på ca 0,0000001 mSv från konstgjorda radioaktiva ämnen i uteluften.

I tabell 4.2 visas avvikande observationer av artificiella radioaktiva ämnen under 2023. I februari observerades <sup>46</sup>Sc i ett prov som samlats in i Kajana, <sup>60</sup>Co i ett prov som samlats in i Imatra samt <sup>46</sup>Sc, <sup>59</sup>Fe och <sup>60</sup>Co i prov som samlats in i Kotka. I prov som samlats in i Kotka, Vanda och Imatra i maj observerades <sup>46</sup>Sc, <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>95</sup>Zr, <sup>95</sup>Nb, <sup>103</sup>Ru, <sup>106</sup>Ru, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>140</sup>La, <sup>141</sup>Ce och <sup>144</sup>Ce. I juli observerades <sup>131</sup>I i ett prov som samlats in i Rovaniemi.

# 4 Airborne radioactive substances

*Tero Karhunen, Jussi Paatero, Reko Simola*

STUK operates eight sampling stations for nationwide monitoring of airborne radioactive substances (Fig. 4.1). In addition, four samplers are located around each of the nuclear power plants in Loviisa and Olkiluoto. Their results are reported in STUK-B report series.

## 4.1 Gamma activity of ground level air

### Sampling

Sampling is performed by filtrating large amounts of air. Airborne radioactive particles are deposited on glass fibre filters whereas charcoal filters are used to trap gaseous iodine. Sampling is performed using specially designed samplers (Fig. 4.2). The samplers are equipped with LaBr<sub>3</sub>-spectrometers to monitor the activity depositing on the filter. These spectrometers enable the detection of artificial radioactivity during sample collection if the activity in the outdoor air is high enough.

The sampler filters are replaced once or twice a week, depending on the sampler model, and they are sent to the STUK laboratory in Vantaa for analysis. In Kuopio and Rovaniemi, STUK also has the equipment needed to carry out filter measurements, and this equipment is used to measure the station's filters on site, with the results analysed in Vantaa. The equipment at STUK's premises in Vantaa is automatic, sampling and processing the filters and analysing the first preliminary results automatically, and replacing the filter at one-day intervals.

### Sample treatment and analysis

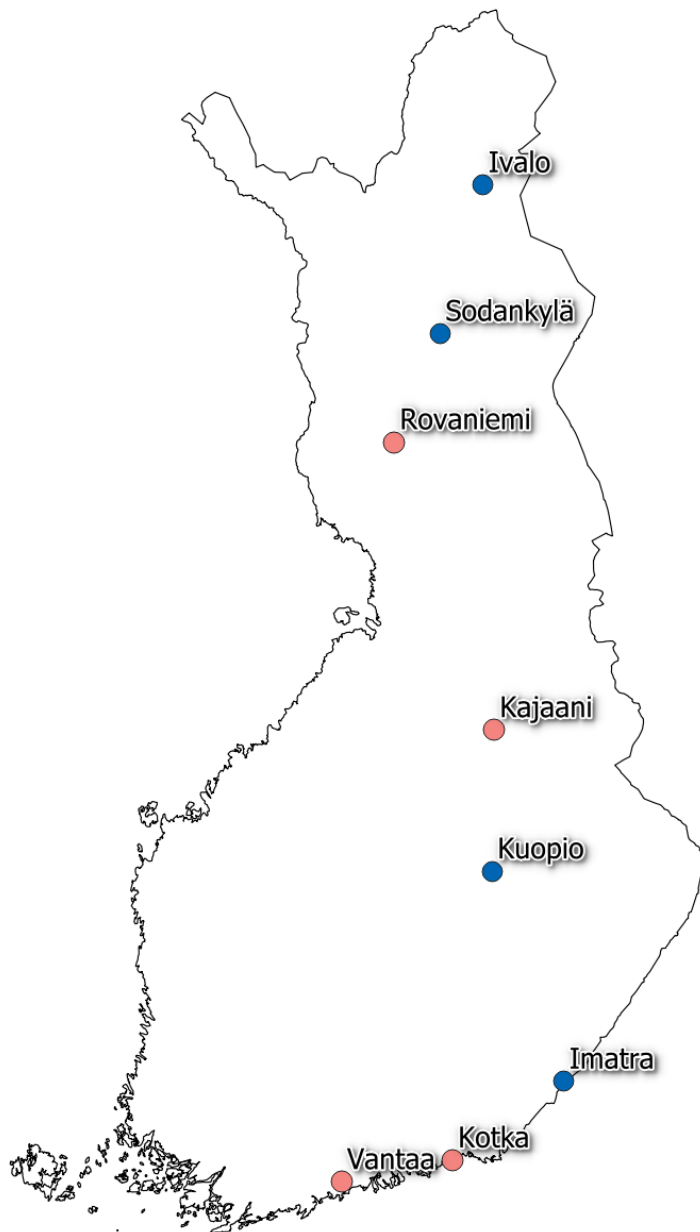
Small quantities of radioactive material can be detected in the samples in laboratory analysis. Filters are measured using a high-resolution gamma-ray spectrometer and different radionuclides are identified from the measured spectrum. Nuclide-specific minimum detectable concentrations ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) depend on the filtered air volume, on the activity of other radionuclides in the sample, on the measuring time and the decay time before the measurement, detection efficiency and the background shield (Table 4.1). Detection limits are typically a billion times smaller than the concentrations which may lead to protective actions being taken. The sampler spectrometers monitoring activity depositing on the filter are not sensitive enough to substitute for filter laboratory analysis. However, spectrometers provide the first signal if the activity in the outdoor air is high enough.

### Results

Figure 4.3 shows the average of <sup>137</sup>Cs activity content during the sampling periods at each sampling station. The <sup>137</sup>Cs from Chernobyl is constantly detected in outdoor air in small quantities. In spring, higher contents of <sup>137</sup>Cs were typically observed than in other seasons, which results from old fallout that is carried in dust rising from the ground. Figure 4.5 shows the long-term monthly averages for the <sup>137</sup>Cs activity concentration in the Helsinki region. The amounts of artificial radioactive substances in external air have been extremely small and have had no impact on health. Airborne artificial radioactive substances were estimated to cause a radiation dose of about 0.0000001 mSv per capita in Finland in 2023.

Table 4.2 presents the cases of deviating artificial radioactive substances detected in 2023. In February, <sup>46</sup>Sc was observed in samples collected in Kajaani, <sup>60</sup>Co in samples collected in Imatra, and <sup>46</sup>Sc, <sup>59</sup>Fe and <sup>60</sup>Co in samples collected in Kotka. In May, <sup>46</sup>Sc, <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>95</sup>Zr, <sup>95</sup>Nb, <sup>103</sup>Ru, <sup>106</sup>Ru, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>140</sup>La, <sup>141</sup>Ce and <sup>144</sup>Ce were detected in samples collected in Kotka, Vantaa and Imatra. In July, <sup>131</sup>I was detected in samples collected in Rovaniemi.





**Kuva 4.1.** Ulkoilman ja laskeuman sisältämien radioaktiivisten aineiden keräysasemat. STUK ylläpitää asemia ja analysoi niiden näytteet. Punaisella merkityillä asemilla on käytössä suuritehoiset ilmankerääjät (550 – 900 m<sup>3</sup>/h), sinisellä merkityissä asemilla käytössä on käytössä pienempitehoiset (150 m<sup>3</sup>/h) ilmankerääjät.

**Bild 4.1.** Mätstationer för radioaktiva ämnen i uteluft och nedfall. Strålsäkerhetscentralen upprätthåller de stationerna och analyserar proven från dem. De röda stationerna har luftinsamlare med hög effekt (550 – 850 m<sup>3</sup>/h), de blåa stationernas luftinsamlare har mindre effekt (150 m<sup>3</sup>/h).

**Fig. 4.1.** Sampling locations for airborne radioactive substances and deposition. STUK operates the stations. The stations marked with red colour have high-powered air samplers (550 – 850 m<sup>3</sup>/h) and the stations marked with blue have low-powered air samplers (150 m<sup>3</sup>/h).



**Kuva 4.2.** Imatran monitorintiaseman hiukkaskerääjä. Kuvassa näkyy myös Ritva-laskeumakerääjä. Kuvassa vaihdetaan huoltoreissun yhteydessä ilmankerääjän suodatin.

**Bild 4.2.** Aerosolsamlaren i Imatra. Även nedfallsinsamlaren Ritva syns på bilden. På bilden byts luftinsamlarens filter ut under en underhållsresa.

**Fig. 4.2.** Air sampler at Imatra monitoring station. The deposition sampler Ritva can be seen in the picture also. The filter of the air sampler is changed during the maintenance work.

**Taulukko 4.1.** Hiukkaskerääjien virtausnopeudet, näytteenvaihtotiheydet sekä eräiden radionuklidien tyypilliset havaitsemisrajat. Lisäksi taulukkoon on merkitty, onko asemalla suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva laitteisto.

**Tabell 4.1.** Luftflödet genom filtret, provtagningsfrekvenserna samt typiska observationsgränser för några radionuklider. Tabellen berättar även om stationen mäter filtrena medan dessa ännu är i bruk.

**Table 4.1.** Flow rates of the air samplers, the sampling frequencies and typical detection limits for some radionuclides. The station's capability to monitor activity deposited on the filter is also marked in the table.

Site	Flow rate (m <sup>3</sup> /h)	Sampling frequency (wk-1)	Typical detection limit (microBq/m <sup>3</sup> )			Sampling with on-line monitor
			Cs-134	Cs-137	I-131	
Vantaa	550	7	1,8	1,8	1,5	yes
Kotka	900	1	0,1	0,1	0,2	yes
Imatra	150	2	0,4	0,4	0,7	yes
Kuopio	150	1	0,4	0,4	0,7	yes
Kajaani	900	1	0,1	0,1	0,2	yes
Rovaniemi	900	1	0,1	0,1	0,2	yes
Sodankylä	150	2	0,4	0,4	0,7	yes
Ivalo	150	2	0,4	0,4	0,7	yes

\* Vantaan laitteiston korkeampi määrittäysraja johtuu lyhyemmästä mittausajasta ja kerätystä ilmamäärästä.

\* Den högre observationsgränsen för den utrustning som flyttades från Helsingfors till Vanda är högre på grund av den kortare mättiden och mängden insamlad luft.

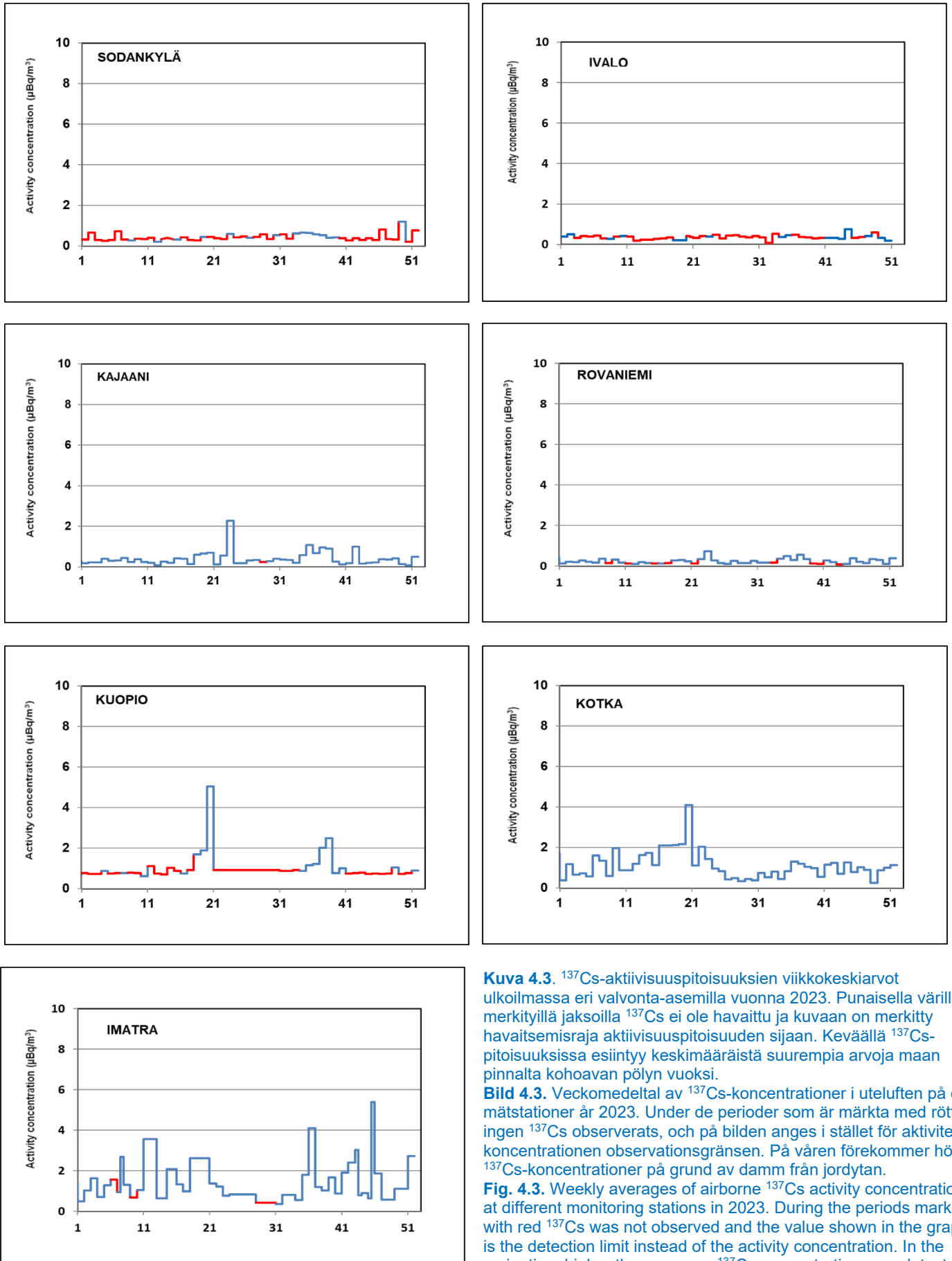
\* The higher detection limit for the equipment moved from Helsinki to Vantaa is due to shorter measurement time and the collected air volume.

**Taulukko 4.2.** Hiukkaskeräysasemilla vuonna 2023 tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot.

**Tabell 4.2.** Observationer av de avvikande artificiella radionukliderna i uteluften år 2023.

**Table 4.2.** Observations of unusual artificial radionuclides in outdoor air during the year 2023.

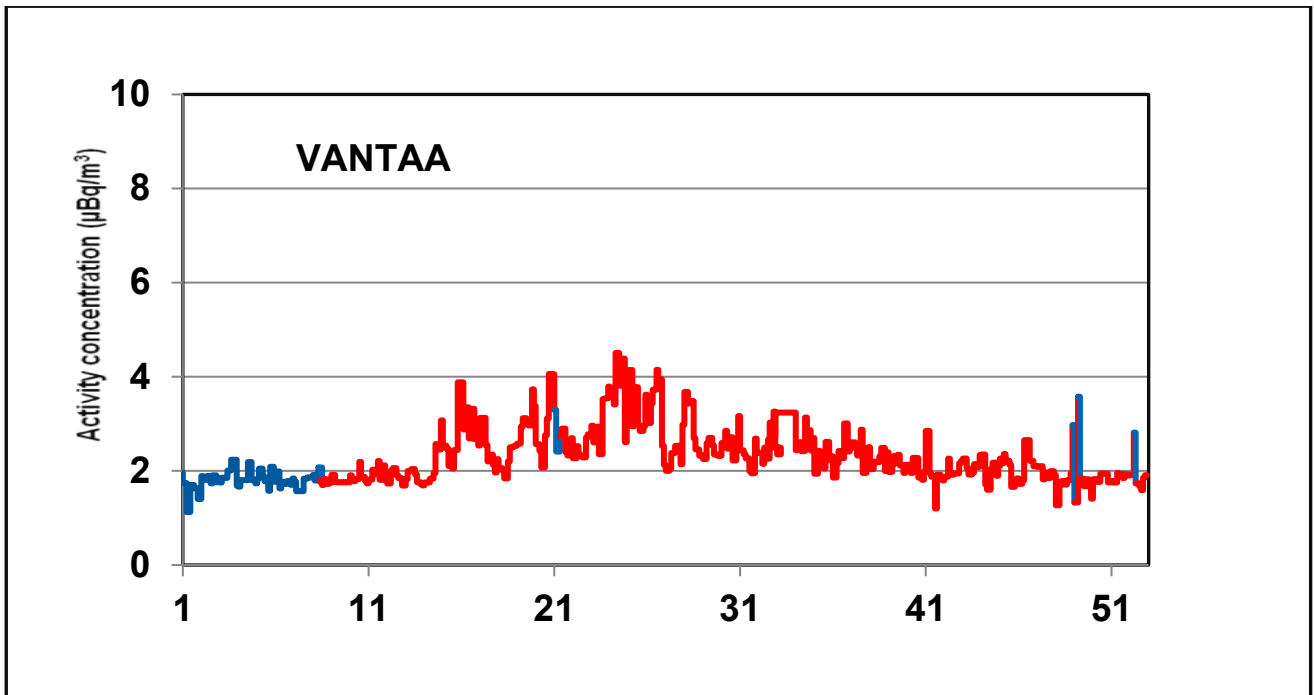
Site	Nuclide	Sampling period	Average concentration microBq/m <sup>3</sup> (two sigma uncertainty %)
Kajaani	<sup>46</sup> Sc	13.2. – 20.2.2023	0,4 (19)
Imatra	<sup>60</sup> Co	16.2. – 20.2.2023	2,4 (18)
Kotka	<sup>46</sup> Sc	20.2. – 27.2.2023	0,4 (20)
Kotka	<sup>59</sup> Fe	20.2. – 27.2.2023	0,3 (44)
Kotka	<sup>60</sup> Co	20.2. – 27.2.2023	0,3 (19)
Kotka	<sup>54</sup> Mn	15.5. – 22.5.2023	0,2 (26)
Kotka	<sup>60</sup> Co	15.5. – 22.5.2023	1,1 (17)
Kotka	<sup>95</sup> Nb	15.5. – 22.5.2023	0,2 (33)
Kotka	<sup>134</sup> Cs	15.5. – 22.5.2023	0,2 (39)
Kotka	<sup>137</sup> Cs	15.5. – 22.5.2023	2,2 (13)
Kotka	<sup>46</sup> Sc	22.5. – 29.5.2023	1,0 (11)
Kotka	<sup>54</sup> Mn	22.5. – 29.5.2023	0,1 (45)
Kotka	<sup>60</sup> Co	22.5. – 29.5.2023	1,9 (10)
Kotka	<sup>95</sup> Zr	22.5. – 29.5.2023	0,7 (13)
Kotka	<sup>95</sup> Nb	22.5. – 29.5.2023	1,1 (14)
Kotka	<sup>103</sup> Ru	22.5. – 29.5.2023	1,1 (14)
Kotka	<sup>106</sup> Ru	22.5. – 29.5.2023	0,9 (53)
Kotka	<sup>134</sup> Cs	22.5. – 29.5.2023	2,7 (10)
Kotka	<sup>137</sup> Cs	22.5. – 29.5.2023	4,1 (13)
Kotka	<sup>140</sup> La	22.5. – 29.5.2023	9,2 (22)
Kotka	<sup>141</sup> Ce	22.5. – 29.5.2023	0,7 (16)
Kotka	<sup>144</sup> Ce	22.5. – 29.5.2023	0,9 (28)
Imatra	<sup>60</sup> Co	22.5. – 29.5.2023	1,5 (16)
Imatra	<sup>95</sup> Zr	22.5. – 29.5.2023	0,7 (25)
Imatra	<sup>95</sup> Nb	22.5. – 29.5.2023	0,8 (29)
Imatra	<sup>103</sup> Ru	22.5. – 29.5.2023	0,7 (28)
Imatra	<sup>134</sup> Cs	22.5. – 29.5.2023	1,3 (15)
Imatra	<sup>137</sup> Cs	22.5. – 29.5.2023	2,6 (16)
Imatra	<sup>141</sup> Ce	22.5. – 29.5.2023	5,4 (42)
Vantaa	<sup>60</sup> Co	23.5. – 24.5.2023	1,5 (25)
Vantaa	<sup>95</sup> Zr	23.5. – 24.5.2023	1,6 (66)
Vantaa	<sup>95</sup> Nb	23.5. – 24.5.2023	1,2 (51)
Vantaa	<sup>134</sup> Cs	23.5. – 24.5.2023	1,3 (39)
Vantaa	<sup>137</sup> Cs	23.5. – 24.5.2023	2,4 (32)
Vantaa	<sup>141</sup> Ce	23.5. – 24.5.2023	1,6 (58)
Rovaniemi	<sup>131</sup> I	3.7. – 10.7.2023	1,8 (18)



**Kuva 4.3.** <sup>137</sup>Cs-aktiivisuuspitoisuuksien viikkokeskiarvot ulkoilmassa eri valvonta-aseilla vuonna 2023. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla <sup>137</sup>Cs ei ole havaittu ja kuvaan on merkitty havaitsemisraja aktiivisuuspitoisuuden sijaan. Keväällä <sup>137</sup>Cs-pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

**Bild 4.3.** Veckomedeltal av <sup>137</sup>Cs-koncentrationer i uteluften på olika mätstationer år 2023. Under de perioder som är märkta med rött har ingen <sup>137</sup>Cs observerats, och på bilden anges i stället för aktivitetskoncentrationen observationsgränsen. På våren förekommer högre <sup>137</sup>Cs-koncentrationer på grund av damm från jordytan.

**Fig. 4.3.** Weekly averages of airborne <sup>137</sup>Cs activity concentrations at different monitoring stations in 2023. During the periods marked with red <sup>137</sup>Cs was not observed and the value shown in the graph is the detection limit instead of the activity concentration. In the springtime higher than average <sup>137</sup>Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.

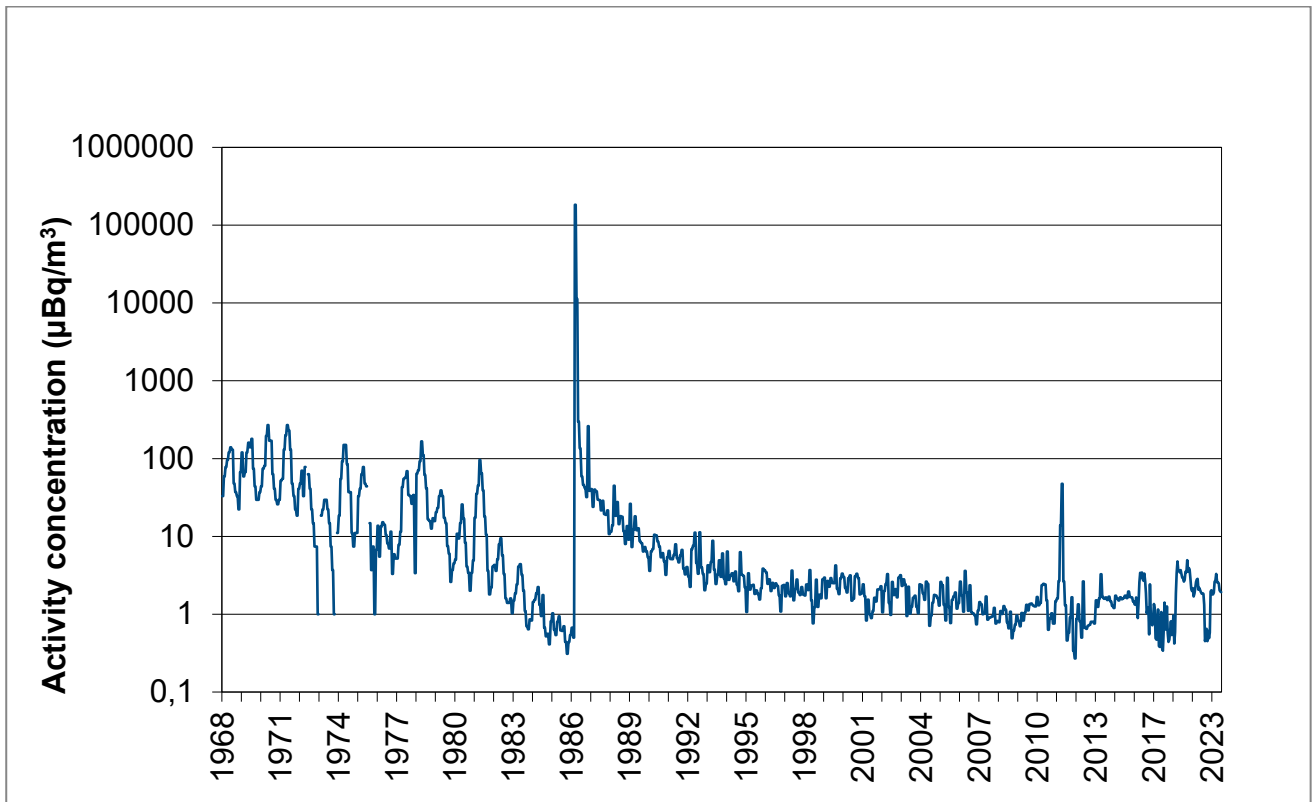


**Kuva 4.4.** Ilman  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuuspitoisuuden viikkokeskiarvo Vantaalla vuonna 2023.

