



STUK-B 304 / KESÄKUU 2023

Aleksi Mattila, Samu Inkinen (toim.)

B

Ympäristön säteilyvalvonta

Suomessa

Vuosiraportti 2022

Strålningsövervakning av

miljön i Finland

Årsrapport 2022

Environmental Radiation

Monitoring in Finland

Annual Report 2022

STUK-B 304 / KESÄKUU 2023

Kirjoittajat

Maria Kaipainen
Tero Karhunen
Katja Kojo
Päivi Kurttio
Jussi-Pekka Laine
Aleksi Mattila
Jussi Paatero
Tuomas Peltonen
Reko Simola
Tiina Torvela
Jani Turunen
Vesa-Pekka Vartti

Säteilyturvakeskus
Jokiniemenkuja 1
01370 Vantaa
www.stuk.fi

ISBN 978-952-309-567-0 (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 2022 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 jäteliitteistä. Lisäksi valvontaohjelmaan sisältyy ihmisten kehossa olevien radioaktiivisten aineiden seuranta sekä Itämeren radioaktiivisuuden seuranta. Säteilyvalvonnalla seurataan erityisesti keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määriä ympäristössä. Lisäksi tässä raportissa kerrotaan sisäilman radonpitoisuuksien seurannasta. Säteilylain nojalla STUKissa tehtävä luonnonsäteilyn valvonta on raportoitu 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 veloitteiden 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, Arktinen keskus, 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/Töölön sairaala, Pirkanmaan Voimia Oy, Lapin keskussairaala, Helsingin seudun ympäristöpalvelut, Helsingin Yhteislyseo, Hatanpään yläaste ja lukio, sekä Rovaniemen koulutoimi / Korkalovaaran yläaste ja Lyseonpuiston lukio.

Raportin tarkoituksena on antaa tietoa ympäristön säteilytilanteesta Suomessa kaikille asiasta kiinnostuneille. Raportti on löydettävissä Säteilyturvakeskuksen kotisivuilta osoitteessa: 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 2022 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. Den enligt strålsäkerhetslagen genomförda övervakningen av naturlig strålning på STUK har rapporterats i STUKs årsrapport *Användning av strålning och annan verksamhet som medför exponering för strålning (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, Arktiskt centrum, 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/Tölö sjukhus, Pirkanmaan Voimia Oy, Lapplands centralsjukhus, Helsingforsregionens miljötjänster, gymnasieskolan Helsingin Yhteislyseo, högstadie- och gymnasieskolan Hatanpään yläaste ja lukio och skolväsendet i Rovaniemi/högstadieskolan Korkalovaaran yläaste och gymnasieskolan Lyseonpuiston lukio.

Syftet med rapporten är att informera alla intresserade om strålningsituationen i miljön i Finland. Rapporten finns tillgänglig på Strålsäkerhetscentralens webbplats 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 2022. STUK-B 304. Helsinki 2023. 85 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 2022, 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. This report also discusses the monitoring of the radon concentrations found in indoor air. The natural radiation monitoring that STUK conducts pursuant to 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, the Arctic Centre, 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/Töölö Hospital, Pirkanmaan Voimia Oy, Lapland Central Hospital, Helsinki Region Environmental Services Authority, Helsingin Yhteislyseo upper secondary

school, Hatanpää lower and upper secondary school and Rovaniemi education services/Korkalovaara lower secondary school and Lyseonpuisto upper secondary school.

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, where STUK also publishes the latest results of environmental radiological monitoring.

Sisällys

ESIPUHE	3
FÖRORD	4
PREFACE	5
1 YHTEENVETO	10
2 SÄTEILYANNOKSET	16
3 ULKOINEN SÄTEILY	19
4 ULKOILMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	25
4.1 ULKOILMAN GAMMA-AKTIIVISET AINEET	25
4.2 ULKOILMAN KOKONAISBEETA-AKTIIVISUUS	33
5 LASKEUMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	38
6 PINTAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	44
7 TALOUSVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	48
8 MAIDON RADIOAKTIIVISET AINEET	52
9 ELINTARVIKKEIDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	57
9.1 YHDEN VIIKON ATERIAT	57
9.2 KAUPAN ELINTARVIKKEET	58
10 RADIOAKTIIVISET AINEET IHMISESSÄ	64
11 JÄTELIETTEEN RADIOAKTIIVISET AINEET	70
12 RADIOAKTIIVISET AINEET ITÄMERESSÄ	76
13 SISÄILMAN RADON	81
LIITE 1 IONISOIVAAN SÄTEILYYN LIITTYVIÄ KESKEISIÄ SUUREITA JA NIIDEN YKSIKÖITÄ	86

Innehallsförteckning

FÖRORD	4
1 SAMMANDRAG	12
2 STRÅLDOSER	17
3 EXTERN STRÅLING	20
4 RADIOAKTIVA ÄMNEN I UTELUFT	26
4.1 GAMMA-AKTIVA ÄMNEN I UTELUFT	26
4.2 TOTAL BETA AKTIVITET I UTELUFT	34
5 RADIOAKTIVA ÄMNEN I NEDFALL	39
6 RADIOAKTIVA ÄMNEN I YTVATTEN	45
7 RADIOAKTIVA ÄMNEN I HUSHÅLLSVATTEN	49
8 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MJÖLK	53
9 RADIOAKTIVA ÄMNEN I LIVSMEDEL	58
9.1 EN VECKAS MÅLTIDER	58
9.2 LIVSMEDEL I BUTIKER	59
10 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MÄNNISKROPPEN	65
11 RADIOAKTIVA ÄMNEN I AVLOPPSSLAM	71
12 RADIOAKTIVA ÄMNEN I ÖSTERSJÖN	77
13 RADON I INOMHUSLUFTEN	82
BILAGA 1 JONISERANDE STRÅLNING, DESS VIKTIGASTE STORHETER OCH DERAS ENHETER	87

Contents

PREFACE	5
1 SUMMARY	14
2 RADIATION DOSES	18
3 EXTERNAL RADIATION	21
4 AIRBORNE RADIOACTIVE SUBSTANCES	27
4.1 GAMMA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR	27
4.2 GROSS BETA ACTIVITY OF GROUND LEVEL AIR	34
5 RADIONUCLIDES IN DEPOSITION	40
6 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN SURFACE WATER	46
7 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN HOUSEHOLD WATER	50
8 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK	54
9 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FOODSTUFFS	60
9.1 ONE-WEEK DIET	60
9.2 FOODSTUFFS ON THE MARKET	61
10 RADIOACTIVITY IN MAN	66
11 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN WASTEWATER SLUDGE	72
12 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE BALTIC SEA	78
13 RADON IN INDOOR AIR	83
APPENDIX 1 IONIZING RADIATION, THE KEY PARAMETERS AND THEIR UNITS	88

1 Yhteenveto

Tämä raportti on yhteenveto ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista Suomessa vuonna 2022. 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 2022 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 2022 aikana neljässä 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 2022 aikana valvontaverkon GM-anturit hälyttivät kerran syyn ollessa tekninen vika. Spektrometriverkon kautta ei tullut hälytyksiä.