Punaisella värillä merkityillä jaksoilla  $^{137}\text{Cs}$  ei ole havaittu ja kuvaan on merkitty havaitsemisraja aktiivisuuspitoisuuden sijaan. Keväällä  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

**Bild 4.4.** Veckomedelvärdet för  $^{137}\text{Cs}$ -koncentrationen i luften i Vanda år 2023. Insamlingsplatsen flyttade från Helsingfors till Vanda i maj. Under de perioder som är märkta med rött har ingen  $^{137}\text{Cs}$  observerats, och på bilden anges i stället för aktivitetskoncentrationen observationsgränsen. På våren förekommer högre  $^{137}\text{Cs}$ -koncentrationer på grund av damm från jordytan.

**Fig. 4.4.** The weekly average of  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration in the Vantaa in 2023. The collection site moved from Helsinki to Vantaa in May. During the periods marked with red  $^{137}\text{Cs}$  was not observed and the value shown in the graph is the detection limit instead of the activity concentration. In the springtime higher than average  $^{137}\text{Cs}$  concentrations are detected due to dust rising from the ground.



**Kuva 4.5.** Ilman  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot pääkaupunkiseudulla vuosina 1968 – 2023. Ennen Tšernobylin onnettomuutta (v. 1986) esiintyvä  $^{137}\text{Cs}$  on peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvassa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Fukushima Daiichin ydinvoimalaitosonnettomuus näkyy piikkinä vuoden 2011 alussa.

**Bild 4.5.** Månadsmedeltal för  $^{137}\text{Cs}$ -koncentrationen i Helsingforsregionen år 1968 – 2023.  $^{137}\text{Cs}$  som förekom före Tjernobyl olyckan (år 1986) härstammar från kärnvapenprov i atmosfären. Årstidsvariationerna som framgår ur bilden är typiska för detta gamla nedfall. Fukushima Daiichi olyckan syns som en pik i början av 2011.

**Fig. 4.5.** Airborne activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in Capital Region in 1968 – 2023. Before the Chernobyl accident in 1986,  $^{137}\text{Cs}$  originated from atmospheric nuclear weapon tests. The regular seasonal fluctuation seen in the figure was typical for this old deposition. Fukushima Daiichi accident is seen as a peak at the beginning of year 2011.

## 4.2 Ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuus

Ilmatieteen laitos on seurannut pintailman kokonaisbeeta-aktiivisuutta vuodesta 1959. Vuonna 2023 toiminnassa oli kymmenen viikkonäytteitä keräävää asemaa (kuvat 4.6 ja 4.7).

### Näytteiden keräys

Näytteet kerätään imemällä ulkoilmaa suodattimien läpi. Suodattimet vaihdetaan maanantaiaamuisin kello 8 Suomen talviaikaa. Keräinlaitteistossa käytetään kahta suorakaiteen muotoista paperi- tai lasikuitusuodatinta, joiden koko on 120 mm x 140 mm. Viikossa suodatettu ilmamäärä paperisuodattimilla on noin 800 m<sup>3</sup> ja lasikuitusuodattimilla noin 4000 m<sup>3</sup>.

### Näytteiden mittaus

Aerosolinäytteiden kokonaisbeeta-aktiivisuus mitataan noin viisi päivää keräyksen lopettamisen jälkeen, jolloin  $^{222}\text{Rn}$ :n lyhytikäiset tytärnuklidit ovat hajonneet  $^{210}\text{Pb}$ :ksi ja  $^{220}\text{Rn}$ :n tytärnuklidit pysyväksi  $^{208}\text{Pb}$ :ksi. Näin ollen mitattu kokonaisbeeta-aktiivisuus koostuu  $^{210}\text{Pb}$ :stä sekä mahdollisista keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Mittaukset tehdään automaattisella alfa/beeta-analyysaattorilla, jossa ilmaisimina käytetään verrannollisuuslaskureita.

## Tulokset

Kuvassa 4.8 on esitetty ulkoilman pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden viikoittaiset pitoisuudet kymmenellä seuranta-aseamalla vuonna 2023. Käyrät kuvaavat lähinnä  $^{210}\text{Pb}$ :n pitoisuutta pintailmassa. Koska ilmakehän  $^{210}\text{Pb}$  on peräisin maaperästä ilmakehään siirtyneestä  $^{222}\text{Rn}$ :sta, riippuu  $^{210}\text{Pb}$ :n pitoisuus suursäättilanteesta eli ilmamassojen stabiilisuudesta ja alkuperästä. Korkeimmat pitoisuudet ovat mantereellisissa ilmamassoissa ja pienimmät merellisissä ja arktisissa ilmamassoissa. Vuoden 2023 aikana ei seurantaohjelman puitteissa havaittu poikkeuksellista kokonaisbeeta-aktiivisuutta ilmassa.

## 4.2 Total beta aktivitet i uteluft

Meteorologiska institutet har mätt total betaaktivitet i luften nära markytan sedan år 1959. På tio stationer samlades aerosolprov varje vecka under året 2023 (bilder 4.6 och 4.7).

### Provtagning

Proven tas genom att luften sugas genom filter. Filtren byts varje måndag klockan 8 enligt finsk vintertid. I apparaten används två rektangelformiga filter, som består av papper eller glasfiber och som har dimensionen 120 x 140 mm. Luftmängden är ca 800 m<sup>3</sup> i veckan genom pappersfiltret och ca 4000 m<sup>3</sup> i veckan genom glasfiberfiltret.

### Mätning av proven

Aerosolprovets totala betaaktivitet mäts ca fem dagar efter att proven har tagits, varvid de kortlivade dotternukliderna till  $^{222}\text{Rn}$  har blivit  $^{210}\text{Pb}$  och dotternukliderna till  $^{220}\text{Rn}$  har blivit stabilt  $^{208}\text{Pb}$ . Den uppmätta totala betaaktiviteten består sålunda av  $^{210}\text{Pb}$  och eventuella konstgjorda radioaktiva ämnen. Mätningarna utförs med en automatisk alfa/beta-analysator med proportionalitetsräknare.

### Mätresultat

I bild 4.8 visas koncentrationer av långlivad betaaktivitet på nio bevakningsstationer under året 2023. Kurvorna visar närmast halten av  $^{210}\text{Pb}$  i luften nära marken. Eftersom atmosfärens  $^{210}\text{Pb}$  kommer från  $^{222}\text{Rn}$  i marken, varierar halten av  $^{210}\text{Pb}$  i takt med väderläget i stort, det vill säga luftmassornas stabilitet och ursprung. De högsta halterna finns i kontinentala luftmassor och de minsta i luft som rört sig ovanför hav eller arktiska områden. Någon exceptionellt hög betaaktivitet kunde inte observeras under året 2023.

## 4.2 Gross beta activity of ground level air

The Finnish Meteorological Institute (FMI) has monitored gross beta activity of aerosol particles since 1959. Weekly aerosol samples were collected at ten stations in 2023, using filter sampling (Figures 4.6 and 4.7).

### Sample collection

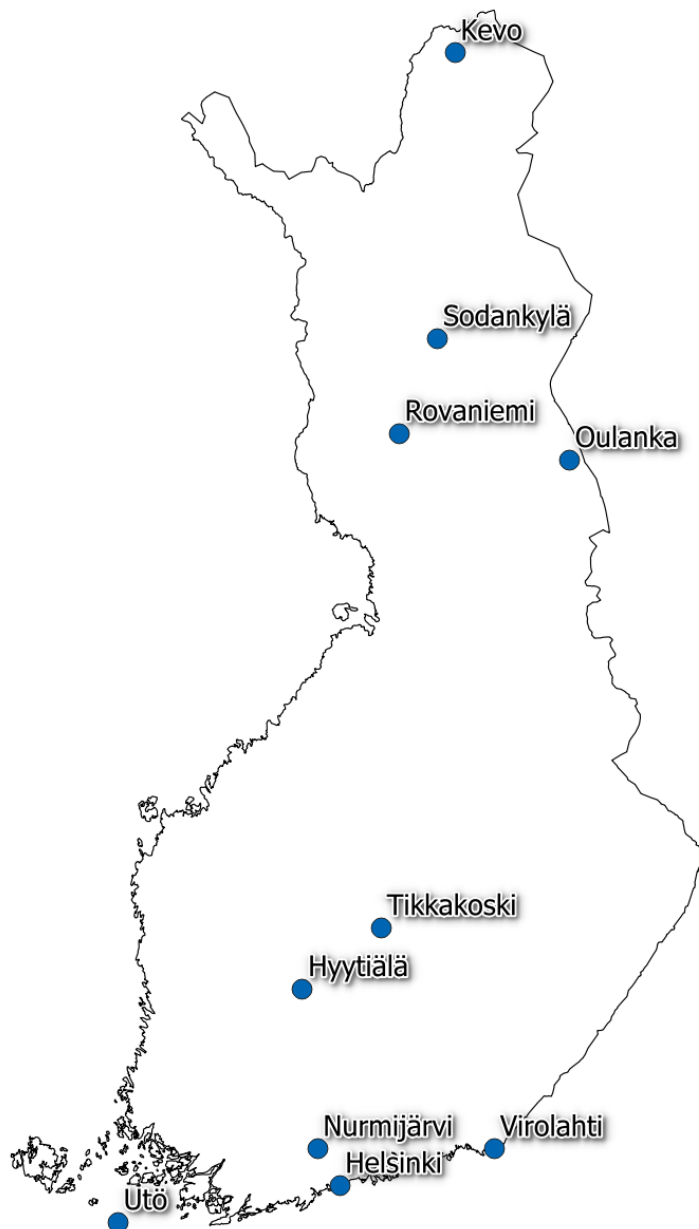
Filters of the samplers operating on a weekly cycle are changed every Monday at 06 UTC. The sampling equipment uses two rectangular paper or glass fibre filters with a filtering area of 120 mm x 140 mm. The weekly air volumes are 800 m<sup>3</sup> and 4000 m<sup>3</sup> for paper and glass fibre filters, respectively.

### Measurements

The gross beta activity content of the filters is measured five days after the end of sampling when the short-lived radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) daughters have decayed to  $^{210}\text{Pb}$  and the thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) daughters have decayed to stable  $^{208}\text{Pb}$ . Therefore, the measured gross beta activity consists of  $^{210}\text{Pb}$  and possible artificial beta emitters. The measurements are carried out with an automatic alpha/beta analyser equipped with proportional counters as detectors.

## Results

The observed gross beta activity concentrations at ten monitoring stations in 2023 are presented in figure 4.8. The curves are essentially records of the concentration of  $^{210}\text{Pb}$ , the long-lived daughter nuclide of the radioactive noble gas  $^{222}\text{Rn}$  which enters the atmosphere by diffusion from the ground. Concentration of  $^{210}\text{Pb}$  depends mainly on the stability and origin of the air masses at the site. The highest concentrations are associated with continental air masses. By contrast, the lowest concentrations are associated with maritime and Arctic air masses because in these areas there are practically no sources of radon. No exceptional beta activity in outdoor air was detected in 2023 within the FMI's monitoring programme.



**Kuva 4.6.** Seuranta-asemat vuonna 2023.

**Bild 4.6.** Bevakningsstationerna under året 2023.

**Fig. 4.6.** Monitoring stations in 2023.

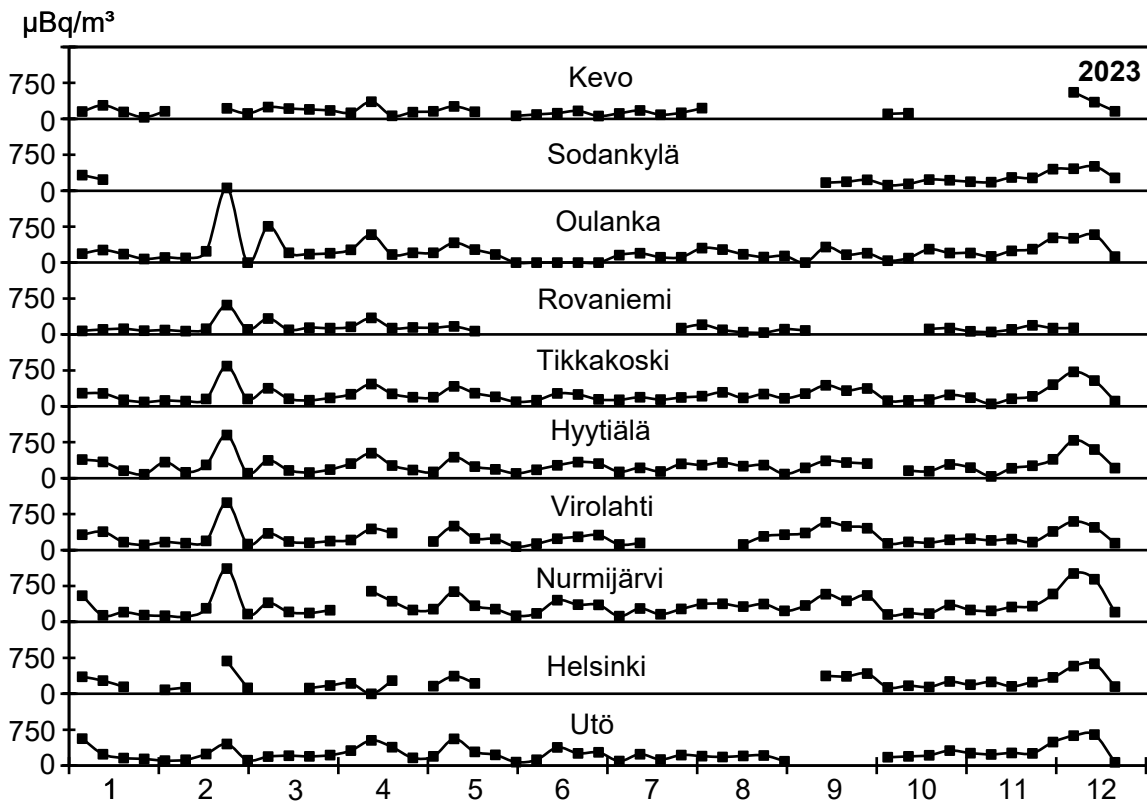




**Kuva 4.7.** Ilmatieteen laitoksen havaintoasema Utössä (Kuva: Jussi Paatero).

**Bild 4.7.** Meteorologiska institutets observationsstation på Utö (Foto: Jussi Paatero).

**Fig. 4.7.** The Finnish Meteorological Institute's monitoring station at Utö (Photo: Jussi Paatero).



**Kuva 4.8.** Aerosolin pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden pitoisuudet ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) vuonna 2023.

**Bild 4.8.** Koncentrationer ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) av långlivad betaaktivitet i aerosoler år 2023.

**Fig. 4.8.** Concentrations of aerosol-bound long-lived gross beta activity ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) in 2023.

#### **Ulkoilman gamma-aktiivisuus**

Yhteyshenkilö: Tero Karhunen, Säteilyturvakeskus ([tero.karhunen@stuk.fi](mailto:tero.karhunen@stuk.fi))

Kontaktperson: Tero Karhunen, Strålsäkerhetscentralen ([tero.karhunen@stuk.fi](mailto:tero.karhunen@stuk.fi))

Contact person: Tero Karhunen, Radiation and Nuclear Safety Authority ([tero.karhunen@stuk.fi](mailto:tero.karhunen@stuk.fi))

#### **Ulkoilman beeta-aktiivisuus**

Yhteyshenkilö: Jussi Paatero, Ilmatieteen laitos ([jussi.paatero@fmi.fi](mailto:jussi.paatero@fmi.fi))

Kontaktperson: Jussi Paatero, Meteorologiska institutet ([jussi.paatero@fmi.fi](mailto:jussi.paatero@fmi.fi))

Contact person: Jussi Paatero, Finnish Meteorological Institute ([jussi.paatero@fmi.fi](mailto:jussi.paatero@fmi.fi))

# 5 Laskeuman radioaktiiviset aineet

Jani Turunen

Radioaktiivisella laskeumalla tarkoitetaan hiukkasina (pölynä) tai sadeveden mukana maahan ja veteen laskeutuneita radioaktiivisia aineita. Laskeumanäytteiden analysointi antaa tietoa eri puolille maata tulevien radioaktiivisten aineiden määrästä ja on lähtökohta selvityksille ja tutkimuksille, jotka käsittelevät radioaktiivisten aineiden kulkeutumista maa- ja vesiympäristössä.

## Näytteiden keräys

Laskeumanäytteitä kerätään jatkuvasti samoilla kahdeksalla paikalla kuin ilmanäytteitä (kuva 4.1). Näytteen keräysjakso on tavallisesti yksi kuukausi. Laskeumanäytteet kerätään ruostumattomasta teräksestä valmistetulla laitteella, jonka keräysala on 0,07 m<sup>2</sup> (kuva 4.2). Laite ei erota sateen mukana tullutta märkää laskeumaa ja kuivaa laskeumaa toisistaan, vaan kerää ne yhteen. Talviajan näytteiden keruun helpottamiseksi laitteessa on lämmitysvastus, mikä pitää näytteen sulana ja varmistaa sen, että kaikki keräysastiaan satanut lumi tulee mukaan näytteeseen.

## Näytteiden käsittely ja analysointi

Gammamittaukseen menevät näytteet yhdistetään neljännesvuosinäytteiksi ja <sup>90</sup>Sr määritetään yhdistetystä vuosinäytteestä. Näytteisiin lisätään stabiilia strontiumia ja cesiumia kantaja-aineiksi ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölamppujen alla ja haihdutusjäännökset tuhitetaan. Gammasäteilyä lähettävät keinotekoiset radioaktiiviset aineet analysoidaan tuhitetusta näytteestä gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen <sup>90</sup>Sr määritetään tytärnuklidinsa <sup>90</sup>Y:n kautta matalataustaisella nestetuikespektrometrilla.

Kahden aseman sadevesinäytteistä määritetään lisäksi tritiumpitoisuudet (<sup>3</sup>H). Näytteet tislataan ja <sup>3</sup>H mitataan nestetuikespektrometrilla.

## Tulokset

Vuoden 1986 jälkeen laskeumanäytteissä havaitut <sup>137</sup>Cs ja <sup>90</sup>Sr ovat peräisin pääasiassa Tšernobylin onnettomuudesta. Laskeuman mukana tulleet radioaktiiviset aineet liikkuvat paikallisesti ja pieni osa niistä saattaa joutua uudelleen ilmaan.

Taulukossa 5.1 on esitetty <sup>137</sup>Cs- ja <sup>90</sup>Sr-laskeumat vuonna 2023. Laskeumat eri paikkakunnilla olivat pienet ja useilla asemilla alle havaitsemisrajan. Yleisimmin käytetyillä mittausajoilla <sup>137</sup>Cs:n havaitsemisraja on noin 0,1 Bq/m<sup>2</sup>. Havaitsemista voidaan parantaa pidentämällä mittausaikaa. <sup>90</sup>Sr:n havaitsemisraja on noin 0,08 Bq/m<sup>2</sup>. Kuvassa 5.1 on <sup>137</sup>Cs- ja <sup>90</sup>Sr-laskeumat pääkaupunki-seudulla vuodesta 1960 alkaen ja kuvassa 5.2 on <sup>137</sup>Cs- ja <sup>90</sup>Sr-laskeumat Rovaniemen seudulla vuodesta 1972 alkaen. Ennen vuotta 1986 laskeumassa havaitut radioaktiiviset aineet ovat peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvissa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Sadeveden tritiumpitoisuudet vuonna 2023 olivat pienet, välillä 1 – 2 Bq/l tai alle havaitsemisrajan (kuva 5.3).

# 5 Radioaktiva ämnen i nedfall

Jani Turunen

Med radioaktivt nedfall avses radioaktiva ämnen som fallit ner på marken eller i vattnet som dammkorn eller i form av regn. Genom att analysera nedfallsprov får man uppgifter om mängden av radioaktiva ämnen på olika håll i landet. Dessa uppgifter är en utgångspunkt för forskning och avveckling om vandringen av radioaktiva ämnen i marken och i vattendrag.

## Provtagning

Nedfallsprov insamlas fortlöpande på samma åtta orter där man tar luftprov (bild 4.1). Provtagningen pågår vanligtvis en månad åt gången. Nedfallsproven tas med en apparat av rostfritt stål med en uppsamlingsyta på 0,07 m<sup>2</sup> (bild 4.2). Apparaten skiljer inte på torrt nedfall och vått nedfall som kommit med regn, utan proven slås ihop. På vintern underlättas provtagningen av ett uppvärmningsmotstånd i apparaten, vilket håller provet i smält form och garanterar att all snö som faller på provkärlet kommer med i provet.

## Hantering och analys av proven

De prov som mäts för gammastrålning sammanslås kvartalsvis och <sup>90</sup>Sr-proven årsvis. Man tillsätter stabilt strontium och cesium som bärare och proven försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. De konstgjorda radioaktiva ämnen som ger gammastrålning analyseras med gammaspektrometer ur de föraskade proven. Strontium avskiljs från proven med extraktionskromatografi, varefter mängden <sup>90</sup>Sr bestäms genom att mäta dotternukliden <sup>90</sup>Y i en vätskescintillationsspektrometer med låg bakgrundsstrålning.

På regnvattenprov från två stationer bestäms även tritium-halten (<sup>3</sup>H). Proven destilleras och <sup>3</sup>H-halten mäts med vätskescintillationsspektrometer.

## Resultat

<sup>137</sup>Cs och <sup>90</sup>Sr som man sett i nedfallsproven efter 1986 härrör huvudsakligen från Tjernobylyolyckan. De radioaktiva ämnen som kommit med nedfallet rör sig lokalt och en liten del av dem hamnar på nytt i luften.

I tabell 5.1 visas nedfallet av <sup>137</sup>Cs och <sup>90</sup>Sr år 2023. Det månatliga nedfallet på de olika orterna var små, vid många mätstationer under detektionsgränsen. Med de vanligaste mättiderna blir detektionsgränsen för <sup>137</sup>Cs 0,1 Bq/m<sup>2</sup>. Detektionsmöjligheterna kan förbättras genom att förlänga mättiden. Detektionsgränsen för <sup>90</sup>Sr är ungefär 0,08 Bq/m<sup>2</sup>. Bild 5.1 visar nedfallet av <sup>137</sup>Cs och <sup>90</sup>Sr i huvudstadsregionen från år 1960 och bild 5.2 visar nedfallet av <sup>137</sup>Cs och <sup>90</sup>Sr i Rovaniemiregionen från år 1972. Nedfallet före år 1986 härrör från kärnvapenprov i atmosfären. Typiskt för detta nedfall är årstidsvariationerna som framgår av bilden. Regnvattens tritiumhalterna var låga år 2023, mellan 1 – 2 Bq/l eller under observationsgränsen (bild 5.3).

# 5 Radionuclides in deposition

*Jani Turunen*

Radioactive substances can be deposited as dry deposition or as wet deposition with rain. The analyses of deposition samples provide information on the regional distribution of deposited radionuclides and establish a basis for research and disquisitions concerning the transfer of radioactive substances in terrestrial and aquatic environments.

## Sampling

Deposition samples are collected continuously at eight sites, which are the same sites as for air sampling (Fig. 4.1). The usual sampling period is one month. The sampling collectors are made of stainless steel with a surface area of 0.07 m<sup>2</sup> (Fig. 4.2). The deposition samplers do not separate wet and dry deposition, and these are collected. To facilitate sampling in wintertime, there is a light heating resistor inside the collector that melts the snow and ice accumulated in the funnel thus ensuring it is included in the sample.

## Pre-treatment and analyses

Gamma-emitting nuclides are analyzed from combined quarterly samples and <sup>90</sup>Sr from combined annual samples.

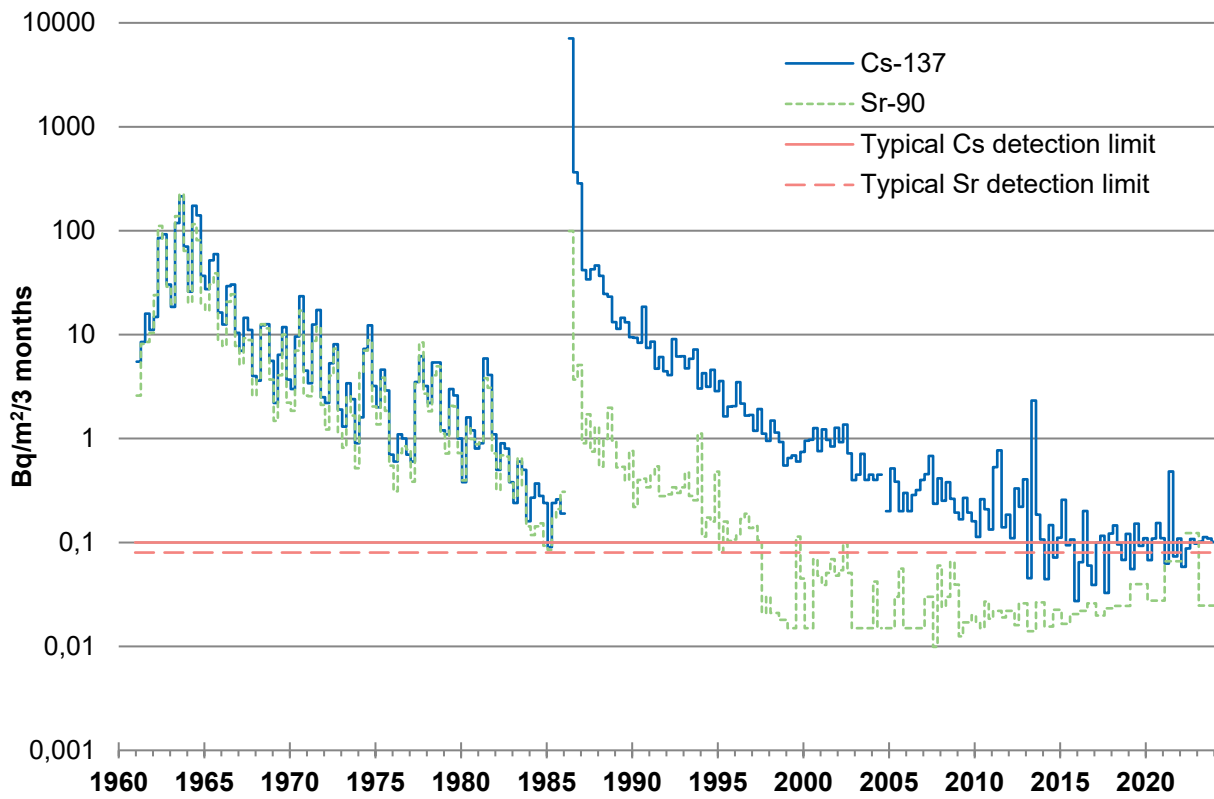
Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples and the samples are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps and the residues are ashed. The ashed samples are analyzed for artificial gamma-emitting radionuclides with gamma spectrometers. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and thereafter <sup>90</sup>Sr is determined via its daughter nuclide <sup>90</sup>Y, which is measured with a low background liquid scintillation spectrometer.

In addition, the tritium (<sup>3</sup>H) concentrations in rainwater samples are determined from two stations. The samples are distilled and then measured with liquid scintillation spectrometry.

## Results

The <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr observed in the deposition samples after 1986 originate mainly from the Chernobyl accident. The deposited radionuclides circulate locally, and small amounts may end up back in the air.

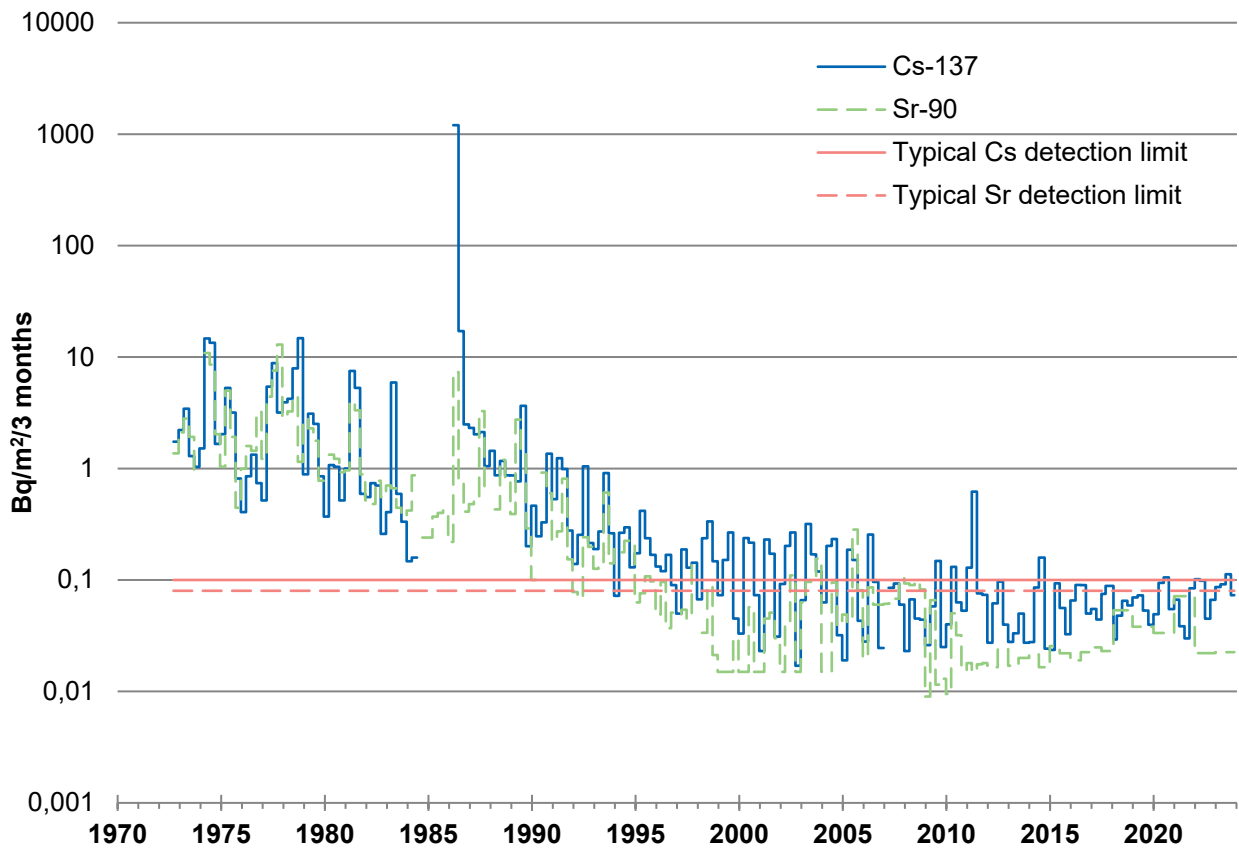
Table 5.1 shows the depositions of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in 2023. The depositions at the different sites were low and at some stations these were below the detection limit. The most used counting times give <sup>137</sup>Cs a detection limit of approximately 0.1 Bq/m<sup>2</sup>. The detection limit can be lowered using longer counting times. The detection limit of <sup>90</sup>Sr is approximately 0.08 Bq/m<sup>2</sup>. Figure 5.1 presents the depositions of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in the Capital Region since 1960 and figure 5.2 presents the depositions of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in the Rovaniemi area since 1972. Before 1986 regular seasonal fluctuation is typical of this stratospheric deposition, as figure 5.1 illustrates. In 2023, the concentrations of tritium in rainwater were low, between 1 – 2 Bq/l or below the detection limit (Fig. 5.3).



**Kuva 5.1.**  $^{137}\text{Cs}$ - ja  $^{90}\text{Sr}$ -laskeumat pääkaupunkiseudulla 1960 – 2023.

**Bild 5.1.** Nedfall av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  i huvudstadsregionen, 1960 till 2023.

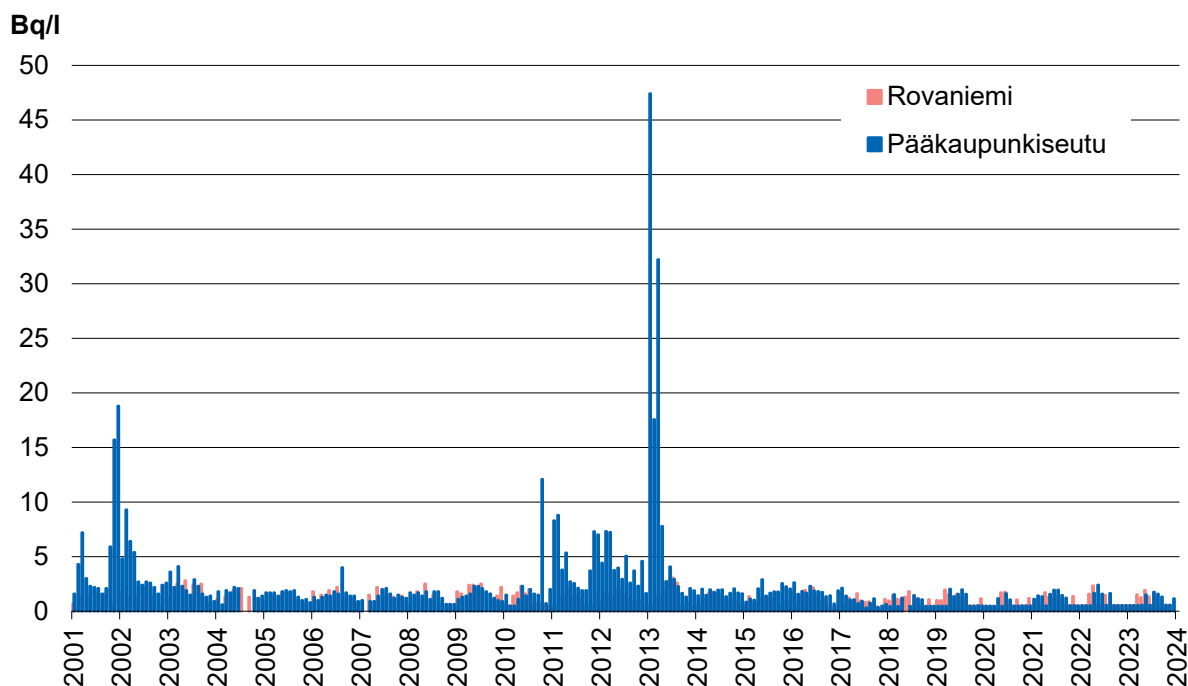
**Fig. 5.1.** Depositions of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the Capital Region, 1960 – 2023.



**Kuva 5.2.**  $^{137}\text{Cs}$ - ja  $^{90}\text{Sr}$ -laskeumat Rovaniemellä 1972 – 2023.

**Bild 5.2.** Nedfall av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  i Rovaniemi, 1972 till 2023.

**Fig. 5.2.** Depositions of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in Rovaniemi, 1972 – 2023.



**Kuva 5.3.** Tritiumpitoisuudet (Bq/l) pääkaupunkiseudun ja Rovaniemen sadevesinäytteissä 2001 – 2023.

**Bild 5.3.** Halter av tritium (Bq/l) i regnvatten i huvudstadsregionen och i Rovaniemi, 2001 till 2023.

**Fig. 5.3.** Activity concentrations (Bq/l) of tritium ( $^3\text{H}$ ) in rainwater in the Capital Region and Rovaniemi, 2001 – 2023.

**Taulukko 5.1.**  $^{137}\text{Cs}$ -laskeumien neljännesvuosi- ja  $^{90}\text{Sr}$ -laskeumien vuosisummat eri paikkakunnilla vuonna 2023 ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ).

**Tabell 5.1.** Nedfall av  $^{137}\text{Cs}$  under kvartalen och  $^{90}\text{Sr}$  under året på olika orter år 2023 ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ).

**Table 5.1.** Quarterly depositions of  $^{137}\text{Cs}$  and annual depositions of  $^{90}\text{Sr}$  at various stations in 2023 ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ).

	$^{137}\text{Cs}$				$^{90}\text{Sr}$
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	Annual
Imatra	0,23	0,44	0,18	0,40	0,65
Ivalo	<0,08	0,09	0,11	0,08	<0,05
Kajaani	0,06	0,17	0,19	<0,11	0,11
Kotka	0,27	1,5	0,55	0,27	0,09
Kuopio	<0,10	0,18	0,10	0,08	<0,05
Rovaniemi	0,09	0,09	0,11	0,07	<0,05
Sodankylä	<0,06	0,13	0,11	0,10	<0,04
Vantaa	0,10	0,11	0,11	0,10	<0,05

Yhteyshenkilö: Jani Turunen, Säteilyturvakeskus ([jani.turunen@stuk.fi](mailto:jani.turunen@stuk.fi))

Kontaktperson: Jani Turunen, Strålsäkerhetscentralen ([jani.turunen@stuk.fi](mailto:jani.turunen@stuk.fi))

Contact person: Jani Turunen, Radiation and Nuclear Safety Authority ([jani.turunen@stuk.fi](mailto:jani.turunen@stuk.fi))



# 6 Pintaveden radioaktiiviset aineet

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Pintaveden radioaktiivisia aineiden säännöllisellä seurannalla saadaan tietoa aineiden ajallisesta käyttäytymisestä. Eri vesistöalueilta otetut näytteet antavat kuvan radionuklidien alueellisesta vaihtelusta Suomessa.

## Näytteenotto

Pintavesinäytteitä otetaan kerran vuodessa, keväällä tai syksyllä, neljän suuren joen, Kymijoen, Kokemäenjoen, Oulujoen ja Kemijoen suista (kuva 6.1). Vuonna 2023 näytteet otettiin syksyllä.

## Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa näytteisiin lisätään stabiilia strontiumia ja cesiumia kantaja-aineiksi, ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölamppujen alla kuiviin, jonka jälkeen ne tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä määritetään gammaspektrometrisesti  $^{137}\text{Cs}$  sekä myös muut tällä menetelmällä määritettävissä olevat nuklidit, jos niitä näytteestä voidaan havaita. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, ja  $^{90}\text{Sr}$  mitataan nestetuikespektrometrillä.

## Tulokset

Tšernobylin laskeuman epätasainen alueellinen jakautuminen sekä  $^{137}\text{Cs}$ :n ja  $^{90}\text{Sr}$ :n erilainen käyttäytyminen vesiympäristössä näkyy edelleen pintavesien tuloksissa. Toisin kuin Tšernobyllaskeuma, ydinkoelaskeuma jakautui Suomeen lähes tasaisesti. Ydinkoelaskeuman vaikutukset näkyvät yhä Pohjois-Suomen joissa.

Kymijoessa  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet ovat edelleen korkeammat kuin  $^{90}\text{Sr}$ -pitoisuudet, koska sen valuma-alueelle keväällä 1986 tullut  $^{137}\text{Cs}$ -laskeuma oli huomattavasti suurempi kuin sinne tullut  $^{90}\text{Sr}$ -laskeuma. Sen sijaan Kemijoessa ja Oulujoessa, joiden valuma-alueille  $^{137}\text{Cs}$ :a tuli huomattavasti vähemmän kuin Kymijoen alueelle, vedestä nopeammin vähenevän  $^{137}\text{Cs}$ :n pitoisuudet ovat jo samalla tasolla tai pienemmät kuin hitaammin vedestä poistuvan  $^{90}\text{Sr}$ :n.

Vuonna 2023 Kymijoen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus oli 10-kertainen ja  $^{90}\text{Sr}$ -pitoisuus noin 2-kertainen Kemijoen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna (kuva 6.1). Kymijoen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus oli myös korkeampi kuin Kokemäenjoen ja Oulujoen. Pintavesien  $^{137}\text{Cs}$ - ja  $^{90}\text{Sr}$ -aktiivisuuspitoisuudet olivat samaa tasoa kuin edellisinäkin vuosina. Kymijoen pitoisuudet olivat nousseet hieman edellisvuoteen verrattuna.

# 6 Radioaktiva ämnen i ytvatten

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Genom att regelbundet analysera radioaktiva ämnen i ytvattnet får man information om förekomsten av dessa ämnen i vattenmiljön under olika tidpunkter. Prov från olika vattendrag ger en bild av radionuklidernas regionala variation.

## Provtagning

Ytvattenprov tas en gång om året på våren eller på hösten vid mynningen av fyra stora älvar; Kymmene älv, Kumo älv, Ule älv och Kemi älv (bild 6.1). Under 2023 togs prover på hösten.

## Hantering och analys av proven

I laboratoriet tillsätts strontium- och cesiumbärare till proven och proven försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. Ur de föraskade proven analyseras  $^{137}\text{Cs}$  med gammaskpektrometer och även andra nuklider som kan analyseras med denna metod, om sådana kan upptäckas i proven. Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter mängden  $^{90}\text{Sr}$  bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

## Resultat

Halten av radioaktiva ämnen i ytvattnet visar den ojämna regionala fördelningen av nedfallet från Tjernobyli samt att  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  beter sig olika i vattenmiljö. Till skillnad från Tjernobylnedfallet fördelade sig nedfallet från kärnvapenprov nästan jämnt över hela Finland. Dess påverkan syns fortfarande i resultaten från älvarna i norra Finland.

Eftersom nedfallet av  $^{137}\text{Cs}$  på Kymmene älvs avrinningsområde år 1986 var betydligt större än motsvarande nedfall av  $^{90}\text{Sr}$ , är halterna av  $^{137}\text{Cs}$  i Kymmene älv fortfarande högre än halterna av  $^{90}\text{Sr}$ . I Kemi och Ule älvar däremot, på vars avrinningsområde nedfallet av  $^{137}\text{Cs}$  var betydligt mindre än i Kymmene älv, är halterna av  $^{137}\text{Cs}$  redan nu på samma nivå eller lägre än halterna av  $^{90}\text{Sr}$ , som försvinner långsammare från vatten än  $^{137}\text{Cs}$ .

År 2023 var  $^{137}\text{Cs}$ -halterna i Kymmene älv 10-faldiga och  $^{90}\text{Sr}$ -halterna cirka tvåfaldiga jämfört med motsvarande halter i Kemi älv (bild 6.1). Halterna av  $^{137}\text{Cs}$  i Kymmene älv var högre än i Kumo och Ule älv. Aktivitetskoncentrationerna av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  i ytvattnen var på samma nivå som tidigare år. Halterna i Kymmene älv hade växt jämfört med föregående år.

# 6 Radioactive substances in surface water

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

The continuous analysis of radioactive substances in surface water produces information on the temporal behaviour of radionuclides in aquatic environments. Samples taken from different water systems show the regional variation in the concentrations of radionuclides.

## Sampling

Samples of surface water are taken once a year either in spring or in autumn from the mouths of four major rivers in Finland, Kymijoki, Kokemäenjoki, Oulujoki and Kemijoki (Fig. 6.1). In 2023, sampling was carried out in the autumn.

## Pre-treatment and analyses

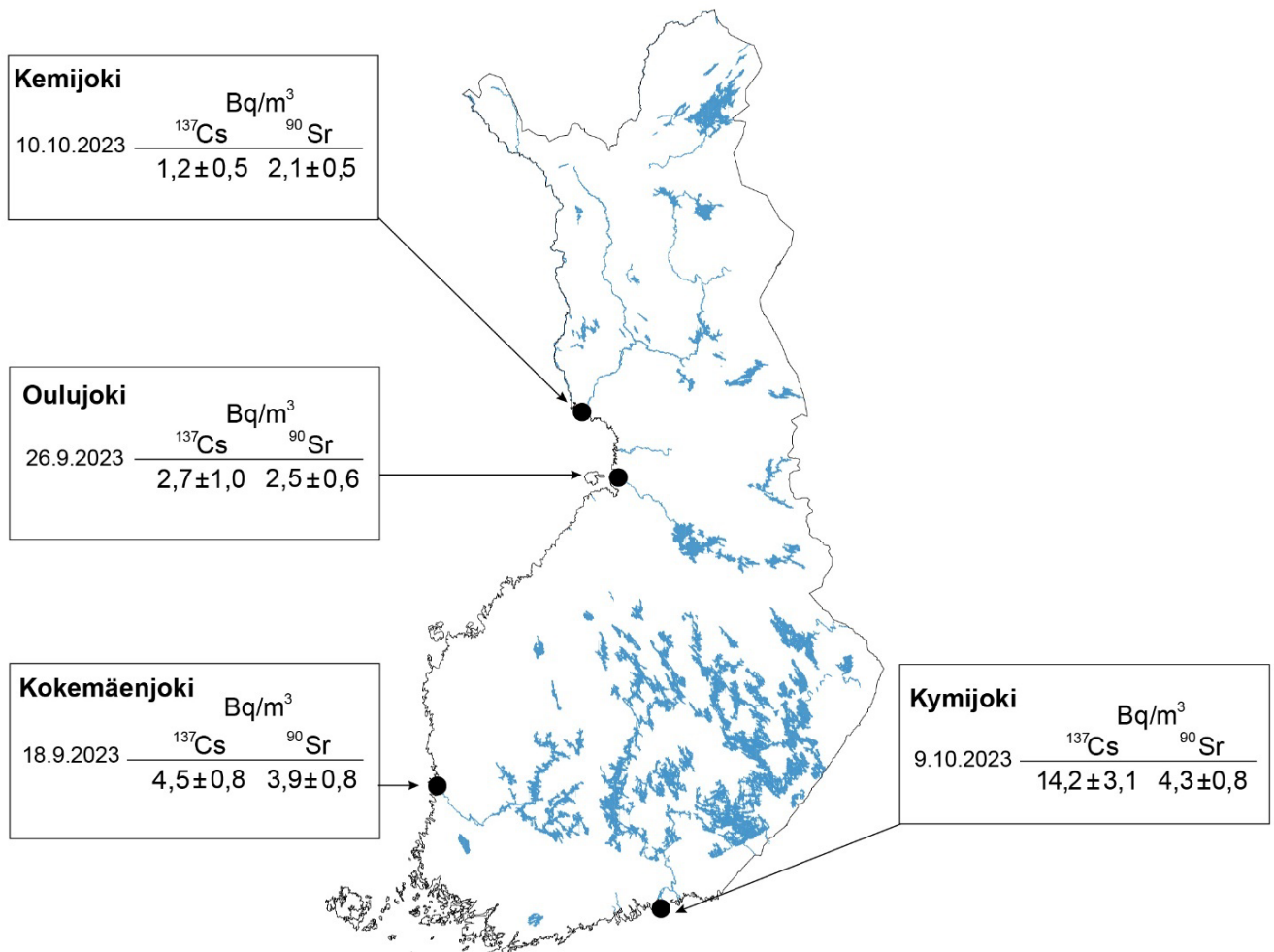
In the laboratory, known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps, after which the dry residues are ashed. From ashed samples,  $^{137}\text{Cs}$  is analysed using gamma spectrometry, which is also used to analyse all other nuclides that can be studied with this method if it is possible to detect them in the samples. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and  $^{90}\text{Sr}$  is measured with a liquid scintillation spectrometer.

## Results

The results of the surface water analyses show the uneven regional distribution of the Chernobyl fallout and the different behaviour of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in an aquatic environment. The fallout from nuclear weapon tests was quite evenly distributed throughout Finland. Its traces are still observed in the river water from northern Finland.

The  $^{137}\text{Cs}$  deposition in spring 1986 in the catchment area of the River Kymijoki was considerably higher than the  $^{90}\text{Sr}$  deposition. Therefore, the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the water of this river is still higher than that of  $^{90}\text{Sr}$  despite the faster decrease of  $^{137}\text{Cs}$ . In contrast, the concentrations of  $^{137}\text{Cs}$ , which disappear from water more quickly, in the Kemijoki and Oulujoki rivers where the catchment areas receive significantly less  $^{137}\text{Cs}$  than in the Kymijoki area, are already at the same level or lower than the concentrations of  $^{90}\text{Sr}$ , which disappear more slowly from water.

The activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in the River Kymijoki were 10 times higher and the concentrations of  $^{90}\text{Sr}$  two times higher than the respective contents in Kemijoki (Fig. 6.1) in 2023.  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the River Kymijoki were also higher than in the River Kokemäenjoki and Oulujoki. The  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  activity concentrations in surface waters were at the same levels as in previous years. Compared to the previous year, concentrations were increased for the Kymijoki river.



**Kuva 6.1.** Pintaveden näytteenottoaikat ja näytteiden  $^{137}\text{Cs}$ - ja  $^{90}\text{Sr}$ -aktiivisuuspitoisuudet (Bq/m<sup>3</sup>) epävarmuuksineen ( $2\sigma$ ) vuonna 2023.

**Bild 6.1.** Provtagningsplatser för ytvatten samt aktivitetskoncentrationer av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/m<sup>3</sup>) med osäkerheter ( $2\sigma$ ) år 2023.

**Fig. 6.1.** Surface water sampling sites and the  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  activity concentrations (Bq/m<sup>3</sup>) of samples, and related uncertainty ( $2\sigma$ ), in 2023.

Yhteyshenkilö: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

# 7 Talousveden radioaktiiviset aineet

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Talousveden radioaktiivisuutta seurataan keinotekoisista radioaktiivisista aineista ihmiselle aiheutuvan säteilyaltistuksen arvioimiseksi. Keinotekoisia radioaktiivisia aineita esiintyy yleensä vain pintavedestä tehdyssä talousvedessä. Talousveden  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{90}\text{Sr}$  ovat peräisin pääosin Tšernobyl-laskeumasta ja tritium ( $^3\text{H}$ ) ilmakehässä suoritetuista ydinasekokeista. Suuremman säteilyaltistuksen Suomessa aiheuttavat talousvesissä esiintyvät luonnon radioaktiiviset aineet, joiden enimmäispitoisuuksille vesilaitosten jakamassa vedessä on asetettu enimmäisarvot sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1352/2015.

## Näytteenotto

Talousvesinäytteet otetaan kerran vuodessa Oulun, Rovaniemen, Tampereen, Turun ja Vantaan vesijohtovedestä (kuva 7.1).

## Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteistä otetaan ensin osanäytteet  $^3\text{H}$ :n aktiivisuuspitoisuuden määrittämistä varten. Loppuosaan näytteitä lisätään strontium- ja cesiumkantajat ja ne tehdään typpihapolla happamiksi. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölamppujen alla ja haihdutusjäännökset tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä analysoidaan  $^{137}\text{Cs}$  gammaspetrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen  $^{90}\text{Sr}$  mitataan nestetuikespektrometrilla.  $^3\text{H}$  määrittämistä varten näyte tislataan epäpuhtauksien poistamiseksi.  $^3\text{H}$  määritetään mittaamalla tislattu näyte nestetuikespektrometrilla.

## Tulokset

Kaikkien näytteiden  $^{90}\text{Sr}$ - ja  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet olivat vuonna 2023 pienet vaihdellen välillä alle 0,0002 – 0,008 Bq/l (kuva 7.1). Turussa näytteiden  $^{90}\text{Sr}$ - ja  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan. Havaitsemisraja  $^{137}\text{Cs}$ :lle on noin 0,0002 – 0,0003 Bq/l ja  $^{90}\text{Sr}$ :lle 0,0002 Bq/l. Paikkakuntien väliset radionuklidien pitoisuuserot johtuvat sekä erilaisesta Tšernobyl-laskeumasta alueilla että raakavetenä käytettyjen pinta- ja pohjavesien määrästä. Tampereen raakavesi sisältää sekä pinta- että pohjavettä. Rovaniemellä käytetään yksinomaan pohjavettä. Pääkaupunkiseudulla ja Oulussa talousvesi on lähes kokonaan pintavettä. Turussa talousvesi on tekopohjavettä.

Oulun, Tampereen ja Vantaan näytteiden  $^3\text{H}$ -pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan 1,1 Bq/l. Rovaniemen ja Turun tritiumpitoisuudet olivat 1,2 – 1,5 Bq/l. Pitoisuudet ovat paljon pienempiä kuin Euroopan neuvoston direktiivissä (98/83/EY) tai sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (1352/2015) talousveden  $^3\text{H}$  asetettu enimmäisarvo 100 Bq/l (kuva 7.1).

## Säteilyannokset

Talousveden  $^3\text{H}$ :sta,  $^{90}\text{Sr}$ :sta ja  $^{137}\text{Cs}$ :sta yhteensä aiheutuva säteilyannos oli erittäin pieni ja vaihteli välillä 0,00003 – 0,00018 mSv eri paikkakunnilla vuonna 2023; Vantaalla se oli 0,00018 mSv, Oulussa 0,0007 mSv, Tampereella 0,00013 mSv, Rovaniemellä ja Turussa 0,00003 mSv. Vantaalla  $^3\text{H}$ :n osuus talousveden aiheuttamasta säteilyannoksesta oli vain 8 %, loppuosa aiheutui  $^{137}\text{Cs}$ :sta (43 %) ja  $^{90}\text{Sr}$ :sta (49 %).  $^3\text{H}$ :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Rovaniemellä, noin 61 % ja Turussa, noin 74 % ja  $^{90}\text{Sr}$ :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Oulussa, noin 60 % ja Tampereella, noin 58 %. Arviossa on talousveden veden kulutukseksi oletettu 2 litraa päivässä.

# 7 Radioaktiva ämnen i hushållsvatten

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Radioaktiviteten i hushållsvatten följs upp för att bedöma exponeringen av människor för strålning från artificiella radioaktiva ämnen. Artificiella radioaktiva ämnen förekommer i allmänhet endast i hushållsvatten som är framställt av ytvatten.  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  i hushållsvatten härrör huvudsakligen från nedfallet efter olyckan i Tjernobyl och tritium ( $^3\text{H}$ ) härrör från kärnvapenprov i atmosfären. Den största strålningsexponeringen av hushållsvatten i Finland orsakas dock av naturliga radioaktiva ämnen, för vilka gränsvärden har fastställts i social- och hälsovårdsministeriets förordning 1352/2015.

## Provtagning

Hushållsvattenprov tas en gång om året ur vattenledningarna i Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors, Åbo och Vanda (bild 7.1).

## Hantering och analys av proven

Ur proven tar man först delprov för att bestämma halten av  $^3\text{H}$ . Till resten av provet tillsätts Sr- och Cs-bärare och provet försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. Ur de föraskade proven analyseras  $^{137}\text{Cs}$  med gammaspektrometer. Strontium avskiljs ur provet med extraktionskromatografisk metod och halten av  $^{90}\text{Sr}$  mäts med vätskescintillationsspektrometer. För att bestämma tritium destilleras provet så att orenheter avlägsnas. Halten av  $^3\text{H}$  bestäms genom att mäta det destillerade provet med vätskescintillationsspektrometer.

## Resultat

Halterna av  $^{90}\text{Sr}$  och  $^{137}\text{Cs}$  i alla hushållsvattenprov var låga år 2023 och varierade mellan under 0,0002 och 0,008 Bq/l (bild 7.1). I Åbo var halterna av  $^{90}\text{Sr}$  och  $^{137}\text{Cs}$  under detektionsnivån. Detektionsnivån för  $^{137}\text{Cs}$  var cirka 0,0002 – 0,0003 Bq/l och cirka 0,0002 Bq/l för  $^{90}\text{Sr}$ . Skillnaderna mellan halterna i hushållsvatten på olika orter beror på skillnader i Tjernobylnedfallet samt på att mängderna ytvatten och grundvatten i råvattnet är olika. Råvattnet för hushållsvatten i Tammerfors innehåller både ytvatten och grundvatten. I Rovaniemi används enbart grundvatten. I huvudstadsregionen och Uleåborg är hushållsvattnet nästan helt och hållet ytvatten. Hushållsvattnet i Åbo är konstgjort grundvatten.

I Uleåborg, Tammerfors och Vanda var halterna av  $^3\text{H}$  var under detektionsnivån 1,1 Bq/l. I Rovaniemi och Åbo var halterna av  $^3\text{H}$  1,2 – 1,5 Bq/l och låg alltså mycket under gränsvärdet enligt Europarådets direktiv (98/83/EG) och social- och hälsovårdsministeriets förordning (1352/2015) som anger gränsvärdet 100 Bq/l för  $^3\text{H}$  i hushållsvatten (bild 7.1).

## Stråldoser

Den sammanlagda stråldosen orsakad av  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{S}$  och  $^{137}\text{Cs}$  i hushållsvatten var mycket liten och varierade mellan 0,00003 och 0,00018 mSv på olika orter år 2023; i Vanda var dosen 0,00018 mSv, i Uleåborg 0,0007 mSv, i Tammerfors 0,00013 mSv och i Rovaniemi och Åbo 0,00003 mSv. I Vanda orsakade  $^3\text{H}$  cirka 8 procent av dosen; resten var orsakad av  $^{137}\text{Cs}$  (43 %) och  $^{90}\text{Sr}$  (49 %). Andelen av  $^3\text{H}$  av dosen var störst i Rovaniemi, cirka 61 procent, och Åbo, cirka 74 procent; andelen av  $^{90}\text{Sr}$  var störst i Uleåborg, cirka 60 procent, och Tammerfors, cirka 58 procent. Hushållsvattenkonsumtionen har antagits vara två liter per dygn.

# 7 Radioactive substances in household water

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

The radioactivity of domestic water is monitored to assess human exposure to artificial radioactive substances. Artificial radioactive substances are usually only present in domestic water that comes from surface water. Cesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) and strontium ( $^{90}\text{Sr}$ ) observed in household water mainly originate from the fallout from the Chernobyl disaster, whereas tritium ( $^3\text{H}$ ) originates from the atmospheric nuclear weapon tests. Most radiation exposure via household water in Finland is caused by radioactive substances found in nature. The maximum concentrations for these substances in water distributed by water utilities are laid down in a Decree by the Ministry of Social Affairs and Health (1352/2015).

## Sampling

Domestic water samples are collected once a year from tap water in Oulu, Rovaniemi, Tampere, Turku and Vantaa (Fig. 7.1).

## Pre-treatment and analysis

First, a subsample is taken from the samples for  $^3\text{H}$  analysis. Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the rest of the samples, which are then acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps and by ashing the dry residues. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers on the ashed samples. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, after which  $^{90}\text{Sr}$  is measured with a liquid scintillation spectrometer. The samples for  $^3\text{H}$  analysis are distilled until dry to remove any impurities.  $^3\text{H}$  is determined by measuring the distilled samples with a liquid scintillation spectrometer.

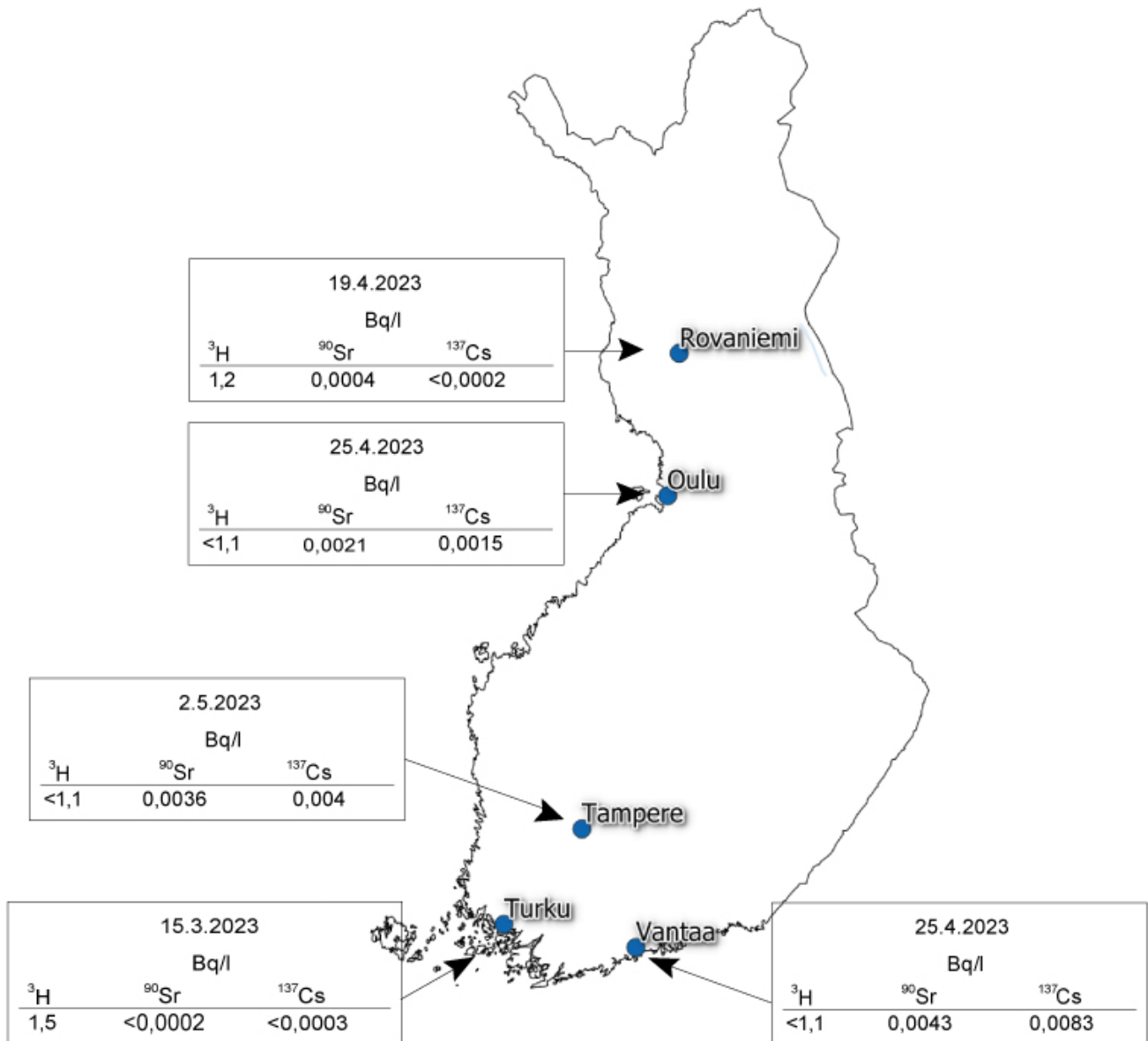
## Results

In 2023, the  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in all samples were minor, ranging from under 0.0002 to 0.008 Bq/l (Fig. 7.1). In Turku, the  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the samples were below the detection limit. The detection limits for  $^{137}\text{Cs}$  were approximately 0.0002 – 0.0003 Bq/l and for  $^{90}\text{Sr}$  0.0002 Bq/l. The differences between the sites are due to differences in Chernobyl deposition in the areas and the divergent amounts of surface and ground water used as raw water. In Tampere, the raw water contains both surface water and groundwater. In Rovaniemi, only groundwater is used. The domestic water in the Helsinki region and in Oulu is drawn almost exclusively from surface water. In Turku, the domestic water is drawn from artificial groundwater.

In the samples from Oulu, Tampere and Vantaa, the  $^3\text{H}$  concentrations remained below the detection limit, 1.1 Bq/l. The  $^3\text{H}$  concentrations of Rovaniemi and Turku were 1.2 – 1.5 Bq/l and are well below the maximum limit of 100 Bq/l laid down for  $^3\text{H}$  in domestic water in Council Directive 98/83/EC or in the relevant decree (1352/2015) issued by the Ministry of Social Affairs and Health (Fig. 7.1).

## Radiation doses

The total radiation dose from the  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  present in domestic water was very small, ranging from 0.00003 to 0.00018 mSv in different cities in 2023: in Vantaa, it was 0.00018 mSv; in Oulu, 0.0007 mSv; in Tampere, 0.00013 mSv; and in Rovaniemi and Turku, 0.00003 mSv. In Vantaa,  $^3\text{H}$  accounted for only 8% of the radiation dose from domestic water, with the remainder caused by  $^{137}\text{Cs}$  (43%) and  $^{90}\text{Sr}$  (49%). The contribution of  $^3\text{H}$  to the radiation dose was the highest in Rovaniemi, approximately 61%, and in Turku, some 74%, and the radiation dose contribution from  $^{90}\text{Sr}$  was the highest in Oulu, approximately 60%, and in Tampere, some 58%. The estimate is based on a daily domestic water consumption figure of 2 litres.



**Kuva 7.1.** Talousveden <sup>3</sup>H-, <sup>90</sup>Sr- ja <sup>137</sup>Cs -aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) epävarmuuksineen (2σ) talousveden keräyspaikkakunnilla Oulussa, Rovaniemellä, Tampereella, Turussa ja Vantaalla vuonna 2023.

**Bild 7.1.** Aktivitetskoncentrationer av <sup>3</sup>H, <sup>90</sup>Sr och <sup>137</sup>Cs i hushållsvatten (Bq/l) med osäkerheter (2σ) i provtagningsorter för hushållsvatten (Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors, Åbo och Vanda) år 2023.

**Fig. 7.1.** <sup>3</sup>H, <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>Cs activity concentrations (Bq/l), with related uncertainty (2σ), at the domestic water sampling sites of Oulu, Rovaniemi, Tampere, Turku and Vantaa in 2023.

Yhteyshenkilö: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))



# 8 Maidon radioaktiiviset aineet

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Ihmisten eniten käyttämät elintarvikkeet ovat maataloustuotteita. Ravintoketjussa ympäristössä olevat radioaktiiviset aineet siirtyvät tehokkaasti rehun kautta maitoon. Maidon kulutus on runsasta, joten maidon radioaktiivisten aineiden seuranta ja aineista aiheutuvan säteilyaltistuksen suuruuden arviointi on tärkeää. Säteilyvalvontaohjelman näytteet tulevat meijereistä, jotka on valittu siten, että meijerien näytteiden kautta saadaan mahdollisimman kattava kuva Suomessa tuotetun maidon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksista. Meijerit myös valittu siten, että alueiden Tšernobyl-laskeumat eroavat toisistaan.

## Näytteenotto

Näytteet kerätään meijereistä, jotka sijaitsevat Joensuussa, Jyväskylässä, Oulussa, Riihimäellä ja Seinäjoella (kuva 8.1). Viikoittain kerättävät näytteet pakastetaan ja yhdistetään analysointia varten.

## Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet konsentroidaan haihduttamalla ja tuhitetaan ennen niiden analysointia. Tuhitetuista yhdistetyistä näytteistä määritetään  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen  $^{90}\text{Sr}$  mitataan nestetuikespektrometrilla.

## Tulokset

Meijerimaidon  $^{137}\text{Cs}$ :n ja  $^{90}\text{Sr}$ :n alueelliset aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) vuonna 2023 on esitetty neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvoina taulukossa 8.1. Meijerimaidon  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,07 – 0,65 Bq/l. Maidon  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet olivat korkeimmat niillä alueilla, jolle tuli eniten Tšernobylin onnettomuudesta johtuvaa laskeumaa. Kuvassa 8.2 on esitetty maidon keskimääräinen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus Etelä-Suomessa tuotetussa maidossa vuodesta 1960 lähtien. Näytteenottoalueet ovat vaihdelleet eri aikoina.

Maidon  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet ovat jo samaa tasoa kuin ennen Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuutta. Havaitut pitoisuudet ovat alle tuhannesosan siitä toimenpidetasosta ja elintarvikekaupan raja-arvosta (1000 Bq/l), jota sovelletaan Euroopan unionin alueella säteilyonnettomuuden jälkeisessä tilanteessa (2016/52/Euratom).

Maidosta aiheutuva säteilyannos vuonna 2023 oli 0,0002 – 0,0007 mSv, josta  $^{90}\text{Sr}$ :n osuus oli keskimäärin 17 %. Arviossa on oletettu maidon kulutukseksi 100 litraa vuodessa henkilöä kohti (Luonnonvarakeskus, ravintotasetaulukko, 27.4.2023, <https://www.luke.fi/fi/tilastot/ravintotase>).

# 8 Radioaktiva ämnen i mjölk

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Människorna konsumerar mest livsmedel från jordbruket. I näringskedjan överförs radioaktiva ämnen i miljön effektivt från foder till mjölk. På grund av den höga mjölkkonsumtionen är det viktigt att övervaka radioaktiva ämnen i mjölk och bedöma strålningsexponeringen för dessa ämnen. Proverna i programmet för strålningsövervakning kommer från mejerier som valts så att proverna ger en så fullständig bild som möjligt av halterna av radioaktiva ämnen i mjölk som produceras i Finland. Mejerierna har också valts så att Tjernobylnedfallet i områdena skiljer sig.

## Provtagning

Proven samlas in i mejerier i Joensuu, Jyväskylä, Uleåborg, Riihimäki och Seinäjoki (bild 8.1). Proven samlas in veckovis, fryses in och sammanställs för analys.

## Hantering och analys av proven

Proven indunstras under värmelampa och föraskas innan analysen. Bestämningen av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  görs ur prov som slagits samman. Halten av  $^{137}\text{Cs}$  bestäms med gammaspektrometer. Strontium avskiljs först med extraktionskromatografisk metod, varefter halten av  $^{90}\text{Sr}$  mäts med vätskescintillationsspektrometer.

## Resultat

I tabell 8.1 presenteras de regionala års- och kvartalsmedeltalen av  $^{137}\text{Cs}$ - och  $^{90}\text{Sr}$ -halterna i mejerimjölk (Bq/l) år 2023.  $^{137}\text{Cs}$ -halten i mejerimjölk varierade mellan 0,07 – 0,65 Bq/l. Halterna av  $^{137}\text{Cs}$  i mjölken var högre på de områden där nedfallet efter Tjernobylyolyckan var som störs. I bild 8.2 visas halterna av  $^{137}\text{Cs}$  sedan 1960-talet i mjölk som producerats i södra Finland. Provtagningsområdet har varierat vid olika tider.

Halterna av  $^{137}\text{Cs}$  i mjölk är idag på samma nivå som innan Tjernobyln kärnkraftsolyckan. De observerade halterna är mindre än en tusendel av den åtgärdsnivå och det gränsvärde för livsmedelshandeln (1000 Bq/l) som tillämpas i Europeiska unionen efter en strålningsolycka (2016/52/Euratom).

Stråldosen som orsakades av mjölk år 2023 var 0,0002 – 0,0007 mSv, varav  $^{90}\text{Sr}$  utgjorde en andel på drygt 17 procent. Den uppskattade mjölkkonsumtionen var 100 liter per år och person (Naturresursinstitutet, näringsbalans, 27.4.2023, <https://www.luke.fi/sv/statistik/naringsbalans>).

# 8 Radioactive substances in milk

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

The foodstuffs most used by people are agricultural products. In the food chain, radioactive substances in the environment are easily transferred through animal feed to milk. Milk consumption is high, so it is important to monitor the radioactive substances in milk and assess the magnitude of radiation exposure from these substances. The samples for the radiation monitoring programme come from dairies, which have been selected so that their samples provide as comprehensive a picture as possible of the levels of radioactive substances in milk produced in Finland. The dairies are also selected so that the Chernobyl fallout from the areas differ from each other.

## Sampling

The samples are collected from Finnish dairies in Joensuu, Jyväskylä, Oulu, Riihimäki and Seinäjoki (Fig. 8.1). The weekly samples from each sampling site are frozen. The samples are then bulked together for  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  analyses.

## Pre-treatment and analysis

The bulked samples are evaporated under infrared thermal lamps and ashed before the analysis. The concentration of  $^{137}\text{Cs}$  is determined by gamma spectrometric measurements. Strontium is separated by an extraction chromatographic method and thereafter  $^{90}\text{Sr}$  is measured with a liquid scintillation spectrometer.

## Results

The concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in dairy milk (Bq/l) by sampling site in 2023 are presented as quarterly and annual means in table 8.1. The concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in milk varied between 0.07 – 0.065 Bq/l. The concentrations were highest in the areas with the highest deposition after the Chernobyl accident. Figure 8.2 presents concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in milk produced in southern Finland since the 1960s. The sampling sites have changed throughout the years.