Laskeuma- ja talousvesinäytteiden tritiumpitoisuudet olivat välillä 1 – 3 Bq/l. Elintarvikkeista ei havaittu yli 600 Bq/kg ylittäviä ¹³⁷Cs:n aktiivisuuspitoisuuksia. Tätä pitoisuutta ei suositella ylitettäväksi, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikalvoja.

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

Jäteliitteessä havaittiin Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa ¹³⁷Cs:a, luonnon radioaktiivisia aineita ja sairaalasta käytettyjä radioaktiivisia aineita. Radionuklideja käyttävien sairaaloiden syöpäklinikoiden ja isotooppiasosten potilaiden eritteet kulkeutuvat jätevesipuhdistamoon ja näkyvät siten jäteliitteissä.

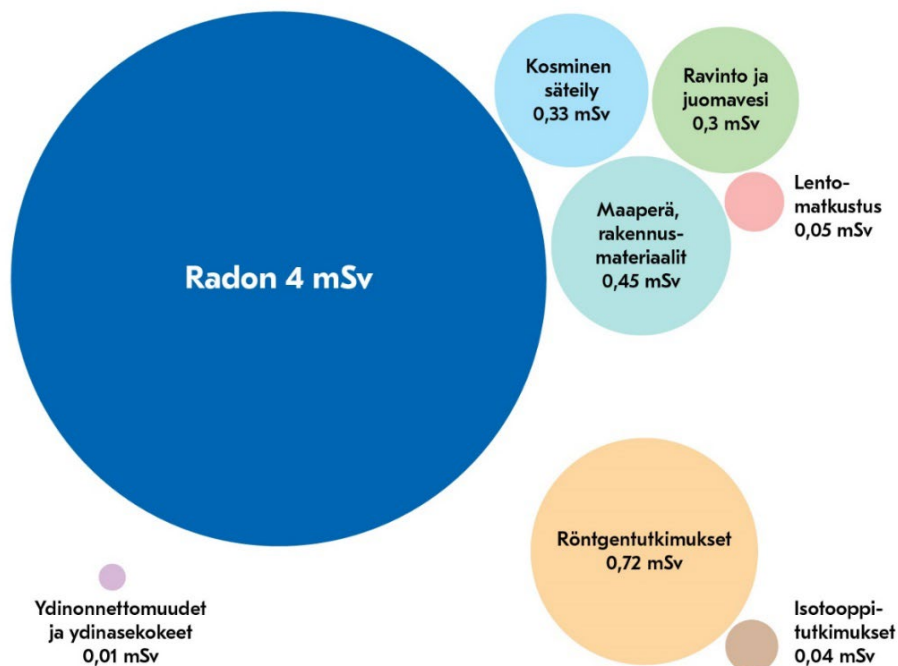
Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2022 oli alle 0,02 mSv, mikä on pieni suomalaisten vuotuisen keskimääräiseen annokseen 5,9 mSv verrattuna. Vuoden 2022 tulokset osoittavat, että vuoden aikana ympäristöön ei tapahtunut sellaisia radioaktiivisten aineiden päästöjä, joilla olisi haittavaikutuksia ihmisen terveydelle tai ympäristölle Suomessa.

Sisäilman radonin (²²²Rn) pääasiallinen lähde on maaperän uraanipitoinen kiviaines. Korkeita radonpitoisuuksia esiintyy niissä rakennuksissa, joiden perustusrakenteet eivät ole riittävän tiiviitä estämään radonpitoisen maaperän huokosilman pääsyn sisätiloihin. Tehokkaimmin radonia torjutaan rakennusvaiheen toimenpiteillä, eli rakentamalla alapohjarakenteet tiiviiksi ja asentamalla lattialaatan alle radonputkisto. STUKin mittauksissa vuonna 2022 asuntomittausten

radonpitoisuuden mediaani oli 109 Bq/m³ ja 15 % radonpitoisuuden vuosikeskiarvoista oli suurempi kuin viitearvo 300 Bq/m³.

Radonrekisteristä, johon tallennetaan STUKin tekemien asuntojen radonmittaustulokset, saadut pitoisuuksien tunnusluvut yliarvioivat kaikkien Suomen asuntojen radonpitoisuuksia, koska tunnettujen korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin matalien radonpitoisuuksien alueella.

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



Kuva 1.1. Suomalaisten 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 0,02 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 0,02 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 0,02 mSv.

1 Sammandrag

Aleksi Mattila

Denna rapport är ett sammandrag av övervakningen av strålning i miljön i Finland 2022. 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 2022 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 2022 kunde man i fyra 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 2022 larmade övervakningsnätets GM-detektorer en gång på grund av ett tekniskt fel. Spektrometernätverket gav inga larm.

Tritiumhalterna i nedfalls- och hushållsvattenproven var 1 – 3 Bq/l. I livsmedel observerades inga aktivitetskoncentrationer av ^{137}Cs som överskred 600 Bq/kg. Det rekommenderas att inte överskrida denna halt när vilt, skogsbär och skogssvamp samt insjöfisk släpps ut på marknaden.

I proverna som samlats in från Östersjön syns fortfarande ^{137}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}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 2022 under 0,02 mSv, vilket är lågt jämfört med den genomsnittliga stråldosen som finländarna får under ett år, 5,9 mSv. Resultaten för 2022 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.

Radon (^{222}Rn) i inomhusluften härstammar oftast från uranhaltigt stenmaterial i marken. Höga radonhalter förekommer i byggnader vars grundkonstruktion inte är tillräckligt tät för att förebygga att

radonhaltig luft tränger in i huset. Det effektivaste sättet att bekämpa radon är genom att vidta åtgärder i byggnadsskedet och bygga ett tätt bottenbjälklag och montera ett radonrörverk under golvplattan. Vid STUKs mätningar 2022 var medianvärdet för radonhalten i bostäder 109 Bq/m³ och 15 procent av årsmedeltalen för radonhalten var över referensvärdet 300 Bq/m³.

Nyckeltalen för halterna som fås från radonregistret dit STUKs radonmättningsresultat för bostäder sparas överskattar radonhalterna för alla bostäder i Finland, eftersom det görs fler mätningar i bostäder i sådana områden där man vet att radonhalten är hög än i områden med låga radonhalter.

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

1 Summary

Alexi Mattila

This report is a summary of the results of environmental radiation monitoring in Finland in 2022. 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 2022 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 2022, four 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 2022, the GM sensors in the monitoring network triggered an alarm, which was caused by a technical malfunction. No alarms came through the spectrometer network.

The tritium concentrations in fallout and domestic water samples were in the 1 – 3 Bq/l range. In samples taken from foodstuffs, the ^{137}Cs activity concentrations were found not to exceed 600 Bq/kg. It is a recommendation not to exceed this concentration when putting wild game, berries, mushroom and lake fish on the market.

^{137}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 ^{137}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 2022, which is low compared to the average annual dose of 5.9 mSv in Finland. The 2022 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 primary source of radon (^{222}Rn) in indoor air is the rock material containing uranium in the soil. High radon concentrations occur in buildings whose foundations are not sufficiently well-sealed to prevent the entry of radon-carrying soil air into the indoor spaces. Radon is most effectively prevented by measures taken at the construction stage, i.e. by building the base floor structures to be leak-tight and installing radon piping under the floor slab. In the measurements carried out by STUK in 2022, the median for radon concentration in residential measurements was 109 Bq/m^3 and 15% of the annual averages for radon concentration were greater than the reference value of 300 Bq/m^3 .

The concentration key figures available from the radon database, which stores the results of the radon measurement that STUK conducts on dwellings, overestimate the radon concentrations of all dwellings in Finland, because more measurements are carried out in areas of known high radon concentration than in areas of low radon concentration.

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 2022 erittäin pieni. Samoin talousvedestä, maidosta ja elintarvikkeista saatu säteilyannos jäi vähäiseksi. Pääosin säteilyannosta aiheuttavat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ^{137}Cs ja ^{90}Sr . Talousvedessä, maidossa ja elintarvikkeissa olevien keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät vaihtelevat alueellisesti. Sisäisen säteilyn aiheuttama annos arvioituna suorilla ihmismittauksilla määritetyn kehossa olevan ^{137}Cs :n määrän perusteella antaa säteilyannokseksi 0,005 mSv/henkilö. Kaiken kaikkiaan ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2022 oli alle 0,014 mSv, mikä on merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna.

2 Stråldoser

Alexi 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 2022 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 ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr. 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 ¹³⁷Cs i kroppen som bestäms genom direkta människomätningar, ger en strålningsdos på 0,005 mSv per person. Allt som allt stod artificiella radioaktiva ämnen år 2022 för en stråldos på under 0,014 mSv, vilket är en obetydligt liten del av den totala strålningsexponeringen.

2 Radiation doses

Aleksi 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 2022, 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 ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr 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 ¹³⁷Cs 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 2022 was under 0.014 mSv, which is insignificant compared to the total radiation exposure.

Taulukko 2.1. Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2022.

Tabell 2.1. Strålningsexponering orsakad av artificiella radioaktiva ämnen i miljön från olika källor 2022.

Table 2.1. Exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment from different sources in 2022.

Lähde, källa, source	Efektiivinen 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
Talovesi, Hushållsvatten, Household water	0,00018
Maito, Radioaktiva ämnen i mjölk, Radioactive substances in milk	0,0008
Elintarvikkeet (suurkeittiöiden ruoka), Radioaktiva ämnen i livsmedel (storköken), Radioactive substances in foodstuffs (institutional kitchens)	0,0026
Yhteensä, Sammanlagt, In total	alle 0,014

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 LaBr₃-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 2022 aikana valvontaverkon GM-anturi hälytti kerran. Hälytys aiheutui teknisestä virhetilanteesta. Spektrometriverkossa ei ollut hälytyksiä vuoden 2022 aikana.

Tulosten välittäminen eteenpäin

STUK toimitti vuonna 2022 jatkuvasti kaikkien noin 255 mittausaseman yhden tunnin annosnopeustiedot julkisille www-sivuilleen (www.stuk.fi). Kahdeksan mittausaseman koko vuoden mittaustulokset on esitetty Kuvassa 3.3.

STUK ylläpitää palvelinta, josta erikseen sovitut ulkopuoliset käyttäjät (Euroopan komissio ja Itämeren maiden neuvoston jäsenvaltiot) voivat halutessaan hakea Suomen säteilytietoja. STUK toimittaa annosnopeustulokset myös Ilmatieteen laitoksen avoimen datan portaaliin.

Yhteistyökumppanit

STUKin keskeiset yhteistyökumppanit valtakunnallisessa ulkoisen säteilyn valvonnassa ovat Hätäkeskuslaitos, paikalliset pelastusviranomaiset, sisäasiainministeriö, 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 LaBr₃-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 år 2022 larmade GM-detektor en gång. Orsaken till alarmet var ett tekniskt problem. Spektrometernätverket gav inga alarm under 2022.

Förmedling av mätvärdena

Under år 2022 visade Strålsäkerhetscentralen kontinuerligt en timmes mätvärden från alla cirka 255 mätstationer på sina offentliga www-sidor (www.stuk.fi). Mätvärdena från åtta stationer finns i Bild 3.3.

Strålsäkerhetscentralen upprätthåller en server, där vissa andra parter (såsom Europakommissionen och medlemsländer i Östersjörådet) kan avläsa uppgifter om strålningen i Finland. Resultaten är också tillgängliga via Meteorologiska institutets portal för öppen data.

Samarbetspartner

Strålsäkerhetscentralens viktiga partner inom övervakningen av extern strålning är Nödcentralverket 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 LaBr₃ 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 2022 dose rate levels higher than normal background radiation was observed once. The alarm was caused by a technical problem. There were no alarms in spectrometer network during 2022.