$^{137}\text{Cs}$  contents in milk are at the same level as before the deposition caused by the Chernobyl accident. The concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  observed are about one-thousandth of the action level and the maximum permitted level (1000 Bq/l), which must be applied within the European Union after a radiation accident (2016/52/Euratom).

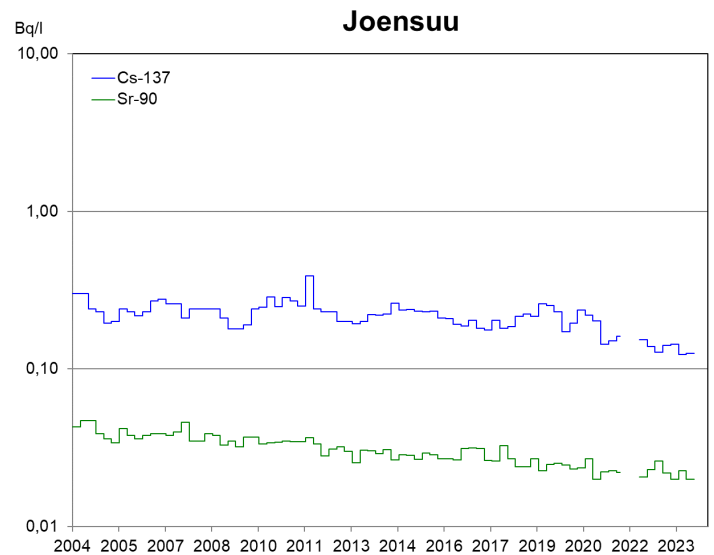
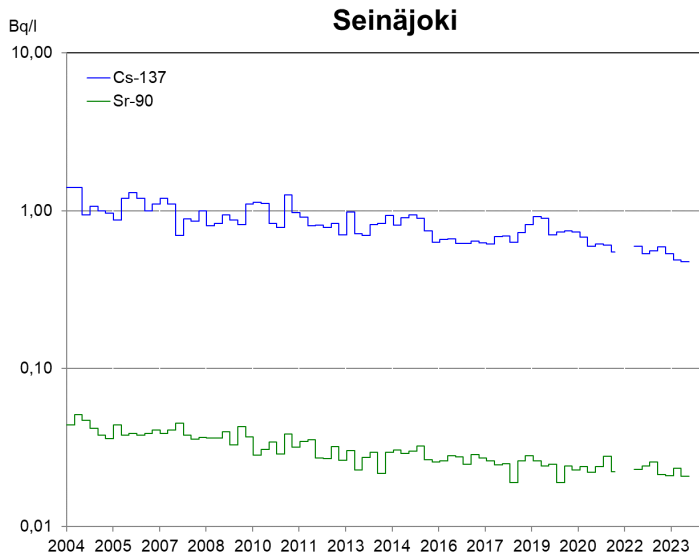
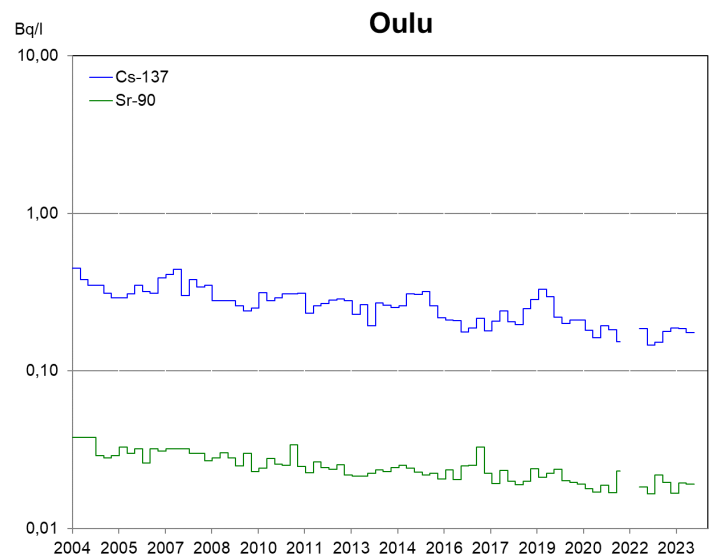
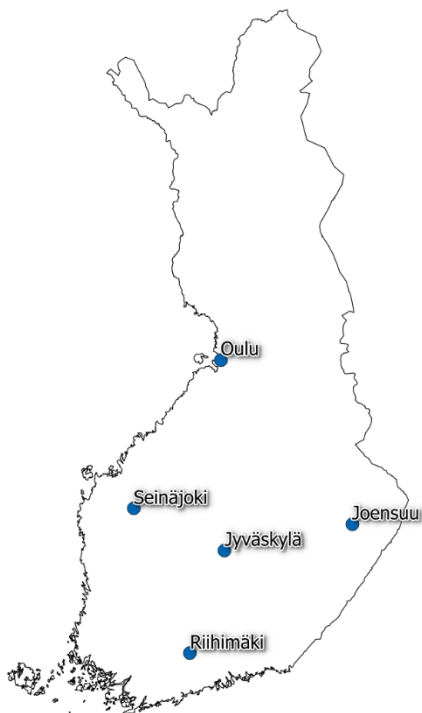
In 2023, the radiation dose received through milk was 0.0002 – 0.0007 mSv. On average 17% of this radiation dose was due to  $^{90}\text{Sr}$ . The annual consumption of milk in this dose estimate was assumed to be 100 litres per capita (Natural Resources Institute Finland, Balance sheet for food commodities, 27.4.2023, <https://www.luke.fi/en/statistics/balance-sheet-for-food-commodities>).

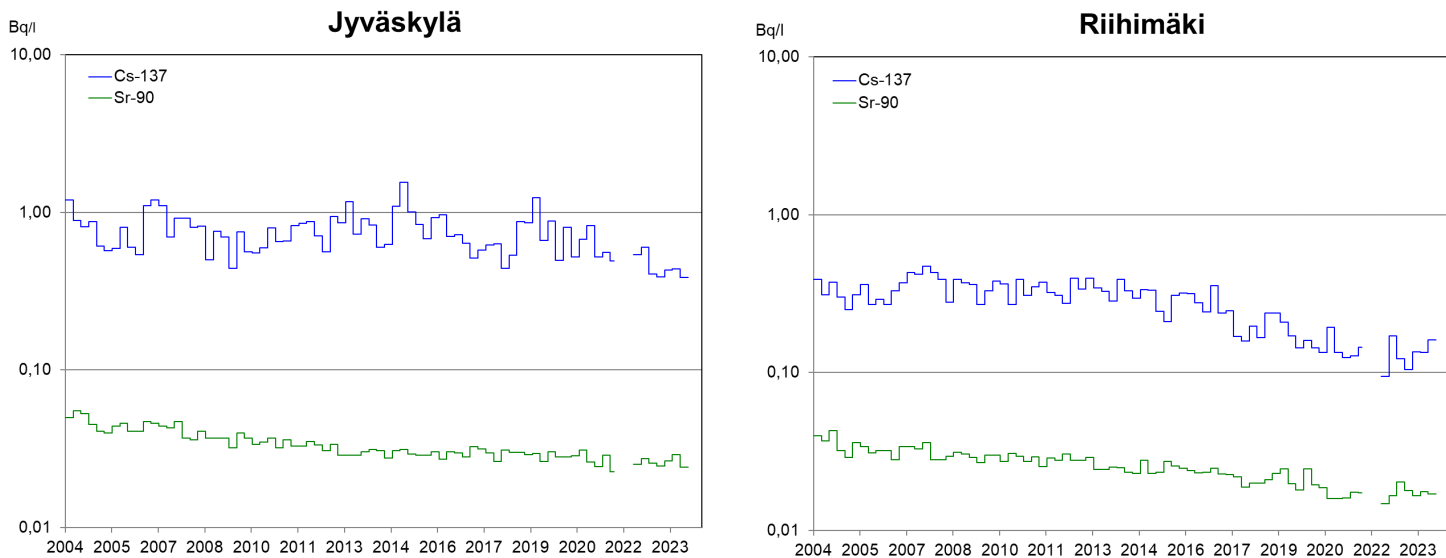
**Taulukko 8.1.**  $^{137}\text{Cs}$ :n ja  $^{90}\text{Sr}$ :n aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) maidossa vuonna 2023, neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvot.

**Tabell 8.1.**  $^{137}\text{Cs}$ - och  $^{90}\text{Sr}$ -halter (Bq/l) i mjölk år 2023, kvartals- och årsmedeltal.

**Table 8.1.** The concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/l) in milk in 2023, quarterly and annual means.

Site	1.1. – 31.3.		1.4. – 30.6.		1.7. – 30.9.		1.10. – 31.12.		1.1. – 30.12.	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Joensuu	0,14	0,022	0,14	0,020	0,12	0,023	0,13	0,020	0,13	0,021
Jyväskylä	0,39	0,024	0,43	0,026	0,44	0,029	0,39	0,024	0,41	0,026
Oulu	0,18	0,020	0,19	0,017	0,19	0,019	0,17	0,019	0,18	0,019
Riihimäki	0,10	0,018	0,14	0,017	0,13	0,018	0,16	0,017	0,13	0,017
Seinäjoki	0,59	0,021	0,53	0,021	0,49	0,023	0,47	0,021	0,52	0,022

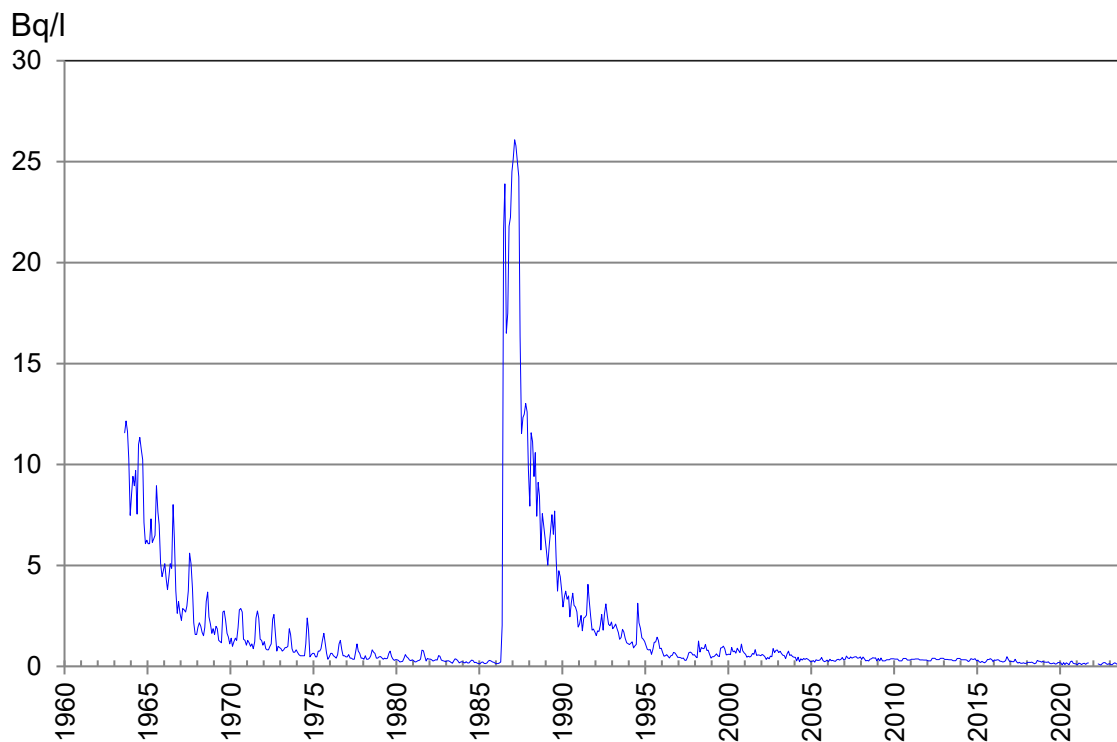




**Kuva 8.1.** Maitonäytteiden keräyspaikkakunnat ja  $^{137}\text{Cs}$ :n ja  $^{90}\text{Sr}$ :n aktiivisuuspitoisuudet maidossa (Bq/l) vuodesta 2004 lähtien.

**Bild 8.1.** Provtagningsorter för mjölk och  $^{137}\text{Cs}$ - och  $^{90}\text{Sr}$ -aktivitetskoncentrationer (Bq/l) i mjölk sedan 2004.

**Fig. 8.1.** Milk sampling sites and  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  activity concentrations in milk (Bq/l) from 2004 onwards.



**Kuva 8.2.** Maidon keskimääräinen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus (Bq/l) Etelä-Suomessa tuotetussa maidossa vuodesta 1960 lähtien.

**Bild 8.2.** Genomsnittlig halt av  $^{137}\text{Cs}$  i mjölk (Bq/l) som producerats i södra Finland sedan 1960.

**Fig. 8.2.**  $^{137}\text{Cs}$  in milk (Bq/l) in Southern Finland since 1960.

Yhteyshenkilö: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

# 9 Elintarvikkeiden radioaktiiviset aineet

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Elintarvikenäytteiden radioaktiivisuusmittausten tavoitteena on hankkia tietoa keinotekoisien radionuklidien saannista ruoan kautta. Mittausten kautta saadaan arvio väestön päivittäisen ravinnon kautta saamasta säteilyaltistuksesta.

## 9.1 Yhden viikon ateriat

Yhden viikon aterioiden keinotekoisien radioaktiivisuuden valvonnalla saadaan kuva suurkeittiöiden ruoan radioaktiivisuustasosta sekä suurkeittiöiden ruokaa käyttävien henkilöiden ruoasta saamasta säteilyannoksesta. Valvontaa toteutetaan keräämällä yhden viikon ajan päivittäiset ruoka-annokset. Näytteet kerätään Helsingistä, Tampereelta ja Rovaniemeltä edustaen suurimpia asutuskeskuksia ja elintarvikkeiden alueellisia eroja. Koko vuorokauden aterioiden analysointi yksittäisten elintarvikkeiden sijasta antaa suoraan saannin, jossa on jo huomioitu ruoan valmistuksen vaikutukset ja kulutustekijät.

### Näytteenotto

Näytteet kerätään syksyllä, jolloin uuden sadon tuotteet ovat mukana. Näytteenottopaikkoina ovat sairaaloiden suurkeittiöt. Näytteet sisältävät vuorokauden kaikki ateriat. Ruoka- ja juomanäytteet kerätään erikseen. Juomanäytteet kerätään vain yhdeltä päivältä.

### Näytteiden käsittely ja analysointi

Vuorokauden kiinteät ruokanäytteet yhdistetään yhdeksi näytteeksi, joka kuivataan ja homogenisoidaan. Kuivatuista vuorokausinäytteistä määritetään  $^{137}\text{Cs}$  gammaspektrometrisellä mittauksella. Cesiummäärityksen jälkeen vuorokausinäytteet tuhitetaan ja yhdistetään  $^{90}\text{Sr}$ :n analysointia varten viikkonäytteeksi. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, jonka jälkeen  $^{90}\text{Sr}$  mitataan nestetuikespektrometrilla.

Vuorokauden juomat yhdistetään yhdeksi näytteeksi, haihdutetaan lämpölamppujen alla ja tuhitetaan. Tuhitetuista vuorokausinäytteistä analysoidaan  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{90}\text{Sr}$ .  $^{137}\text{Cs}$  määritetään gammaspektrometrisellä mittauksella. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen  $^{90}\text{Sr}$  mitataan nestetuikespektrometrilla.

### Tulokset

Päivittäisen ravinnon  $^{137}\text{Cs}$ - ja  $^{90}\text{Sr}$ -pitoisuudet ovat pieniä, koska ruoan raaka-aineena käytetyt maataloustuotteet ovat lähes puhtaita radioaktiivisista aineista (taulukko 9.1). Tulosten vaihtelut johtuvat lähinnä näytteenottopäivän dieetin ja ruoan alueellisen alkuperän vaihteluista. Vuonna 2023  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet ruoassa olivat 0,03 – 0,43 Bq/kg ja juomissa 0,10 – 0,21 Bq/l. Päivittäinen cesiumin saanti ruoan kautta vaihteli välillä 0,0,5 – 0,78 Bq/d ja juomien kautta 0,10 – 0,25 Bq/d. Aluekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 9.1. Suurkeittiöiden ruokaa käyttävien ruoasta saama säteilyannos oli vuonna 2023 0,0026 mSv, josta  $^{137}\text{Cs}$ :n osuus oli 80 %.

Ruoan  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus voi olla huomattavasti korkeampi, mikäli ravinto sisältää runsaasti luonnontuotteita, sillä metsämarjoissa, järvikalassa, sienissä ja riistassa on vielä Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa radioaktiivista cesiumia.

## 9.2 Kaupan elintarvikkeet

Syksyllä 2023 hankittiin kaupan elintarvikkeita samoilta paikkakunnilta kuin vuorokausiruokanäytteet. Näytteiksi valittiin luonnonvaraista riistaa, poroa, järvi- ja jokikalaa sekä metsäsieniä  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuuksien määrittämistä varten. Vuonna 2023 tutkittiin myös metsä- ja viljeltyjä marjoja. Näiden mittausten tulokset ovat taulukossa 9.2. Marjoista ja peuranlihanäytteistä tutkittiin myös

$^{90}\text{Sr}$ -aktiivisuuspitoisuus (taulukko 9.3) muodostamalla saman lajin näytteistä kokoomanäytteitä ja analysoimalla  $^{90}\text{Sr}$  näistä näytteistä (ei-akkreditoitu analyysi).

Mitatuista näytteistä kolmen metsäsieninäytteen  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus ylitti raja-arvon 600 Bq/kg, jota suositellaan noudatettavaksi, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikaloja (EU-suositus 2003/274/Euratom). Raja-arvon ylityksestä huolimatta, sienien käyttö ei aiheuta vaaraa tai liiallista säteilyaltistusta. Tuoreita, kuivattuja tai suolattuja sieniä liottamalla tai keittämällä vedessä ennen ruoaksi valmistamista saadaan 80 – 90 prosenttia  $^{137}\text{Cs}$ :sta poistettua. Sienien kuivaaminen ilman liotusta ei vähennä  $^{137}\text{Cs}$ :n määrää. Lisätietoa käsittelymenetelmistä, joilla voidaan vähentää sienten radioaktiivista  $^{137}\text{Cs}$ :a, löytyy [Ruokaviraston verkkosivuilta](#). Eri elintarvikkeiden  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuuksista on yksityiskohtaisempaa tietoa Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi). Viiden vuoden välein tutkittujen metsämarjanäytteiden (mustikka, puolukka, karpalo, lakka)  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat välillä 1 – 150 Bq/kg (tuorepainoa kohden). Viljeltyjen mansikkanäytteiden  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuuspitoisuudet olivat hyvin alhaiset, 2 Bq/kg tai alle (tuorepainoa kohden). Marjanäytteiden tutkitut  $^{90}\text{Sr}$ -aktiivisuuspitoisuudet olivat myös alhaiset, alle 1 Bq/kg tuorepainoa kohden. Peuranlihan  $^{90}\text{Sr}$  aktiivisuuspitoisuus oli hyvin matala, kahdella näytteellä se jäi alle määritysrajan <0,008 Bq/kg ja kolmannella näytteellä  $^{90}\text{Sr}$ -aktiivisuuspitoisuus oli 0,017 Bq/kg.

## 9 Radioaktiva ämnen i livsmedel

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

Syftet med radioaktivitetsmätningar av livsmedelsprover är att skaffa information om intaget av artificiella radionuklider via kosten. Mätningarna ger en uppskattning av befolkningens dagliga strålningsexponering via kosten.

### 9.1 En veckas måltider

Detta övervakningsprogram ger en bild av radioaktivitetsnivån i maten från storkök samt den stråldos som de som äter mat från storkök får. Artificiella radioaktiva ämnen i livsmedel övervakas genom att samla in dagportioner av föda under en vecka. Provtagningsorterna ligger i södra, mellersta och norra Finland och de representerar de största bosättningscentra samt de regionala skillnaderna i användningen av livsmedel (Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi). Genom att analysera mat och dryck från ett helt dygn i stället för enstaka livsmedel får man direkt det intag, där faktorer i tillagningen och konsumtion av maten redan beaktats.

#### Provtagning

Tidpunkten för provtagningen är på hösten, så att produkterna från den nya skörden finns med. Proven tas i storkök i sjukhus. Proven innefattar dygnets alla måltider. Proven av drycker tas från en dag i veckan. Prov av mat och dryck uppsamlas skilt.

#### Behandling och analys av proven

De fasta proven av födan för ett dygn sammanslås till ett prov som torkas och homogeniseras. Ur de torkade dygnsproven bestäms  $^{137}\text{Cs}$  med gammaspektrometri. Efter bestämning av  $^{137}\text{Cs}$ -halten föraskas proven och sammanslås till veckoprov för analys av  $^{90}\text{Sr}$ . Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter halten av  $^{90}\text{Sr}$  bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

Dryckerna från ett dygn sammanslås till ett prov, indunstas under värmelampor och föraskas. Ur de föraskade proven analyseras  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$ .  $^{137}\text{Cs}$ -halten bestäms gammaspektrometriskt. Strontium avskiljs extraktionskromatografiskt, varefter halten av  $^{90}\text{Sr}$  bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

## Resultat

Halterna av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  i den dagliga födan är låga, eftersom de lantbruksprodukter som används som råvaror är nästan fria från radioaktiva ämnen (tabell 9.1). Variationerna i mätresultaten beror främst på kosthållningen på provtagningsdagen och på att råvarornas regionala ursprung varierar. År 2023 var  $^{137}\text{Cs}$ -halterna i maten 0,03 – 0,43 Bq/kg och i dryckerna 0,10 – 0,21 Bq/l. Det dagliga intaget av cesium via maten varierade 0,05 – 0,78 Bq/d och via drycker 0,10 – 0,25 Bq/d. De regionala mätresultaten finns i tabell 9.1. Under 2023 förorsakade storköken en stråldos på under 0,0026 mSv åt konsumenterna. 80 procent av denna dos berodde på  $^{137}\text{Cs}$ .

Halten av  $^{137}\text{Cs}$  i maten kan vara betydligt högre om födan innehåller rikligt med naturprodukter, eftersom skogsbär, insjöfisk, svamp och vilt ännu innehåller radioaktivt cesium som härstammar från Tjernobylolyckan.

## 9.2 Livsmedel i butiker

Hösten 2023 skaffades livsmedel som säljs i butik på samma orter där man samlar in dygnsproven av livsmedel. Som prov valdes vilt, ren, insjöfisk samt skogssvampar för bestämning av  $^{137}\text{Cs}$ . År 2023 undersöktes också skogsbär och odlade bär. Resultaten av dessa mätningar visas i tabell 9.2. Av bär och hjortköttprov undersöktes också aktivitetskoncentrationen av  $^{90}\text{Sr}$  (tabell 9.3) genom att bilda samlingsprov av prov tagna av samma art och analysera koncentrationen av  $^{90}\text{Sr}$  i dessa (icke-ackrediterad analys).

Av de uppmätta proven överskred koncentrationen av  $^{137}\text{Cs}$  i tre prov av skogssvamp gränsvärdet 600 Bq/kg. Det rekommenderas att detta värde inte överskrids när vilt, skogsbär och skogssvamp samt insjöfisk släpps ut på marknaden (Kommissionens rekommendation 2003/274/Euratom). Trots att gränsvärdet överskrids orsakar användningen av svampen ingen fara eller för stor exponering för strålning. Genom att blötlägga eller koka färska, saltade eller torkade svampar i vatten kan 80 – 90 procent av cesiumet avlägsnas. Torkning utan blötläggning sänker inte  $^{137}\text{Cs}$  halten i svamp. Mera information om metoder för att sänka halten av radioaktivt  $^{137}\text{Cs}$  i svampar finns på [Livsmedelsverkets](#) webbsida. Mer specifika detaljer om halterna av  $^{137}\text{Cs}$  i olika livsmedel finns på [Strålsäkerhetscentralens](#) webbsida.

Aktivitetskoncentrationerna av  $^{137}\text{Cs}$  i prov av skogsbär (blåbär, lingon, tranbär, hjortron) som undersöks vart femte år varierade mellan 1 och 150 Bq/kg (färsk vikt). Aktivitetskoncentrationerna av  $^{137}\text{Cs}$  i proven av odlade jordgubbar var mycket låga, 2 Bq/kg eller lägre (färsk vikt). Också aktivitetskoncentrationerna av  $^{90}\text{Sr}$  i bärprov var låga, under 1 Bq/kg färsk vikt. Aktivitetskoncentrationen av  $^{90}\text{Sr}$  i hjortkött var mycket låg: i två prov var den under bestämningsgränsen <0,008 Bq/kg och i tredje prov var aktivitetskoncentrationen av  $^{90}\text{Sr}$  0,017 Bq/kg.



# 9 Radioactive substances in foodstuffs

*Sinikka Virtanen, Jani Turunen*

The aim of radioactivity measurements in food samples is to obtain information on the intake of artificial radionuclides through food. The measurements provide an estimate of the radiation exposure of the population through their daily diet.

## 9.1 One-week diet

The monitoring programme typifies the level of artificial radioactivity in food of institutional kitchens and gives estimation of internal doses received by ingestion. The artificial radioactivity levels in foodstuffs are monitored by collecting daily meals over one week in the institutional kitchens in hospitals. The sampling sites are in southern, central and northern Finland, representing the main population centres and regional differences in the consumption of foodstuffs (Helsinki, Tampere and Rovaniemi). An analysis of the whole mixed diet samples rather than the main components of diet gives the intake in which the consumption and food processing are already included.

### Sampling

The diet samples are collected once a year. The sampling time is autumn in order to include the products of the new crop in the sampling. The sampling sites comprise institutional kitchens in hospitals. The samples consist of all the meals of a day. Drinks are collected only once a week for one day. Food and drink samples are collected separately.

### Pre-treatment and analysis

The solid food samples collected during a day are combined into one sample, which is dried and homogenised. The  $^{137}\text{Cs}$  of the dried daily samples is determined by gamma-spectrometric measurement. After  $^{137}\text{Cs}$  has been determined, the samples are ashed and combined into weekly samples for  $^{90}\text{Sr}$  analysis. Strontium is separated from the samples by an extraction chromatographic method, after which  $^{90}\text{Sr}$  is measured with a liquid scintillation spectrometer.

The drinks collected during a day are evaporated under infrared thermal lamps and ashed.  $^{137}\text{Cs}$  is determined by gamma-spectrometric measurement from the ashed drink samples. Strontium is separated from the samples by an extraction chromatographic method, after which  $^{90}\text{Sr}$  is measured with a liquid scintillation spectrometer.

### Results

The concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in daily meals are low because the agricultural products used as raw material are almost free of artificial radionuclides (Table 9.1). The variation in the results is caused by the differences in the types of meals that were prepared on the sampling dates and in the regional origins of raw materials. The concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in the solid food in 2023 ranged from 0.03 – 0.43 Bq/kg, and in the drinks from 0.10 – 0.21 Bq/l. The daily intakes of  $^{137}\text{Cs}$  via food varied between 0.05 – 0.78 Bq/d, and via drinks from 0.10 – 0.25 Bq/d. The regional results are given in table 9.1. The average internal radiation dose received through food from the institutional kitchens in 2023 was less than 0.0026 mSv, and 80% of which is due to  $^{137}\text{Cs}$ .

Radioactive concentrations may be considerably higher in food containing a lot of natural produces (wild berries, freshwater fish, wild mushrooms and game).

## 9.2 Foodstuffs on the market

In the autumn of 2023, foodstuffs were purchased in the same localities where the daily food samples were taken. Wild game, reindeer, freshwater fish and wild mushrooms were selected as samples for the determination of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations. In 2023, wild and cultivated berries were also examined. The results of these measurements are shown in Table 9.2. The  $^{90}\text{Sr}$  activity concentration (Table 9.3) in berries and deer meat samples was also examined by forming aggregate samples from the samples of the same species and by analysing  $^{90}\text{Sr}$  in these samples (non-accredited analysis).

In the samples measured, the  $^{137}\text{Cs}$  concentration of three wild mushroom samples exceeded the recommended maximum limit value of 600 Bq/kg for putting wild game, berries, mushrooms and freshwater fish on the market (EU Recommendation 2003/274/Euratom). Despite exceeding the limit value, the mushrooms can be used without danger or excessive radiation exposure. Soaking or cooking removes up to 80 – 90% of  $^{137}\text{Cs}$  contents in fresh, dried or salted mushrooms. Drying without soaking does not reduce the  $^{137}\text{Cs}$  contents of the mushrooms. More information about the pre-treatment methods of mushrooms can be found at [Finnish Food Authority's](https://www.finra.fi/) website. More detailed information about the concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in various foodstuffs can be found at STUK's website, [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi). The  $^{137}\text{Cs}$  activity concentrations of the wild berry samples (bilberry, lingonberry, cranberry, cloudberry) examined every five years varied between 1 and 150 Bq/kg (per fresh weight). The  $^{137}\text{Cs}$  activity concentrations in cultivated strawberry samples were very low at 2 Bq/kg or less (per fresh weight). The studied  $^{90}\text{Sr}$  activity concentrations of the berry samples were also low at less than 1 Bq/kg per fresh weight. The  $^{90}\text{Sr}$  activity concentration of deer meat was very low; it was below the limit of quantification of < 0.008 Bq/kg in two samples and 0.017 Bq/kg in the third sample.

**Taulukko 9.1.**  $^{137}\text{Cs}$ :n ja  $^{90}\text{Sr}$ :n saanti ruoasta vuonna 2023.

**Tabell 9.1.** Intag av  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{90}\text{Sr}$  i maten år 2023.

**Table 9.1.** The intake of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  via ingestion in 2023.

Site	Sampling date	$^{137}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$
		(Bq/day) meal	(Bq/day) drink	(Bq/week) meal	(Bq/day) drink
Helsinki	16.10.2023	0,13	0,10	0,26	0,01
	17.10.2023	0,26			
	18.10.2023	0,10			
	19.10.2023	0,78			
	20.10.2023	0,07			
	21.10.2023	0,53			
	22.10.2023	0,14			
Rovaniemi	09.10.2023	0,20	0,25	0,27	0,02
	10.10.2023	0,17			
	11.10.2023	0,69			
	12.10.2023	0,14			
	13.10.2023	0,21			
	14.10.2023	0,05			
	15.10.2023	0,38			
Tampere	09.10.2023	0,31	0,18	0,26	0,01
	10.10.2023	0,14			
	11.10.2023	0,30			

	12.10.2023	0,09			
	13.10.2023	0,27			
	14.10.2023	0,17			
	15.10.2023	0,39			

**Taulukko 9.2.**  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuuden vaihteluväli (Bq/kg tuorepaino) elintarvikeliikkeistä hankituissa näytteissä vuonna 2023.

**Tabell 9.2** Variationsintervallet för  $^{137}\text{Cs}$  (Bq/kg färsk vikt) i prov som skaffats från livsmedelsbutiker 2023.

**Table 9.2.** Range of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations (Bq/kg fresh weight) in samples obtained from grocery shops in 2023.

Elintarvike	Livsmedel	Foodstuff	$^{137}\text{Cs}$ , Bq/kg (number of samples)					
			Helsinki		Tampere		Rovaniemi	
peuranliha	hjortkött	deer meat	11 – 27	(6)	30	(1)	-	
poronliha	renkött	reindeer meat	-		-		37 – 140	(17)
sienet	svampar	mushrooms	9 – 940	(19)	6 – 720	(13)	76	(2)
järvi- ja jokikala	insjöfisk	freshwater fish	1 – 35	(9)	4 – 44	(11)	2 – 20	(8)
viljelty mansikka			0,05 – 2	(5)	0,04 – 2	(5)	-	
mustikka	blåbär	bilberry	5 - 150	(5)	15 – 57	(5)	1 - 33	(4)
puolukka	lingon	lingonberry	1 – 43	(5)	6 – 78	(5)	2 - 21	(4)
karpalo	tranbär	cranberry	-		-		1 – 47	(5)
lakka	hjortron	cloudberry	-		-		10 – 44	(5)

**Taulukko 9.3.**  $^{90}\text{Sr}$ -pitoisuudet (Bq/kg tuorepaino) marja- ja peuranlihanäytteissä vuonna 2023.

**Tabell 9.3.** Koncentrationerna av  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/kg färsk vikt) i prov av bär och hjortkött 2023.

**Table 9.3.**  $^{90}\text{Sr}$  concentrations (Bq/kg fresh weight) in berry and deer meat samples in 2023.

Elintarvike	Livsmedel	Foodstuff	$^{90}\text{Sr}$ , Bq/kg		
			Helsinki	Tampere	Rovaniemi
mustikka	blåbär	bilberry	0,41	0,52	0,31
puolukka	lingon	lingonberry	0,50	0,33	0,56
karpalo	tranbär	cranberry	-	-	0,20
lakka	hjortron	cloudberry	-	-	0,19
peuranliha	hjortkött	deer meat	<0,008 - 0,017	<0,008	-

Yhteyshenkilö: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Kontaktperson: Sinikka Virtanen, Strålsäkerhetscentralen ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

Contact person: Sinikka Virtanen, Radiation and Nuclear Safety Authority ([sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi))

# 10 Radioaktiiviset aineet ihmisessä

Tiina Torvela

Ihminen saa radioaktiivisia aineita elimistöön hengittämällä tai ravinnon mukana. Nämä aineet ovat joko luonnollista alkuperää tai keinotekoisesti tuotettuja. Sellaiset radioaktiiviset aineet, jotka lähettävät gammasäteilyä, voidaan havaita mittaamalla suoraan ihmisen kehosta. STUKilla on kaksi kokokehomittauslaitteistoa, joista toinen on kiinteästi asennettuna laboratorioon Helsingissä ja toinen on kuorma-autoon rakennettu. Kiinteästi asennettu mittauslaitteisto otettiin käyttöön vuonna 1965 ja liikkuva yksikkö kymmenen vuotta myöhemmin.

## Mittaukset

Kiinteä mittauslaitteisto on sijoitettu 80 tonnia painavaan rautahuoneeseen. Paksujen rautaseinien tarkoituksena on vaimentaa ympäristöstä tulevaa taustasäteilyä. Liikkuva yksikkö painaa noin 2,5 tonnia, kuva 10.1a. Helsingin ulkopuoliset mittaukset tehdään yleensä liikkuvalla yksiköllä. Mittauslaitteistoon kuuluu mittaustuoli, johon mitattava henkilö asettuu, ja edessä olevat gammasäteilyä havaitsevat ilmaisimet (kuva 10.1b). Mitattava aktiivisuusmäärä on yleensä pieni ja siksi ympäristöstä tulevan taustasäteilyn vaimentamiseksi tuoli on tehty lyijystä ja säteilyilmaisain ympäröity lyijyvaipalla.

Kokokehomittauksessa ihmiseen ei kohdistu säteilyä. Mittaus perustuu kehossa olevien radioaktiivisten aineiden hajotessaan lähettämän gammasäteilyn havaitsemiseen. Tällä hetkellä yleisin Suomessa väestön kokokehomittauksissa havaittu keinotekoinen radioaktiivinen aine on cesiumin isotooppi  $^{137}\text{Cs}$ .

## Mitatut ihmisryhmät

Suomessa on vuodesta 1965 lähtien seurattu helsinkiläistä vertailuryhmää. Vuodesta 1999 alkaen on tämän ryhmän lisäksi mitattu Helsingistä, Tampereelta (2001 alk.) ja Rovaniemeltä valittuja ryhmiä.

Vuoteen 2021 Helsingin, Tampereen ja Rovaniemen ryhmät koostuivat vapaaehtoisista koulujen oppilaista ja työntekijöistä. Ryhmien mittauksia ei tehty vuonna 2022, eikä Rovaniemellä myöskään koronapandemian vuoksi vuonna 2021. Vuonna 2023 vapaaehtoisten ryhmät koostettiin näissä kaupungeissa pääosin korkeakoulujen aikuisikäisistä opiskelijoista ja työntekijöistä. Mittauksiin osallistui myös näihin ryhmiin kuulumattomia paikkakuntalaisia, eikä osallistuneiden ammattia, työskentely- tai opiskelupaikkaa rajattu eikä tallennettu mittaustietoihin.

Näiden neljän ryhmän tulosten perusteella arvioidaan suomalaisten saama säteilyannos keinotekoisista radioaktiivisista aineista.

## Seurannan tulokset vuosina 1999 – 2021 ja 2023

Vuosien 1999 – 2021 sekä marras-huhtikuussa talvella 2023 – 2024 saadut mittaustulokset (cesiumin aktiivisuus kehossa, Bq/henkilö) Helsingin, Rovaniemen ja Tampereen mittausryhmissä on esitetty kuvassa 10.2. Kuvassa oleviin tuloksiin sisältyvät vain aikuisten (yli 14-vuotiaiden) mittaustulosten mediaanit. Tässä yhteydessä mediaani on parempi tunnusluku kuin keskiarvo, koska otokset ovat pieniä, jolloin yksittäiset huomattavan suuret tai pienet tulokset saavat keskiarvossa liikaa painoarvoa (ks. kuva 10.2). Ennen vuotta 2021 tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan todeta, että nykyisin lasten ja nuorten kehossa oleva  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuusmäärä on niin vähäinen, että sitä ei enää tavallisimmassa tapauksessa voida määrittää suoralla mittauksella.

Helsingissä mitattiin 71 henkilöä. Suurin mitattu  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuus kehossa oli 675 Bq ja alle mittalaitteiston havaitsemisrajan (noin 50 Bq) jäi 32 henkilön tulos. Vastaavasti Tampereella mitattiin 90 henkilöä, suurin mitattu  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuus kehossa oli 1243 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 39

mitattua tulosta. Rovaniemellä mitattiin 75 henkilöä, suurin mitattu  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuus kehossa oli 572 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 36 henkilön tulos.

Mittaustulosten vaihtelu ryhmien sisällä yksittäisenä mittausvuotena johtuu kaupasta ostettujen ja luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden aktiivisuuspitoisuuksien suurista eroista sekä luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden satunnaisesta käytöstä. Ruoan mukana ihmisiin kulkeutuvan radiocesiumin määrästä saadaan myös jatkuvaa tietoa elintarvikkeiden radioaktiivisuusvalvonnan kautta (luku 9, Radioaktiivisuus elintarvikkeissa).

Ryhmien välisessä vaihtelussa merkittävimpana tekijänä on Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden seurauksena Suomeen vuonna 1986 kulkeutuneen laskeuman epätasainen alueellinen jakautuminen. Tampere edustaa Suomessa Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aiheuttaman korkeimman laskeuman aluetta. Vuosien välinen laskeva trendi kaikissa mittausryhmissä on seurausta radioaktiivisen cesiumin määrän vähittäisestä hajoamisesta ja poistumisesta luonnosta ja samalla ihmisen ravintoketjusta, mutta osatekijänä voi olla myös se, että ihmiset suosivat yhä enemmän kaupallisia elintarvikkeita luonnosta kerätyn tai pyydystetyn ruoan rinnalla.

Kuvassa 10.3 on esitetty keskimääräinen  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuus helsinkiläisen vertailuryhmän jäsenissä 1960-luvun puolivälistä vuoteen 2019. Mittauksia ei tehty vuosina 2014 – 2017 eikä 2020-luvulla. Aineistossa erottuvat selvästi ilmakehässä suoritettujen ydinkokeiden ja Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden vaikutukset kehossa olevaan  $^{137}\text{Cs}$ -aktiivisuuteen.

Sisäisestä säteilystä saatavan annoksen yläraja voidaan arvioida aineiston perusteella, kun siihen yhdistetään ympäristön säteilyvalvonnasta kerätty tieto, että uutta merkittävää määrää ihmisen tuottamaa radioaktiivisuutta ei elinympäristöön ole tullut. Vuosina 1999 – 2024 suoritettujen kehon säteilymittausten perusteella voidaan arvioida, että myös vuonna 2023 kehossa olevan  $^{137}\text{Cs}$ :n aiheuttama säteilyannos jäi suomalaisilla alle 5  $\mu\text{Sv}$ /henkilö.

## 10 Radioaktiva ämnen i människokroppen

*Tiina Torvela*

Människan får i sig radioaktiva ämnen genom att andas in dem eller med födan. Dessa ämnen är antingen av naturligt ursprung eller artificiella. De ämnen som emitterar gammastrålning i människokroppen kan mätas direkt med helkroppsmätning. Strålsäkerhetscentralen har två utrustningar för detta: den ena är fast installerad i laboratoriet i Helsingfors och den andra är installerad i en lastbil. Den fasta helkroppsmätaren togs i bruk år 1965 och den mobila tio år senare.

### Mätningar

Helkroppsmätaren i laboratoriet har placerats i ett järnrum som väger 80 ton. De tjocka järnväggarna ska absorbera den bakgrundsstrålning som kommer från omgivningen. Den mobila enheten väger cirka 2,5 ton, bild 10.1a. Mätningar utanför Helsingfors görs vanligtvis med denna utrustning. Mätutrustningen består av en stol för testpersonen och detektorer framför stolen (bild 10.1b). Aktiviteten som mäts är vanligtvis liten och för att skärma av bakgrundsstrålningen från omgivningen är stolen tillverkad av bly och detektorn har en blymantel.

Vid helkroppsmätning utsätts testpersonen inte för strålning. Mätningen går ut på att detektera den gammastrålning som radioaktiva ämnen i kroppen emitterar vid sitt sönderfall.

För närvarande är det vanligaste artificiella radioaktiva ämnet som observerats i helkroppsmätningar av befolkningen i Finland cesiumisotopen  $^{137}\text{Cs}$ .

### Människogrupper som undersöktes

I Finland har man sedan år 1965 följt upp en referensgrupp av Helsingforsbor. Från och med år 1999 har man utöver denna grupp även utfört mätningar på tre grupper i Helsingfors, Tammerfors (fr.o.m. 2001) och Rovaniemi.

Fram till år 2021 bestod grupperna i Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi av frivilliga elever och anställda vid skolor. På grupperna gjordes inga mätningar år 2022, och i Rovaniemi gjordes på grund av coronapandemin heller inga mätningar år 2021. År 2023 bildades grupper bestående av frivilliga i dessa städer i huvudsak av vuxna studerande och anställda vid högskolor. I mätningarna deltog också lokala invånare som inte tillhörde dessa grupper. Det gjordes inga avgränsningar utifrån deltagarnas yrke, arbets- eller studieplats och uppgift om detta lagrades inte i mätdata.

Den stråldos som finländarna får från artificiella radioaktiva ämnen beräknas utifrån resultaten av mätningarna på dessa fyra grupper.

### Resultaten av övervakningen 1999 – 2021 och 2023

Mätresultaten från 1999 – 2021 samt från november–april vintern 2023 – 2024 (cesiumaktivitet i kroppen, Bq/person) för mätgrupperna i Helsingfors, Rovaniemi och Tammerfors visas på bild 10.2. Resultaten på bilden omfattar endast medianvärdet för mätresultaten för vuxna (över 14 år). I detta samband är medianvärdet ett bättre nyckeltal än genomsnittet, eftersom urvalen är små, vilket betyder att enstaka mycket höga eller låga resultat får för stor vikt (se bild 10.2). Baserat på undersökningarna som gjorts före 2021 kan det konstateras att aktivitetskoncentrationen av  $^{137}\text{Cs}$  i kroppen hos barn och unga numera är så låg att den i de flesta fallen inte kan bestämmas med direkt mätning.

I Helsingfors gjordes mätningar på 71 personer. Den högsta uppmätta aktivitetskoncentration av  $^{137}\text{Cs}$  i kroppen var 675 Bq och hos 32 personer låg resultatet under mätutrustningens observationsgräns (ca 50 Bq). På motsvarande sätt gjordes i Tammerfors mätningen på 90 personer. Den högsta uppmätta aktivitetskoncentration av  $^{137}\text{Cs}$  i kroppen var 1243 Bq och hos 39 personer låg resultatet under observationsgränsen. I Rovaniemi gjordes mätningen på 75 personer. Den högsta uppmätta aktivitetskoncentration av  $^{137}\text{Cs}$  i kroppen var 572 Bq och hos 36 personer låg resultatet under observationsgränsen.

Variationen i mätresultaten inom grupperna under ett enskilt mättingsår beror på de stora skillnaderna i aktivitetskoncentrationen hos livsmedel som köps i butik respektive livsmedel som man plockar i naturen och av den sporadiska användningen av livsmedel som man plockar i naturen. Kontinuerlig information om mängden radiocesium som livsmedel transporterar till människor erhålls också genom övervakning av radioaktivitet i livsmedel (kapitel 9, Radioaktiva ämnen i livsmedel).

Den viktigaste faktorn i variationen mellan grupperna är den ojämna regionala fördelningen av nedfallet i Finland 1986 efter kärnkraftsolyckan i Tjernobyli. I Finland representerar Tammerfors det område där nedfallet från kärnkraftsolyckan i Tjernobyli var störst. Den minskande trenden mellan år i alla mätgrupper är resultatet av gradvis sönderfall av radioaktivt cesium och dess försvinnande från naturen och samtidigt människans näringskedja, men det kan också bero på att människor i allt högre grad föredrar livsmedel som köps i butik framför livsmedel som man plockar eller fångar i naturen.

Bild 10.3 visar den genomsnittliga  $^{137}\text{Cs}$ -aktiviteten hos individerna i referensgruppen i Helsingfors från 1960-talets mitt till 2019. Åren 2014 – 2017 och på 2020-talet gjordes inga mätningar. I materialet ser man tydligt effekterna av kärnvapenprov i atmosfären och Tjernobylylyckan på aktivitetskoncentrationen av  $^{137}\text{Cs}$  i kroppen.

Den övre gränsen för dosen från intern strålning kan uppskattas på grundval av materialet, när materialet kombineras med uppgiften från övervakningen av strålsäkerheten i miljön om att ingen ny betydande mängd mänsklig radioaktivitet har kommit in i livsmiljön. Baserat på de helkroppsmätningar som genomförts 1999 – 2024 kan det uppskattas att den stråldos som orsakas av  $^{137}\text{Cs}$  i kroppen förblev även 2023 på under 5  $\mu\text{Sv}$  per person i Finland.

# 10 Radioactivity in man

*Tiina Torvela*

Radioactive substances enter the human body via breath or in foodstuffs. These substances are either of natural or of artificial origin of which gamma ray emitters can be measured directly using a dedicated whole-body counter. There are two such counters in use at STUK. One is a permanently installed system in the laboratory and the other one is a mobile system. The stationary system was installed in 1965 and the mobile system ten years later.

## The measurements

The stationary system is installed inside an 80-tonne iron room. The thick iron walls are there to reduce the environmental background radiation. The mobile unit weighs about 2.5 tons and is installed on a truck (Fig. 10.1a). This mobile system is used in measurements away from Helsinki. The mobile system includes a lead chair for the person to be measured and in front of that a lead shielded gamma ray detector (Fig. 10.1b). The amount of radioactive substances to be measured is usually small, therefore, the lead shielding is necessary to reduce the background radiation from the environment.

The measurement itself does not cause any additional exposure to radiation. The measurement is based on detection of gamma radiation emitted by the radioactive substances in the body. At the moment, the most common artificial radioactive substance detected in the whole body counting of the population in Finland is the cesium isotope  $^{137}\text{Cs}$ .

## Measured groups of people

A reference group from Helsinki has been monitored since 1965. Since 1999, in addition to this group, groups selected from Helsinki, Tampere (2001 onwards) and Rovaniemi have also been measured.

Until 2021, the Helsinki, Tampere and Rovaniemi groups consisted of voluntary schoolchildren and school staff. Group measurements were not carried out in 2022, and the Rovaniemi measurements were also omitted in 2021 due to the COVID-19 pandemic. In 2023, the groups of volunteers in these cities were mainly composed of adult students and the employees of universities. Some local residents not belonging to these groups also participated in the measurements; their occupation, place of work or study were not restricted or recorded in the measurement data.

The radiation dose for Finns from artificial radioactive substances is estimated on the basis of the results recorded for these four groups.

## Surveillance results between 1999 – 2021 and 2023

Figure 10.2 shows the measurement results for the years 1999 – 2021 and from November to April in winter 2023 – 2024 (cesium activity in the body, Bq/person) in the measurement groups from Helsinki, Rovaniemi and Tampere. The results shown in the figure only include the medians of the measurements performed on adults (persons over the age of 14). In this context, the median is a more relevant indicator than the average due to small sample sizes, which place too much emphasis on individual significantly high or low results (see Figure 10.2). Based on studies carried out before 2021, it can be stated that the amount of  $^{137}\text{Cs}$  activity in the body of children and adolescents today is so low that, in the most common cases, it can no longer be determined by direct measurement.