Delivering of data

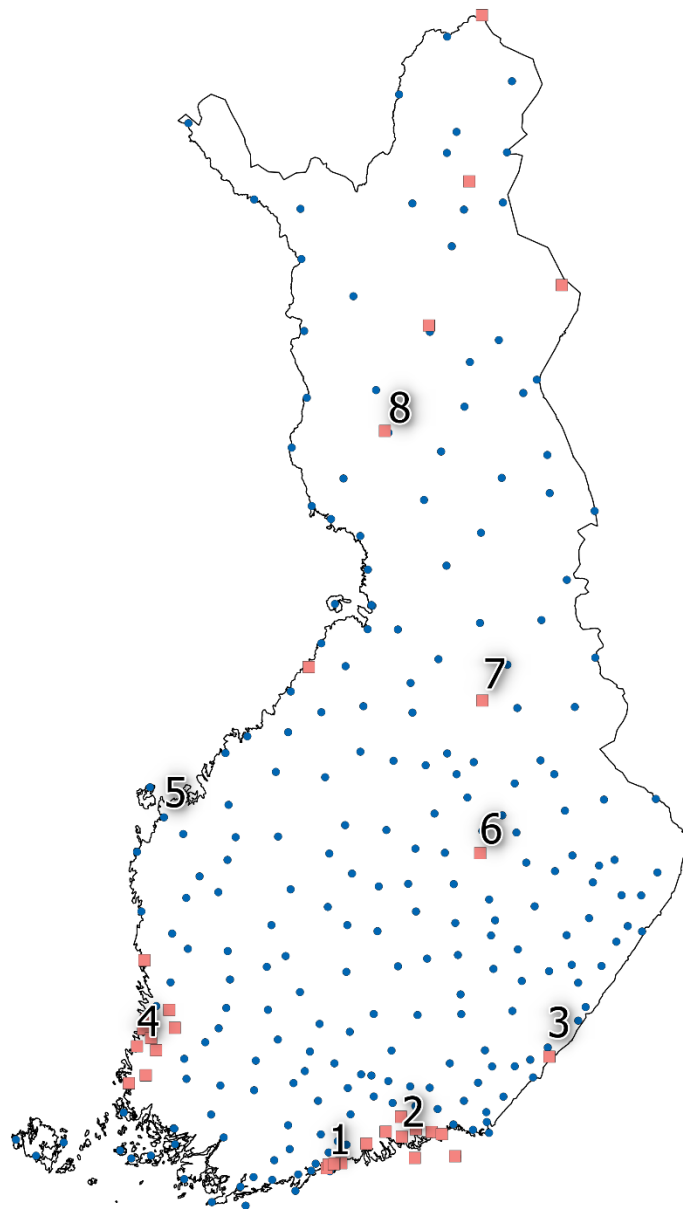
In 2022 one-hour monitoring data from all about 255 stations were continuously available on the public home pages of STUK (www.stuk.fi). The whole-year data from eight of the stations are shown in Fig. 3.3.

STUK maintains a server that can be accessed by authorised other parties (like the European Commission and the member countries of the Council of the Baltic Sea States) whenever they are interested in the Finnish radiation data.

STUK also dispatches the results of dose rate monitoring network to open data portal hosted by Finnish Meteorological Institute.

National co-operation partners

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



Kuva 3.1. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon automaattiset mittausasemat. Punaiset neliösymbolit kuvaavat asemia, joilla on GM-anturin lisäksi LaBr₃-spektrometri. Kuvassa numeroitujen asemien mittaustulokset on esitetty kuvassa 3.3.

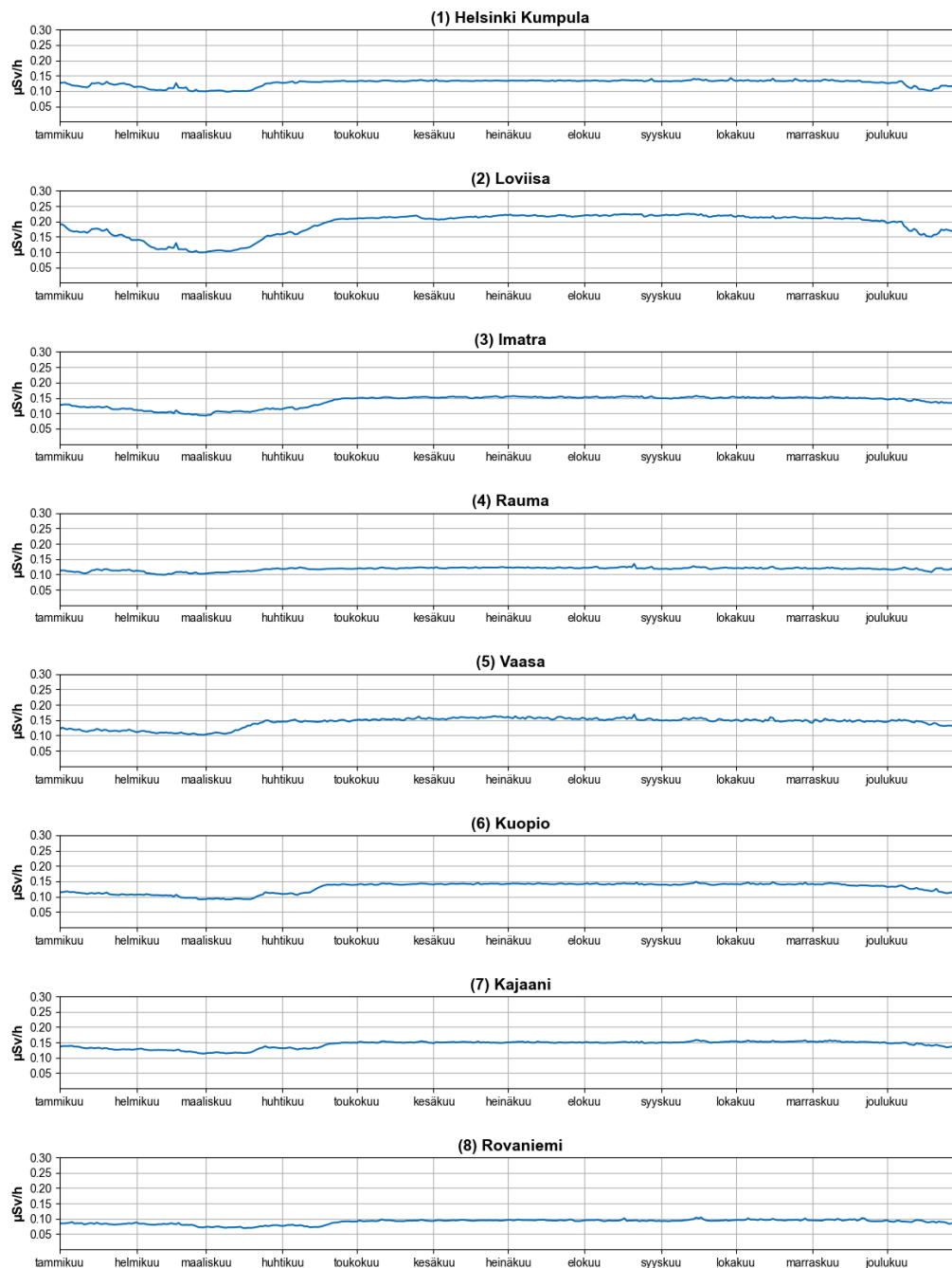
Bild 3.1. Automatiska mätstationer i nätet för extern strålning. Röda kvadrater representerar stationer som har både en GM-detektor och en LaBr₃-spektrometer. På bilden numreras de mätstationer, vars mätvärden finns i bild 3.3.