In Helsinki, 71 people were measured. The highest measured  $^{137}\text{Cs}$  activity in the body was 675 Bq, and the results of 32 persons remained below the detection limit (approximately 50 Bq). Correspondingly, in Tampere, measurements were performed on 90 persons, among whom the highest measured  $^{137}\text{Cs}$  activity in the body was 1243 Bq, and 39 results were below the detection

limit. In Rovaniemi, measurements were performed on 75 persons; the highest measured  $^{137}\text{Cs}$  activity in the body was 572 Bq, and the results of 36 persons remained below the detection limit.

The measurement result variation within the groups in individual measurement years is due to large differences in the activity concentrations of foodstuffs purchased from shops and collected from nature, and to the occasional use of foodstuffs collected from nature. The activities undertaken to monitor the radioactivity in foodstuffs (Chapter 9, Radioactivity in foodstuffs) also provide continuous data on the level of radiocesium taken up by humans with food.

The most notable factor in this inter-group variation is the uneven regional distribution of the fallout that was carried into Finland in 1986 following the Chernobyl nuclear power plant disaster. In Finland, Tampere is the area where the fallout from the Chernobyl nuclear power plant disaster is the highest. The declining trend between the years in all measurement groups is a result of the gradual decay and disappearance of radioactive cesium from nature and, simultaneously, from the human food chain, but a contributing factor may also be the fact that people are increasingly favouring commercial foodstuffs alongside wild food.

Figure 10.3 shows the average  $^{137}\text{Cs}$  activity in the members of the Helsinki comparison group from the mid-1960s to 2019. No measurements were made between 2014 and 2017 or in the 2020s. The material clearly shows the effects of nuclear tests carried out in the atmosphere and of the Chernobyl nuclear accident on the  $^{137}\text{Cs}$  activity in the body.

The upper limit of the dose from internal radiation can be evaluated on the basis of the material when it is combined with data collected from environmental radiation monitoring indicating that no significant amounts of new man-made radioactivity have been introduced into the living environment. Based on the body radiation measurements carried out between 1999 and 2024, it can be expected that the radiation dose from  $^{137}\text{Cs}$  for Finns was also below 5  $\mu\text{Sv}$  per person in 2023.



**Kuva 10.1a.** Kokokehomittauksissa käytettävä liikkuva laboratorio.

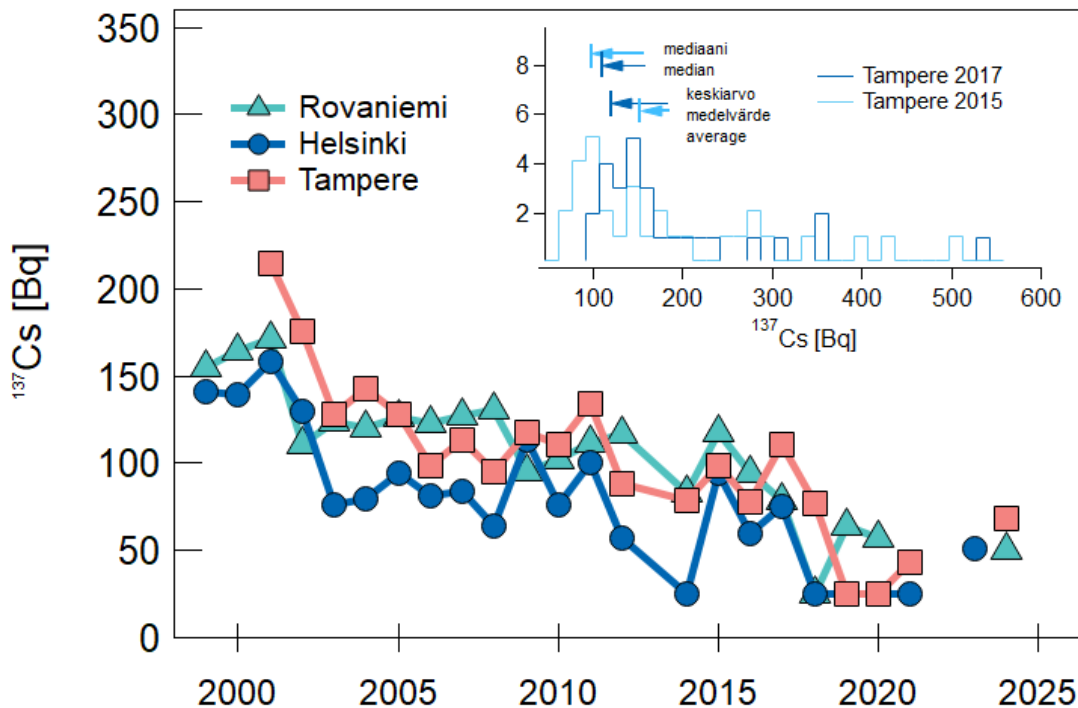
**Bild 10.1a.** Det mobila laboratoriet som används för helkroppsmätningar.

**Fig 10.1a.** The mobile laboratory used in the whole-body measurements.

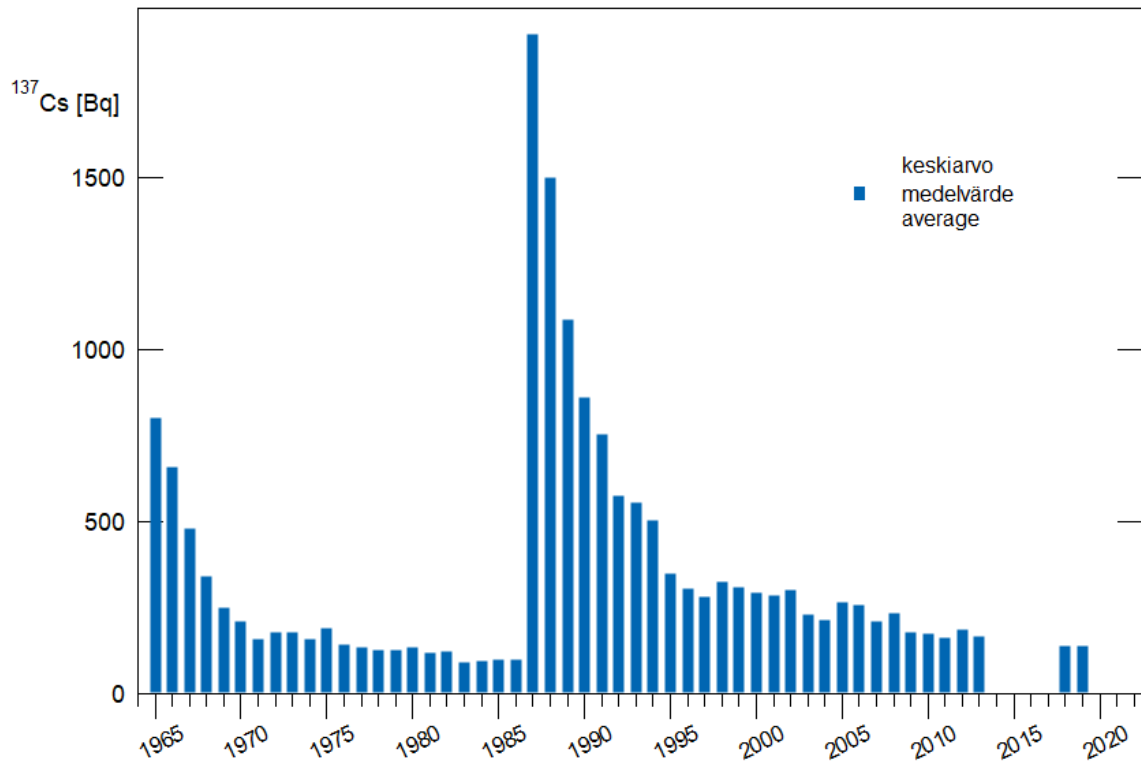




**Kuva 10.1b.** Liikkuvan laboratorion taustasuojia ja ilmaisimet ja STUKin toimitiloissa oleva gammamittauslaitteisto.  
**Bild 10.1b.** Mättningsstol i det mobila laboratoriet och gammamätning i STUK.  
**Fig. 10.1b.** The background shield and detectors of the mobile unit and gamma measurement at STUK.



**Kuva 10.2.** Cesiumin määrän muutos mittausryhmissä mitatuissa henkilöissä (Bq/henkilö) Helsingissä, Rovaniemellä ja Tampereella ajanjaksolla 1999 – 2021 sekä talvella 2023 – 2024. Ryhmissä ovat mukana kaikki yli 14-vuotiaat, jotka kävivät mittauksessa. Varsinaisen kuvan sisällä olevassa histogrammissa on esitetty Tampereen jakaumat vuosilta 2015 ja 2017.  
**Bild 10.2.** Förändring av mängden cesium (Bq/person) i personer som undersöktes i mättningsgrupperna i Helsingfors, Rovaniemi och Tammerfors under perioden 1999 – 2021 och vintern 2023 – 2024. I grupperna ingår alla personer över 14 år som besökte mätningarna. Histogrammen inuti själva bilden visar fördelningen i Tammerfors för 2015 och 2017.  
**Fig. 10.2.** Development of the cesium levels measured in the members of the measurement groups (Bq/person) in Helsinki, Rovaniemi and Tampere between 1999 and 2021 and in winter 2023 – 2024. The groups include all persons over the age of 14 who were measured. The histogram inside the actual picture shows the Tampere distributions for 2015 and 2017.



**Kuva 10.3.** Kehossa oleva <sup>137</sup>Cs-aktiivisuus keskiarvona helsinkiläisessä vertailuryhmässä vuodesta 1965.  
**Bild 10.3.** Kroppsinnehållet av <sup>137</sup>Cs som medelvärde i referensgruppen i Helsingfors mätt sedan år 1965.  
**Fig. 10.3.** Body content of <sup>137</sup>Cs as the mean in the Helsinki reference group measured since 1965.

Yhteyshenkilö: Tiina Torvela, Säteilyturvakeskus ([tiina.torvela@stuk.fi](mailto:tiina.torvela@stuk.fi))  
 Kontaktperson: Tiina Torvela, Strålsäkerhetscentralen ([tiina.torvela@stuk.fi](mailto:tiina.torvela@stuk.fi))  
 Contact person: Tiina Torvela, Radiation and Nuclear Safety Authority ([tiina.torvela@stuk.fi](mailto:tiina.torvela@stuk.fi))

# 11 Jätelietteen radioaktiiviset aineet

Vesa-Pekka Vartti

Ympäristön säteilyvalvontaohjelmaan otettiin vuonna 2009 mukaan Helsingin Viikinmäen jätevesipuhdistamon lietteet, joista seurataan keinotekoisien radionuklidien esiintymistä. Monet ympäristöön kulkeutuneet radionuklidit voidaan havaita jätevedenpuhdistamon lietteestä, sillä puhdistusprosessissa lietteeseen rikastuu monia jätevedessä olevia radionuklideja. Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietteessä havaitaan radionuklideja, jotka ovat peräisin mm. Tšernobylin onnettomuudesta, lääkinnällisestä radioisotooppien käytöstä sekä luonnosta. Tutkimalla lietteitä saadaan myös tietoa radionuklidien kulkeutumisesta ympäristössä.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1994 (kuva 11.1). Siellä puhdistetaan paitsi Helsingin myös Vantaan itä- ja keskiosien, Keravan, Tuusulan, Järvenpään, Sipoon, Mäntsälän eteläosan ja Pornaisen jätevedet. Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 270000 m<sup>3</sup> vuorokaudessa. Kuivattua jätevesilietettä syntyy vuosittain noin 60000 tonnia.

## Näytteenotto

Viikinmäen jätevedenpuhdistamon raakalietteestä ja mädätetystä kuivatusta lietteestä otetaan kaksi kertaa vuodessa näytteet, joista analysoidaan gammasäteilyä lähettävät radionuklidit. Näytteenottokuukaudet ovat maaliskuu- ja lokakuu ja molemmat näytteet otetaan samana päivänä.

## Näytteiden käsittely ja analysointi

Lietenäytteistä analysoidaan gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet ilman esikäsittelyä. Lyhytikäisten nuklidien toteamiseksi mittaus tehdään mahdollisimman nopeasti sen jälkeen, kun näyte on saapunut laboratorioon. Kuiva-ainemääritys tehdään mittauksen jälkeen.

## Tulokset

Radionuklideja käyttävien sairaaloiden syöpäklinikoiden ja isotooppiosastojen potilaiden eritteet menevät jätevedenpuhdistamoon. Hoitoja annetaan yleensä vain tiettyinä päivinä, joten päästöt jätevesiin jakautuvat ajallisesti epätasaisesti. Tämän takia sairaalanuklidien pitoisuudet lietteessä vaihtelevat suuresti.

Sairaaloissa käytettäviä radionuklideja ovat <sup>131</sup>I ja <sup>177</sup>Lu. <sup>137</sup>Cs on peräisin Tšernobylin onnettomuudesta ja <sup>238</sup>U on vedessä luonnollisesti esiintyvä radioaktiivinen aine. Jätelietteen gamma-aktiivisten radionuklidien pitoisuudet raakalietteessä vuonna 2023 on esitetty taulukossa 11.1 ja kuivatussa lietteessä taulukossa 11.2.

# 11 Radioaktiva ämnen i avloppsram

Vesa-Pekka Vartti

I programmet för övervakning av strålning i miljön tog man år 2009 med slammet från Viksbacka avloppsreningsverk i Helsingfors. Man ska undersöka förekomsten av artificiella radionuklider i slammet. I slammet från avloppsreningsverket kan man upptäcka många radionuklider som släppts ut i miljön, eftersom slammet från avloppsvattnet berikas med dessa under reningsprocessen. I slammet från Viksbacka avloppsreningsverk har man upptäckt radionuklider som härrör bland annat

från Tjernobylolyckan, användningen av radioisotoper inom medicin och från naturen. Genom att undersöka slammet får man också information om radionuklidernas förflyttning i miljön.

Viksbacka avloppsreningsverk togs i bruk år 1994 (bild 11.1). Här behandlas avloppsvatten förutom från Helsingfors även från östra och mellersta Vanda, Kervo, Tusby, Träskända, Sibbo, södra Mäntsälä och Borgnäs. Reningsverkets totala flöde är cirka 270000 m<sup>3</sup> per dygn. Det uppstår cirka 60000 ton torkat avloppsslam per år.

### Provtagning

Två gånger per år tar man prov från Viksbacka avloppsreningsverks råslam och rötade torkade slam och analyserar radionukliderna som emitterar gammastrålning. Provtagningsmånaderna är mars och oktober. Båda proven tas på samma dag.

### Hantering och analys av proven

De radioaktiva ämnena som finns i slamproven och som sänder gammastrålning analyseras utan förbehandling. För att observera de kortlivade radionukliderna görs mätningen så snabbt som möjligt efter att provet anlänt till laboratoriet. Bestämning av torrsubstansen görs efter mätningen.

### Resultat

Exkret från patienterna på cancerkliniker och vid isotopavdelningar i sjukhus där man använder radionuklider går till reningsverket. Behandlingarna ges oftast bara på vissa dagar så utsläppen i avloppsvattnet fördelas tidsmässigt ojämnt. Till följd av detta finns det stora variationer i halterna av sjukhusnuklider i slammet.

På sjukhus används radionukliderna <sup>131</sup>I och <sup>177</sup>Lu. <sup>137</sup>Cs härrör från Tjernobylolyckan och <sup>238</sup>U är ett radioaktivt ämne som förekommer naturligt i vatten. Halterna av gammaaktiva radionuklider i avfallsslammet år 2023 presenteras i tabell 11.1 (råslam) och i tabell 11.2 (torkat slam).

## 11 Radioactive substances in wastewater sludge

*Vesa-Pekka Vartti*

In 2009, the programme for the monitoring of environmental radiation was expanded to monitor the occurrence of artificial radionuclides in sludge from the Viikinmäki wastewater treatment plant in Helsinki. Sludge is a sensitive indicator of radionuclides that enter the environment since many radionuclides in wastewater are enriched during the water treatment process. Sludge from the Viikinmäki wastewater treatment plant has been found to contain radionuclides that originate, for instance, in the Chernobyl accident, medical use of radioisotopes and natural sources. Investigating sludge also provides useful information about the transfer of radionuclides in the environment.

The Viikinmäki wastewater treatment plant in Helsinki was commissioned in 1994 (Fig. 11.1). The plant processes the wastewater of Helsinki, eastern and central parts of Vantaa, Kerava, Tuusula, Järvenpää, Sipoo, southern part of Mäntsälä and Pornainen. Yearly, about 270000 m<sup>3</sup> of wastewater per day flows through the plant. The plant produces about 60000 tonnes of dried waste sludge yearly.

## Sampling

At the Viikinmäki wastewater treatment plant, samples are collected twice a year from undigested sludge and dewatered sludge and analysed for gamma-emitting radionuclides. These samples are collected in March and October, and both sample types are collected the same day.

## Pre-treatment and analyses

Sludge samples are analysed for gamma-emitting radioactive substances without pre-treatment. In order to detect any short-lived nuclides, the measurement is carried out as soon as possible after the relevant sample has arrived at the laboratory. The percentage of the dry material present in the samples is determined after measurement.

## Results

Secretions from patients of the cancer clinics and isotope wards of the hospitals that use radionuclides migrate to wastewater treatment plants. Treatments are usually administered only on certain weekdays, which is why the temporal distribution of releases into wastewater is uneven. As a result, the concentrations of these radionuclides detected in sludge can vary considerably.

The radionuclides used in hospitals include  $^{131}\text{I}$  and  $^{177}\text{Lu}$ .  $^{137}\text{Cs}$  derives from the Chernobyl accident, while  $^{238}\text{U}$  is a natural radioactive substance that can be found in water. The concentrations of the gamma-active radionuclides found in wastewater sludge and in dewatered sludge in 2023 are presented in tables 11.1 and 11.2, respectively.

**Taulukko 11.1.** Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon raakalietteessä Bq kg<sup>-1</sup> kuivapainoa kohden vuonna 2023.

**Tabell 11.1.** Gammastrålande radioaktiva ämnen i råslammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg<sup>-1</sup> torrviikt år 2023.

**Table 11.1.** Gamma-emitting radionuclides in undigested sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg<sup>-1</sup> dry weight in 2023.

Sampling date	$^{131}\text{I}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{177}\text{Lu}$	$^{238}\text{U}$
13.3.2023	1700 ± 10%*	3,5 ± 17%	7300 ± 10%	220 ± 22%
25.9.2023	2100 ± 11%	5,0 ± 28%	3300 ± 11%	260 ± 38%

\*Uncertainty is given two sigma uncertainty

**Taulukko 11.2.** Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kuivatussa lietteessä Bq kg<sup>-1</sup> kuivapainoa kohden vuonna 2023.

**Tabell 11.2.** Gammastrålande radioaktiva ämnen i det torkade slammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg<sup>-1</sup> torrviikt år 2023.

**Table 11.2.** Gamma-emitting radionuclides in dewatered sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg<sup>-1</sup> dry weight in 2023.

Sampling date	$^{131}\text{I}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{177}\text{Lu}$	$^{238}\text{U}$
13.3.2023	240 ± 9%*	4,4 ± 12%	3000 ± 7%	610 ± 12%
25.9.2023	450 ± 7%	8,5 ± 11%	2400 ± 8%	490 ± 17%

\*Uncertainty is given two sigma uncertainty



**Kuva 11.1.** Viikinmäen jätevedenpuhdistamo.

**Bild 11.1.** Viksbacka avloppsreningsverk.

**Fig. 11.1.** Viikinmäki wastewater treatment plant.

---

Yhteyshenkilö: Vesa-Pekka Vartti, Säteilyturvakeskus ([vesa-pekka.vartti@stuk.fi](mailto:vesa-pekka.vartti@stuk.fi))

Kontaktperson: Vesa-Pekka Vartti, Strålsäkerhetscentralen ([vesa-pekka.vartti@stuk.fi](mailto:vesa-pekka.vartti@stuk.fi))

Contact person: Vesa-Pekka Vartti, Radiation and Nuclear Safety Authority ([vesa-pekka.vartti@stuk.fi](mailto:vesa-pekka.vartti@stuk.fi))

# 12 Radioaktiiviset aineet Itämeressä

Vesa-Pekka Vartti

Kaikki Itämeren maat ovat ratifioineet Helsingin sopimuksen eli Itämeren merellisen ympäristön suojelusopimuksen. Helsinki-komissio (HELCOM) koordinoi kansainvälistä yhteistyötä, joka huolehtii sopimuksen täytäntöönpanosta. Komission suosituksessa 26/3 on määritelty ohjelma, jonka avulla valvotaan radioaktiivisten aineiden esiintymistä, kulkeutumista ja määrää Itämeressä. Kaikki Itämeren rantavaltiot osallistuvat valvontaan omalla osuudellaan. Suomen osuutena on ottaa vuosittain reilut sata näytettä Itämeren vedestä, pohjasedimenteistä, kaloista ja muista eliöistä, analysoida niissä olevat radioaktiiviset aineet ja raportoida tulokset komission tietokantaan. Säteilyturvakeskus vastaa Suomen osuudesta ohjelmassa. Tuloksista laaditaan yhteisraportteja määräajoin. Lisäksi STUK ylläpitää päästörekiesteriä, johon kaikkien Itämeren piirissä toimivien ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden päästöt raportoidaan vuosittain.

## Näytteenotto

Merivesi-, pohjasedimentti-, kala- ja muiden eliönäytteiden (kuten levät ja pohjaeläimet) näytteenottopisteet on esitetty kuvassa 12.1. Näytteet otetaan vuosittain tutkimusalus Arandalla, sekä rannikon läheisyydessä STUKin tai paikallisten näytteenottajien toimesta.

## Tulokset

Itämeri on ollut intensiivisen radioekologisen tutkimuksen kohteena jo 1950-luvun lopulta alkaen. Tšernobylin ydinvoimalaitoksessa 1986 tapahtunut onnettomuus lisäsi edelleen siihen kohdistunutta radioekologista mielenkiintoa, sillä Itämeri oli kaikkein eniten laskeumaa saanut merialue maapallolla.

Tšernobylin laskeuma jakautui hyvin epätasaisesti Itämeren valuma-alueelle; eniten laskeumaa kertyi Selkämeren ja itäisen Suomenlahden alueille. Vuosien kuluessa Tšernobylin cesiumin levinneisyyskuva on muuttunut jokien tuoman cesiumin, vesimassojen sekoittumisen, merivirtojen ja sedimentoitumisen vaikutuksesta. Cesiumia on kulkeutunut virtausten mukana Suomenlahdelta ja Pohjanlahdelta varsinaiselle Itämerelle, ja edelleen Tanskan salmien kautta Pohjanmerelle.

Vuonna 2023 pinnan läheisessä vesikerroksessa mitattiin  $^{137}\text{Cs}$ :ää 8 – 19 becquereliä kuutiometrissä vettä ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ). Vaikka  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuudet merivedessä ovat laskeneet huippuvuosista (kuva 12.2), Itämeri on yhä yksi maailman saastuneimmista merialueista  $^{137}\text{Cs}$ :n suhteen. Merivedestä mitatut tritiumpitoisuudet vaihtelivat  $< 1,1 - 5,1$  becquereliä litrassa ( $\text{Bq}/\text{l}$ ). Suurimmat tritiumpitoisuudet mitattiin ydinvoimalaitosten välittömässä läheisyydessä. Meriveden  $^{90}\text{Sr}$ -pitoisuus vaihteli välillä 3,3 – 5,4 becquereliä kuutiometrissä vettä ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ).

Suurin osa Itämereen tulleesta radioaktiivisesta cesiumista on vajonnut pohjasedimentteihin. Sedimentin pintakerroksessa  $^{137}\text{Cs}$ -pitoisuus vaihteli 100 – 350  $\text{Bq}/\text{kg}$ . Pohjasedimenteissä  $^{137}\text{Cs}$ :n kokonaismäärät pinnasta noin 30 cm syvyyteen olivat itäisen Suomenlahden ja Selkämeren havaintopaikoissa 4800 – 38000 becquereliä neliömetrillä ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ). Muissa Itämeren alueen havaintopaikoissa kokonaismäärät vaihtelivat välillä 1400 – 3900  $\text{Bq}/\text{m}^2$ . Itämeren pohjaan arvioidaan olevan varastoituneena  $2,5 \times 10^{15}$   $\text{Bq}$  (2,5 terabecquereliä)  $^{137}\text{Cs}$ :ää, josta yli puolet on sitoutuneena Selkämeren pohjasedimentteihin.