Fig. 3.1. Automatic dose-rate monitoring stations. Red squares indicate stations that have both a GM detector and a LaBr₃ spectrometer. The numbers refer to stations whose results are shown in Fig. 3.3.



Kuva 3.2. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon mittausasema Nurmeksessa.
Bild 3.2. Detektorer vid mätstationen Nurmes i övervakningsnätet för extern strålning.
Fig. 3.2. Detectors of the automatic dose-rate monitoring station at Nurmes.

Päivittäiset annosnopeuskeskiarvot 01.01.2022 – 31.12.2022



Kuva 3.3. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kahdeksalla mittausasemalla vuonna 2022. Lumi ja jääpeite vaimentavat maaperän taustasäteilyä aiheuttaen vaihtelua talven ja lumettoman ajan välisiin annosnopeuksiin.

Bild 3.3. Externa dosrater vid åtta mätstationer år 2022. 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 2022. Snow and ice damp background radiation from soil and therefore dose rates can be different during winter and snow-free season.

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

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

Contact person: Tuomas Peltonen, Radiation and Nuclear Safety Authority (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). Helsingin keräysasema siirtyi Vantaalle kesällä 2022, kun STUK muutti uusiin toimitiloihin. Molempien ydinvoimalaitosten ympäristössä – Loviisassa ja Olkiluodossa – on neljä voimayhtiöiden valvonta-asemaa. Yhteenveto voimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnasta julkaistaan raporttisarjassa STUK-B.

4.1 Ulkoilman gamma-aktiiviset aineet

Näytteiden keräys

Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumppaamalla suuria määriä ilmaa radioaktiiviset aineet pidättävien suodattimien läpi. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät hiukkaset ja aktiivihilisuodatin pidättää kaasumaisen radioaktiivisen jodin. Näytteet kerätään tehtävää varten suunnitelluilla kerääjillä (kuva 4.2). Kerääjissä on lasikuitusuodattimeen kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva LaBr_3 -spektrometri. Kerääjässä 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 pidäytyneet 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 miljardisosia siihen aktiivisuuspitoisuuteen nähden, joka aiheuttaisi väestön suojaustoimenpiteitä. Kerääjissä oleva, suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta mittaava LaBr_3 -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 ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo näytteenkeräysjaksoilla keräysasemittain. Tšernobylistä peräisin olevaa ^{137}Cs :a havaitaan ulkoilmassa jatkuvasti pieniä määriä. Keväisin havaitaan tyypillisesti muita vuodenaikoja suurempia pitoisuuksia ^{137}Cs :ää, joka johtuu maasta nousevan pölyn mukana kulkeutuneesta vanhasta laskeumasta. Kuvassa 4.5 on esitetty ^{137}Cs aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot pitkällä aikavälillä pääkaupunkiseudulta. Keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa ovat olleet erittäin pieniä, eikä niillä ole ollut terveysvaikutuksia. Vuonna 2022 suomalaiset saivat ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista keskimäärin noin 0,0000001 mSv säteilyannoksen.

Taulukossa 4.2 on esitetty vuoden 2022 aikana tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot. Toukokuussa havaittiin ^{46}Sc Imatralla kerätystä näytteestä ja Kotkassa kerätystä näytteestä ^{46}Sc , ^{59}Fe ja ^{60}Co . Kesäkuussa Kotkassa kerätystä näytteestä havaittiin ^{54}Mn . Elokuussa Kotkassa kerätystä näytteestä havaittiin ^{95}Zr , ^{95}Nb ja ^{137}Cs .

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 Mätstationen i Helsingfors flyttades till Vanda sommaren 2022, då STUK flyttade till nya lokaler. 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_3 -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 STUKs 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 gammadetektor 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 ^{137}Cs -aktivitetshalten under provtagningsperioderna enligt observationsstation. Små halter ^{137}Cs som härstammar från Tjernobyl observeras ständigt. Under våren uppmäts ofta högre halter av ^{137}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 ^{137}Cs -aktivitetskoncentration på lång sikt i huvudstadsregionen.

År 2022 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 2022. I maj observerades ^{46}Sc i ett prov som samlades in i Imatra samt ^{46}Sc , ^{59}Fe och ^{60}Co i ett prov som samlades in i Kotka. I juni observerades ^{54}Mn i ett prov som samlades in i Kotka. I augusti observerades ^{95}Zr , ^{95}Nb och ^{137}Cs i ett prov som samlades in i Kotka.

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). The Helsinki sampler station was relocated to Vantaa in summer 2022, following STUK's move to the new premises.

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 LaBr₃-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.

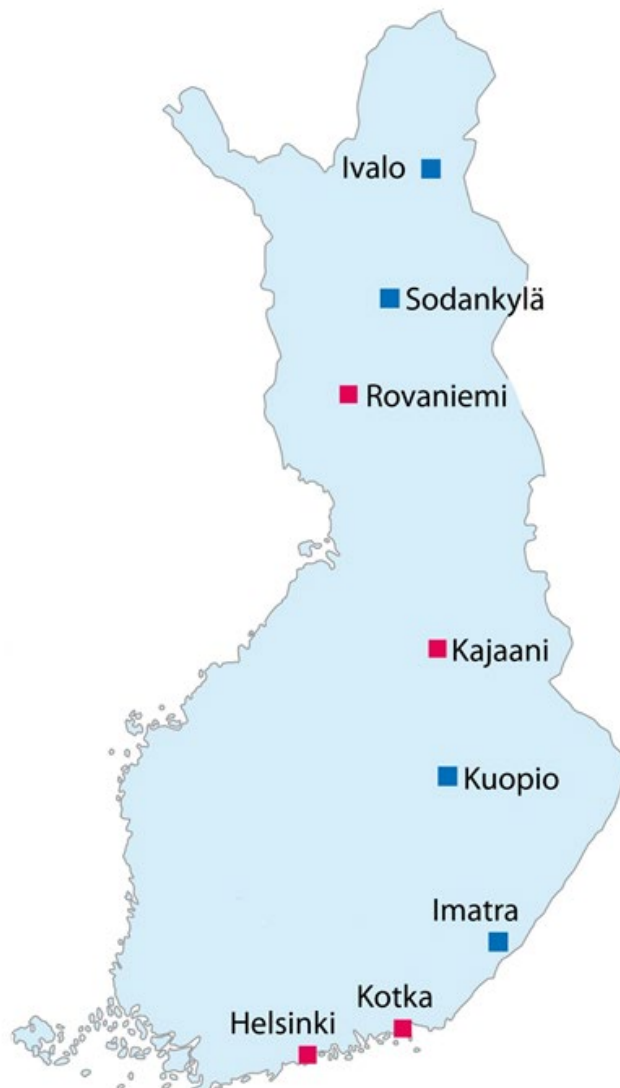
Sample treatment and analysis

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 ¹³⁷Cs activity content during the sampling periods at each sampling station. The ¹³⁷Cs from Chernobyl is constantly detected in outdoor air in small quantities. In spring, higher contents of ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs 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 2022.

Table 4.2 presents the cases of deviating artificial radioactive substances detected in 2022. In May, ⁴⁶Sc was detected in a sample collected at Imatra and ⁴⁶Sc, ⁵⁹Fe and ⁶⁰Co in a sample taken at Kotka. In June, ⁵⁴Mn was analysed in a sample collected at Kotka. In August, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb and ¹³⁷Cs were analysed in a sample collected at Kotka.



Kuva 4.1. Ulkoilman ja laskeuman sisältämien radioaktiivisten aineiden keräysasemat. Helsingin keräysasema siirtyi Vantaalle kesällä 2022. STUK ylläpitää asemia ja analysoi niiden näytteet. Punaisella merkityillä asemilla on käytössä suuritehoiset ilmankerääjät (550 – 900 m³/h), sinisellä merkityissä asemilla käytössä on käytössä pienempitehoiset (150 m³/h) ilmankerääjät.

Bild 4.1. Mätstationer för radioaktiva ämnen i uteluft och nedfall. Mätstationen i Helsingfors flyttades till Vanda sommaren 2022. Strålsäkerhetscentralen upprätthåller de stationerna och analyserar proven från dem. De röda stationerna har luftinsamlare med hög effekt (550 – 850 m³/h), de blåa stationernas luftinsamlare har mindre effekt (150 m³/h).

Fig. 4.1. Sampling locations for airborne radioactive substances and deposition. Helsinki sampler station was relocated to Vantaa in summer 2022. STUK operates the stations. The stations marked with red colour have high-powered air samplers (550 – 850 m³/h) and the stations marked with blue have low-powered air samplers (150 m³/h).



Kuva 4.2. Imatran monitorointiaseman 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 ³ /h)	Sampling frequency (wk-1)	Typical detection limit (microBq/m ³)			Sampling with on-line monitor
			Cs-134	Cs-137	I-131	
Helsinki / 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

* Helsingistä Vantaalle siirretyn laitteiston korkeampi määräysraja 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.

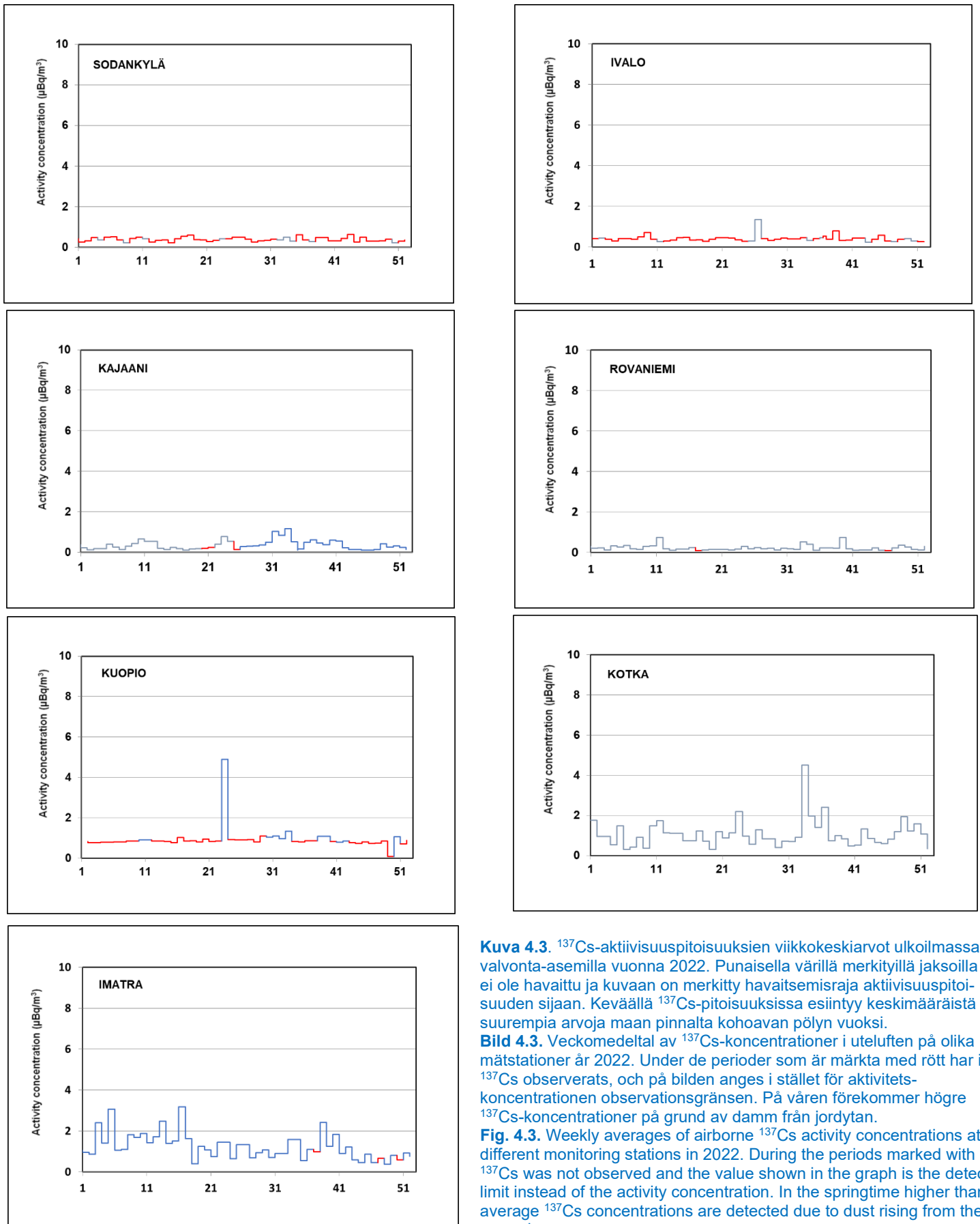
* The higher detection limit for the equipment moved from Helsinki to Vantaa is due to shorter measurement time and the collected air volume.