Vuonna 2023 cesiumin pitoisuudet vaihtelivat Suomen rannikoilta pyydetyissä hauissa 5,1 – 12 becquereliä kilossa ( $\text{Bq}/\text{kg}$ ) ja olivat silakoissa korkeimmillaan 2,3  $\text{Bq}/\text{kg}$  (kuva 12.3). Itämeren kaloista suomalaisille aiheutunut sisäisen säteilyannos oli alle 0,0005 millisievertiä ( $\text{mSv}$ ) vuonna 2023.

# 12 Radioaktiva ämnen i Östersjön

Vesa-Pekka Vartti

Alla Östersjöländer har ratificerat Helsingforskonventionen, Konventionen om skydd av Östersjöområdet marina miljö. Helsingforskommissionen (HELCOM) koordinerar det internationella samarbetet som ser till att konventionen verkställs. HELCOMs rekommendation 26/3 definierar programmet för övervakning av förekomst, transport och mängder av radioaktiva ämnen i Östersjön. Alla Östersjöländer deltar i övervakningen med sina egna nationella program. I Finlands andel ingår tagning av ungefär hundra prov på havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota, analysering av radioaktiva ämnen i proverna och rapportering av resultaten till HELCOMs databas. STUK är ansvarigt för Finlands andel i programmet. Resultaten publiceras regelbundet i gemensamma rapporter. Därtill upprätthåller STUK ett utsläppsregister, i vilket parterna rapporterar årliga utsläppsdata från alla de kärnanläggningar som är i drift i Östersjöområdet.

## Provtagning

Provtagningsplatserna för havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota visas i bild 12.1. Proven tas årligen på det finska forskningsfartyget Aranda samt i kustområdena av STUK:s personal eller andra lokala provtagare.

## Resultat

Östersjön har sedan 1950-talets slut varit föremål för intensiva radioekologiska undersökningar. Olyckan i Tjernobyl år 1986 ökade dess radioekologiska intresse ytterligare, då Östersjön var det havsområde globalt sett som påverkades mest av Tjernobylnedfallet. Nedfallet fördelades mycket ojämnt i Östersjöns avrinningsområden; områdena kring Bottenhavet och östra Finska viken mottog mest nedfall. Under årens lopp har spridningsbilden av Tjernobylicesium förändrats något till följd av cesiumutsläpp med älvar, blandning av vattenmassorna, havsströmmar och sedimentationsprocesser. Cesium har transporterats med havsströmmarna från Finska viken och Bottenhavet till den egentliga Östersjön och vidare ut i Nordsjön genom de danska sunden.

År 2023 varierade halterna av  $^{137}\text{Cs}$  i ytvattnet från 8 till 19 becquerel per kubikmeter vatten ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ). Även om  $^{137}\text{Cs}$ -halterna i havsvattnet har minskat med tiden efter olyckan i Tjernobyl (bild 12.2), är Östersjön fortfarande världens mest förorenade havsområde vad gäller  $^{137}\text{Cs}$ . Tritiumhalterna i havsvatten varierade  $<1,1 - 5,1$  becquerel per liter ( $\text{Bq}/\text{l}$ ). De högsta tritiumhalterna observerades nära kärnkraftverk. Havsvattnets  $^{90}\text{Sr}$ -halt varierade mellan  $3,3 - 5,4$  Becquerel per kubikmeter vatten ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ).

Merpart av  $^{137}\text{Cs}$  har sjunkit ner botten sediment. I sediments ytskikt  $^{137}\text{Cs}$  halterna varierade  $100 - 350$   $\text{Bq}/\text{kg}$ . I bottensedimenten var totalmängderna av  $^{137}\text{Cs}$  från ytan till cirka 30 centimeters djup  $4800 - 38000$  becquerel per kvadratmeter ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) vid provtagningsstationerna i östra Finska viken och Bottenhavet. Vid de andra stationerna i Östersjön varierade totalmängderna från  $1400$  till  $3900$   $\text{Bq}/\text{m}^2$ . Den totala mängden  $^{137}\text{Cs}$  i Östersjöns botten uppskattas vara cirka  $2,5 \times 10^{15}$   $\text{Bq}$  ( $2,5$  terabecquerel). Över hälften av detta är bundet i Bottenhavets sediment.

År 2023 varierade cesiumhalterna i gäddor som fiskats längs den finska kusten  $5,1 - 12$   $\text{Bq}/\text{kg}$ . I strömmingar var cesiumhalten som högst  $2,3$   $\text{Bq}/\text{kg}$  (bild 12.3). Den interna stråldos som finländare fick från Östersjöfiskar år 2023 uppskattades vara mindre än  $0,0005$   $\text{mSv}$ .



# 12 Radioactive substances in the Baltic Sea

Vesa-Pekka Vartti

All Baltic Sea countries have ratified the Helsinki Convention, the Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area. The Helsinki Commission (HELCOM) co-ordinates international co-operation focusing on the implementation of the Convention. Recommendation 26/3 of the HELCOM defines the programme for monitoring the occurrence, transport and amounts of radionuclides in the Baltic Sea. All the Baltic Sea countries contribute to the monitoring with their own national programmes. The Finnish contribution consists of about 100 annual samples from seawater, bottom sediments, fish and other biota, the analysis of radioactive substances and the reporting of the results to the HELCOM database. STUK is responsible for the Finnish part of the programme. The results are published in joint reports regularly. In addition, STUK maintains a Discharge Register, to which the Contracting Parties annually report discharge data from all nuclear facilities operating in the Baltic Sea area.

## Sampling

The sampling stations or areas for seawater, bottom sediments, fish and other biota are shown in Fig. 12.1. The samples are taken annually on board the Finnish Research Vessel Aranda or in the coastal areas by the staff of STUK or other local people.

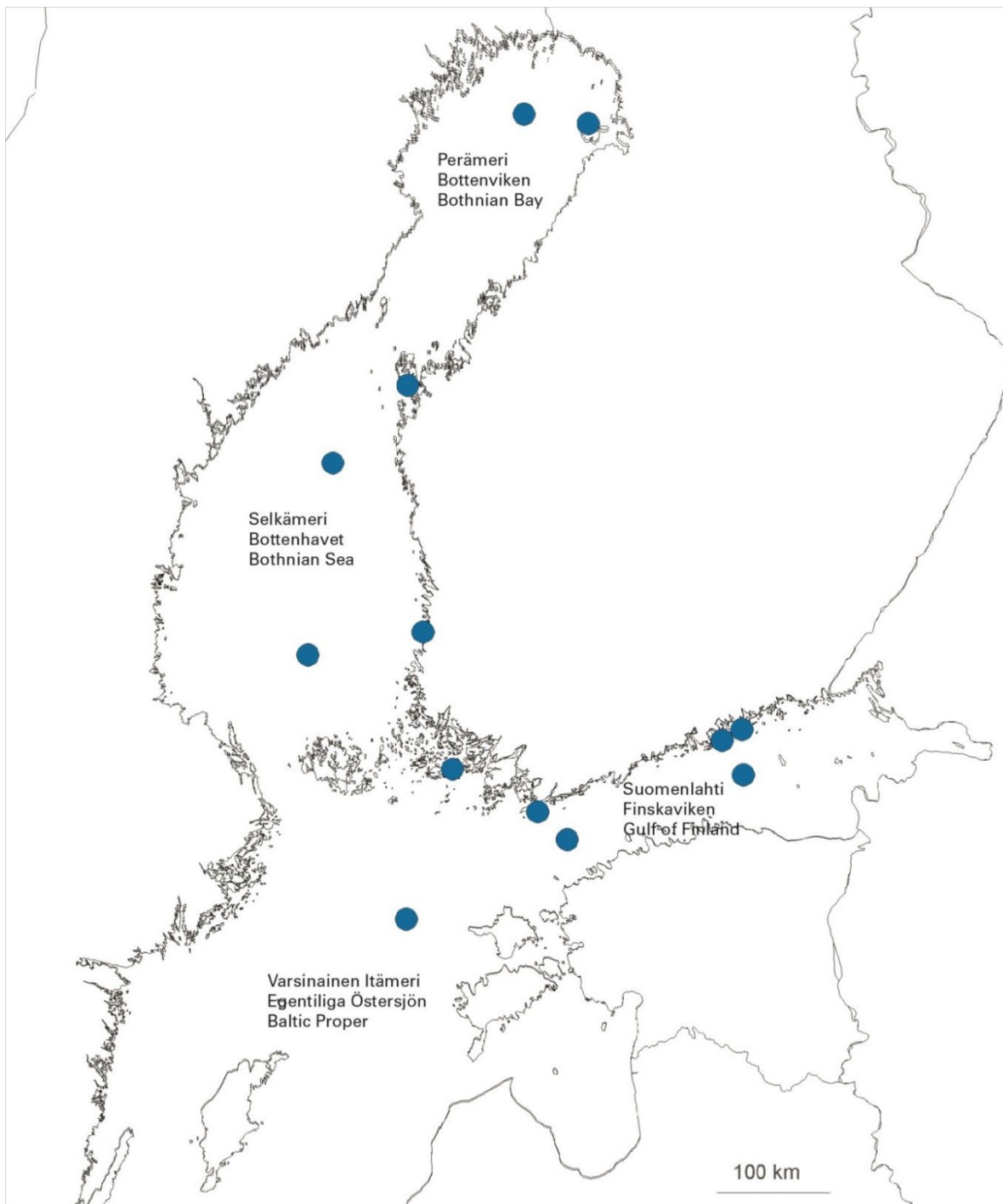
## Results

Since the late 1950s, the Baltic Sea has been an object of intensive radioecological studies. The accident at the Chernobyl NPP in 1986 further increased its radioecological interest because the Baltic was the marine area most affected by the Chernobyl fallout. The fallout from Chernobyl was very unevenly dispersed in the drainage area of the Baltic Sea; the areas of the Gulf of Bothnia and the eastern part of the Gulf of Finland received most of deposition. In the course of time, the distribution pattern of the Chernobyl-derived cesium has somewhat changed because of river discharges, the mixing of water masses, sea currents and sedimentation processes. Cesium has been transported by sea currents from the Gulf of Finland and the Gulf of Bothnia into the Baltic Proper and further out from the Baltic Sea through the Straits of Denmark.

In 2023, the  $^{137}\text{Cs}$  concentrations of surface water varied from 8 to 19 becquerel per cubic metre ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ). Even though the  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in seawater have decreased with time (Fig. 12.2), the Baltic Sea is still the most contaminated sea in the world with respect of  $^{137}\text{Cs}$ . Tritium concentrations in sea water varied  $< 1.1 - 5.1$  ( $\text{Bq}/\text{l}$ ). The highest tritium concentrations were measured in vicinity of nuclear power plants. The  $^{90}\text{Sr}$  concentration in sea water varied between  $3.3 - 5.4$  becquerel per cubic metre ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) of water.

Most of the  $^{137}\text{Cs}$  present in the Baltic Sea has buried in the bottom sediments. In the surface layer of sediment, the  $^{137}\text{Cs}$  concentration varied  $100 - 350$   $\text{Bq}/\text{kg}$ . The total amounts of  $^{137}\text{Cs}$  in bottom sediments were  $4800 - 38000$   $\text{Bq}/\text{m}^2$  at the sampling stations of the eastern Gulf of Finland and the Bothnian Sea. At the other stations in the Baltic Sea, the amounts of cesium were clearly smaller:  $1400 - 3900$   $\text{Bq}/\text{m}^2$ . According to a recent evaluation, the total inventory of  $^{137}\text{Cs}$  in the Baltic Sea sediments was about  $2.5 \times 10^{15}$   $\text{Bq}$  (2.5 tera becquerel), and more than half of this was bound in the seabed of the Gulf of Bothnia.

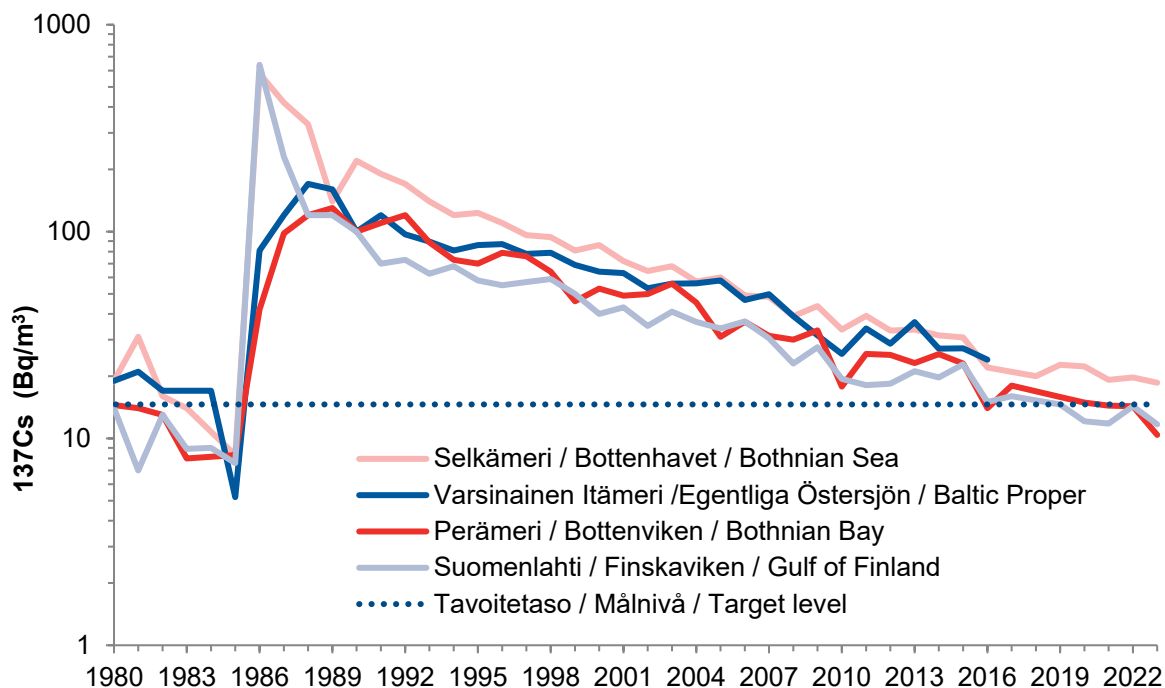
In 2023, the cesium concentrations varied  $5.1 - 12$   $\text{Bq}/\text{kg}$  in pikes caught on Finnish coasts (Fig. 12.3), while in Baltic herrings they were  $2.3$   $\text{Bq}/\text{kg}$  at maximum. The internal radiation dose from Baltic Sea fish to Finnish people was estimated to be less than  $0.0005$   $\text{mSv}$  in 2023.



**Kuva 12.1.** Näytteenottopisteet merivedelle, pohjasedimentille, kaloille ja muulle biotalle.

**Bild 12.1.** Provtagningsplatserna för havsvatten, botten sediment, fisk och annan biota.

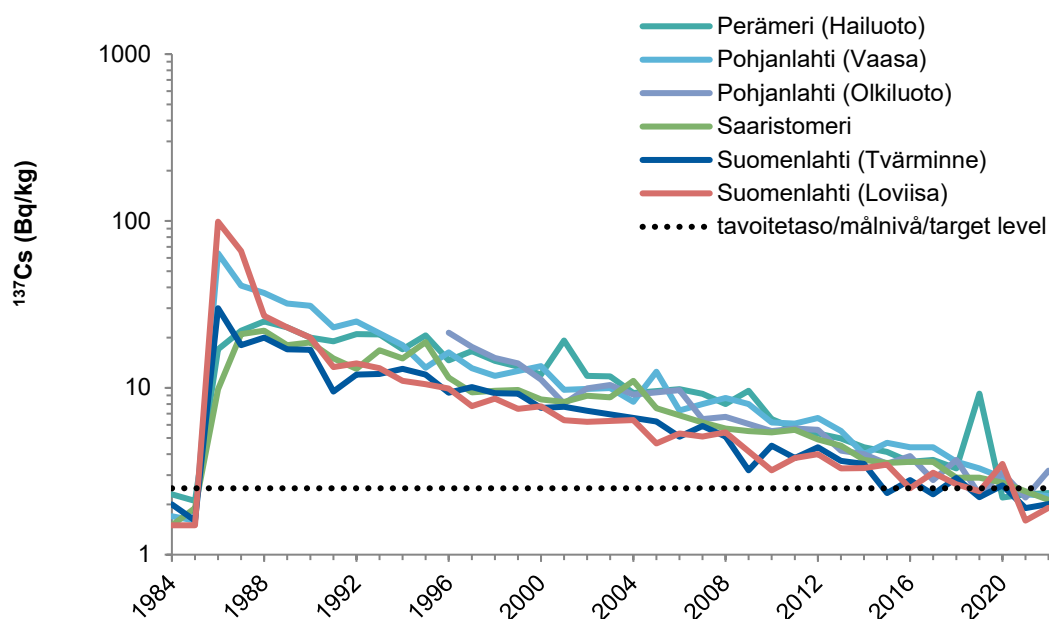
**Fig. 12.1.** Sampling stations and areas for sea water, bottom sediment, fish and other biota.



**Kuva 12.2.**  $^{137}\text{Cs}$ :n aktiivisuuspitoisuus ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) merivedessä vuosina 1980 – 2023.

**Bild 12.2.**  $^{137}\text{Cs}$ -halter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) i ytvatten år 1980 – 2023.

**Fig. 12.2.** Activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) in seawater during 1980 – 2023.



**Kuva 12.3.**  $^{137}\text{Cs}$ :n aktiivisuuspitoisuus ( $\text{Bq}/\text{kg}$ ) Itämerestä pyydystetyssä silakassa 1984 – 2023.

**Bild 12.3.**  $^{137}\text{Cs}$ -halter ( $\text{Bq}/\text{kg}$ ) i fisk (strömmingar) i Östersjön år 1984 – 2023.

**Fig. 12.3.** Activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Bq}/\text{kg}$ ) in fish (herring) in the Baltic Sea during 1984 – 2023.

Yhteyshenkilö: Vesa-Pekka Vartti, Säteilyturvakeskus ([vesa-pekka.vartti@stuk.fi](mailto:vesa-pekka.vartti@stuk.fi))

Kontaktperson: Vesa-Pekka Vartti, Strålsäkerhetscentralen ([vesa-pekka.vartti@stuk.fi](mailto:vesa-pekka.vartti@stuk.fi))

Contact person: Vesa-Pekka Vartti, Radiation and Nuclear Safety Authority ([vesa-pekka.vartti@stuk.fi](mailto:vesa-pekka.vartti@stuk.fi))

## LIITE 1

# Ionisoivaan säteilyyn liittyviä keskeisiä suureita ja niiden yksiköitä

**Aktiivisuus:** Aineen radioaktiivisuutta määrällisesti kuvaava suure on aktiivisuus, jonka yksikkö on becquerel (Bq). Lähteen tai aineen aktiivisuus on 1 Bq, kun siinä tapahtuu keskimäärin yksi radioaktiivinen hajoaminen sekunnissa.

**Aktiivisuuspitoisuus:** Mitattaessa radioaktiivisten aineiden aktiivisuutta tilavuus- tai painoyksikköä kohden kaasuiissa, nesteissä tai kiinteissä aineissa käytetään suuretta aktiivisuuspitoisuus, jonka yksikkö voi olla Bq/m<sup>3</sup>, Bq/l tai Bq/kg.

**Säteilyannos:** Säteilyannoksella tarkoitetaan yleisesti sitä energiamäärää, jonka säteily jättää kohdeaineeseen sen painoyksikköä kohti. Tässä raportissa käytettävällä säteilyannoksella tarkoitetaan kuitenkin ns. **efektiivistä säteilyannosta**, joka kuvaa sitä terveysriskiä (lähinnä syöpäriskiä), jonka ihmiseen kohdistuva säteily aiheuttaa. Efektiivisen annoksen yksikkö on sievert (Sv). 1 Sv vastaa noin 5 % todennäköisyyttä saada elinaikana säteilystä aiheutunut syöpä. Käytännössä käytetään sievertin tuhannesosaa, millisievert (mSv) tai sievertin miljoonasosaa, mikrosievert (µSv). Jos ihminen saa mistä tahansa säteilylähteestä 1 mSv efektiivisen säteilyannoksen, on hänellä noin 0,005 % todennäköisyys saada tästä aiheutuva syöpä elinaikanaan.

**Puoliintumisaika:** Koska radioaktiivinen aine hajoaa itsestään toiseksi alkuaineeksi, sen määrä jatkuvasti pienenee, ellei sitä synny lisää jonkin toisen radioaktiivisen aineen hajoamistuotteena tai ellei sitä synnytetä keinotekoisesti. Jokaisella radioaktiivisella aineella on oma keskimääräinen nopeutensa, jolla se hajoaa. Puoliintumisajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu radioaktiivisen aineen määrän (ja samalla aktiivisuuden) vähenemiseen puoleen alkuperäisestä.

# BILAGA 1

## Joniserande strålning, dess viktigaste storheter och deras enheter

**Aktivitet:** Mängd av ett radioaktivt ämne beskrivs med dess aktivitet. Aktivitetens enhet är becquerel (Bq). Ämnets aktivitet är 1 Bq, när det händer i genomsnitt ett radioaktivt sönderfall per sekund.

**Aktivitetskoncentration:** Mängd av ett radioaktivt ämne i gaser, vätskor eller fasta ämnen uppges som en aktivitetskoncentration, vilkens enhet kan vara Bq/m<sup>3</sup>, Bq/l eller Bq/kg.

**Stråldos:** Stråldos betyder den mängd energi som strålning lämnar i målmaterialet per viktenhet. Stråldos, som används i denna rapport, betyder dock den så kallade **effektiva dosen**, vilket indikerar den hälsorisk (främst risken för cancer), som strålningen orsakar på människor. Enheten för effektiv dos är sievert (Sv). 1 Sv motsvarar cirka 5 % risk för att få cancer från strålning under livstid. I praktiken används tusendels sievert, millisievert (mSv), eller miljondels sievert, mikrosieverts (µSv). Om en person får 1 mSv effektiv dos från en strålkälla, har han/hon ungefär 0,005 % sannolikhet att få cancer under sin livstid.

**Halveringstid:** Eftersom det radioaktiva ämnet av sig själv sönder ned till andra element, dess mängd kontinuerligt minskar, om det inte är en sönderfallsprodukt av ett annat radioaktivt ämne eller om det inte skapas konstgjort. Varje radioaktivt ämne har sin egen genomsnittliga sönderfallshastighet. Halveringstid betyder den tid som förflyter när den mängd radioaktivt ämne (och därmed aktivitet) minskar till hälften av den ursprungliga mängden.

# APPENDIX 1

## Ionizing radiation, the key parameters and their units

**Activity:** Quantity of a radioactive material is described by its activity. The unit of activity is becquerel (Bq). Activity of a radioactive material is 1 Bq, when there happens, as an average, one radioactive decay per second.

**Activity concentration:** Quantity of a radioactive material per unit volume or weight of gases, liquids or solids is given in general as an activity concentration. Concentration unit can be Bq/m<sup>3</sup>, Bq/l or Bq/kg.

**Radiation dose:** Radiation dose refers generally to the amount of energy left by radiation in the target material per its unit weight. In this report the radiation dose means, however, the so-called **effective dose**, which indicates the health risk (mainly the risk of cancer) caused by radiation on humans. Unit of effective dose is sievert (Sv). 1 Sv corresponds to about 5% likelihood to get a radiation induced cancer. In practice thousandth of sievert, millisieverts (mSv), or millionth of sievert, microsievert (μSv), are used. If a person receives 1 mSv effective dose from any source of radiation, he/she has approximately of 0.005% probability of getting a cancer as the result of this dose during his/her lifetime.

**Half-life:** Since the radioactive substance decays naturally to another element, its amount declines continuously, if it is not a decay product of other radioactive substance, or if it is not created artificially. Each radioactive substance has its own average speed at which it decays. Half-life means the time during which the amount of radioactive substance (and thus the activity) lessens to half of the original amount.