Taulukko 4.2. Hiukkaskeräysasemilla vuonna 2022 tehdyt poikkeavat keinotekoisten radioaktiivisten aineiden havainnot.

Tabell 4.2. Observationer av de avvikande artificiella radionukliderna i uteluften år 2022.

Table 4.2. Observations of unusual artificial radionuclides in outdoor air during the year 2022.

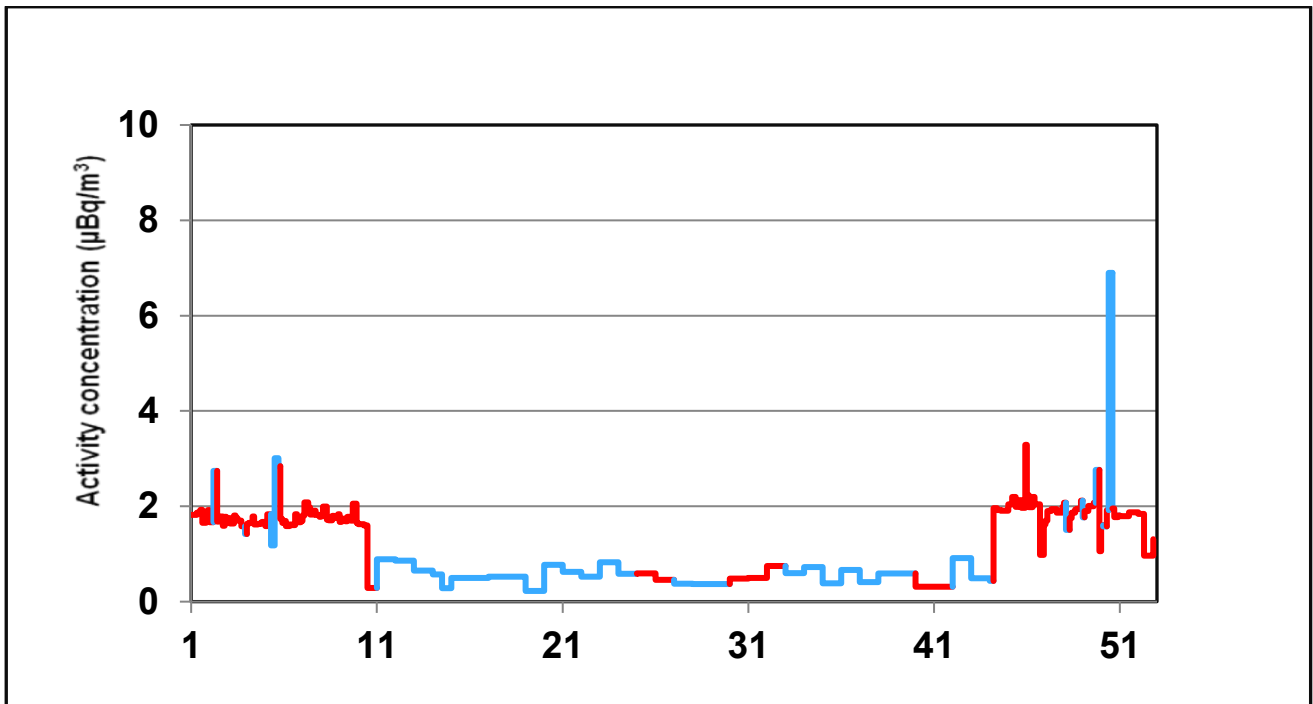
Site	Nuclide	Sampling period	Average concentration microBq/m ³ (two sigma uncertainty %)
Imatra	⁴⁶ Sc	19.5. – 26.5.2022	11,7 (15)
Kotka	⁴⁶ Sc	23.5. – 30.5.2022	0,8 (13)
Kotka	⁵⁹ Fe	23.5. – 30.5.2022	0,2 (37)
Kotka	⁶⁰ Co	23.5. – 30.5.2022	0,6 (14)
Kotka	⁵⁴ Mn	30.5. – 6.6.2022	0,3 (29)
Kotka	⁹⁵ Zr	15.8. – 22.8.2022	0,3 (52)
Kotka	⁹⁵ Nb	15.8. – 22.8.2022	0,6 (19)
Kotka	¹³⁷ Cs	15.8. – 22.8.2022	4,5 (11)



Kuva 4.3. ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuuksien viikkokeskiarvot ulkoilmassa eri valvonta-aseilla vuonna 2022. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ¹³⁷Cs ei ole havaittu ja kuvaan on merkitty havaitsemisraja aktiivisuuspitoisuuden sijaan. Keväällä ¹³⁷Cs-pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

Bild 4.3. Veckomedeltal av ¹³⁷Cs-koncentrationer i uteluften på olika mätstationer år 2022. Under de perioder som är märkta med rött har ingen ¹³⁷Cs observerats, och på bilden anges istället för aktivitetskoncentrationen observationsgränsen. På våren förekommer högre ¹³⁷Cs-koncentrationer på grund av damm från jordytan.

Fig. 4.3. Weekly averages of airborne ¹³⁷Cs activity concentrations at different monitoring stations in 2022. During the periods marked with red ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.

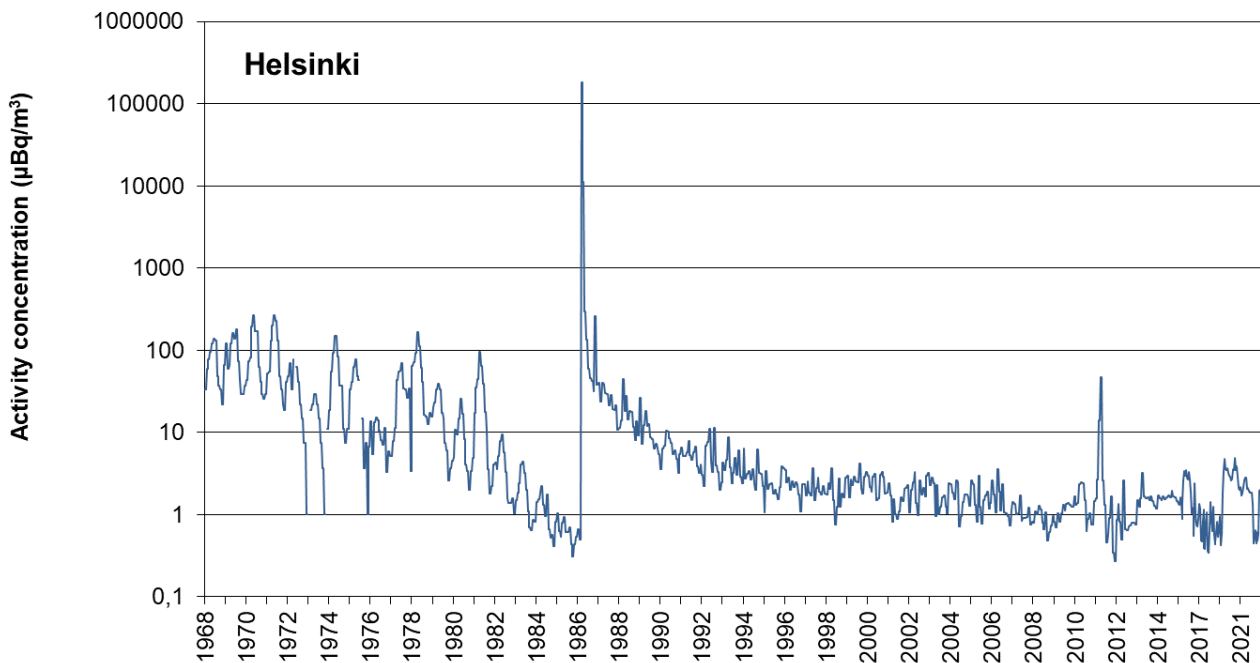


Kuva 4.4. Ilman ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden viikkokeskiarvo pääkaupunkiseudulla vuonna 2022.

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

Bild 4.4. Veckomedelvärdet för ^{137}Cs -koncentrationen i luften i huvudstadsregion år 2022. Insamlingsplatsen flyttade från Helsingfors till Vanda i maj. Under de perioder som är märkta med rött har ingen ^{137}Cs observerats, och på bilden anges i stället för aktivitetskoncentrationen observationsgränsen. På våren förekommer högre ^{137}Cs -koncentrationer på grund av damm från jordytan.

Fig. 4.4. The weekly average of ^{137}Cs activity concentration in the Capital Region in 2022. The collection site moved from Helsinki to Vantaa in May. During the periods marked with red ^{137}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}Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.



Kuva 4.5. Ilman ¹³⁷Cs-aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot Helsingin seudulla vuosina 1968 – 2022. Ennen Tšernobylin onnettomuutta (v. 1986) esiintyvä ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs-koncentrationen i Helsingforsregionen år 1968 – 2022. ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs in Helsinki in 1968 – 2022. Before the Chernobyl accident in 1986, ¹³⁷Cs 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 2022 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 m³ ja lasikuitusuodattimilla noin 4000 m³.

Näytteiden mittaus

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

Tulokset

Kuvassa 4.8 on esitetty ulkoilman pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden viikoittaiset pitoisuudet kymmenellä seuranta-aseamalla vuonna 2022. Käyrät kuvaavat lähinnä ^{210}Pb :n pitoisuutta pintailmassa. Koska ilmakehän ^{210}Pb on peräisin maaperästä ilmakehään siirtyneestä ^{222}Rn :sta, riippuu ^{210}Pb :n pitoisuus suursäättilanteesta eli ilmamassojen stabiilisuudesta ja alkuperästä. Korkeimmat pitoisuudet ovat mantereellisissa ilmamassoissa ja pienimmät merellisissä ja arktisissa ilmamassoissa. Vuoden 2022 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 2022 (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 m³ i veckan genom pappersfiltret och ca 4000 m³ 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}Rn har blivit ^{210}Pb och dotternukliderna till ^{220}Rn har blivit stabilt ^{208}Pb . Den uppmätta totala betaaktiviteten består sålunda av ^{210}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 2022. Kurvorna visar närmast halten av ^{210}Pb i luften nära marken. Eftersom atmosfärens ^{210}Pb kommer från ^{222}Rn i marken, varierar halten av ^{210}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 2022.

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 2022, 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 m³ and 4000 m³ 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}Rn) daughters have decayed to ^{210}Pb and the thoron (^{220}Rn) daughters have decayed to stable ^{208}Pb . Therefore, the measured gross beta activity consists of ^{210}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 2022 are presented in figure 4.8. The curves are essentially records of the concentration of ^{210}Pb , the long-lived daughter nuclide of the radioactive noble gas ^{222}Rn which enters the atmosphere by diffusion from the ground. Concentration of ^{210}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 2022 within the FMI's monitoring programme.



Kuva 4.6. Seuranta-asetmat vuonna 2022.

Bild 4.6. Bevakningsstationerna under året 2022.

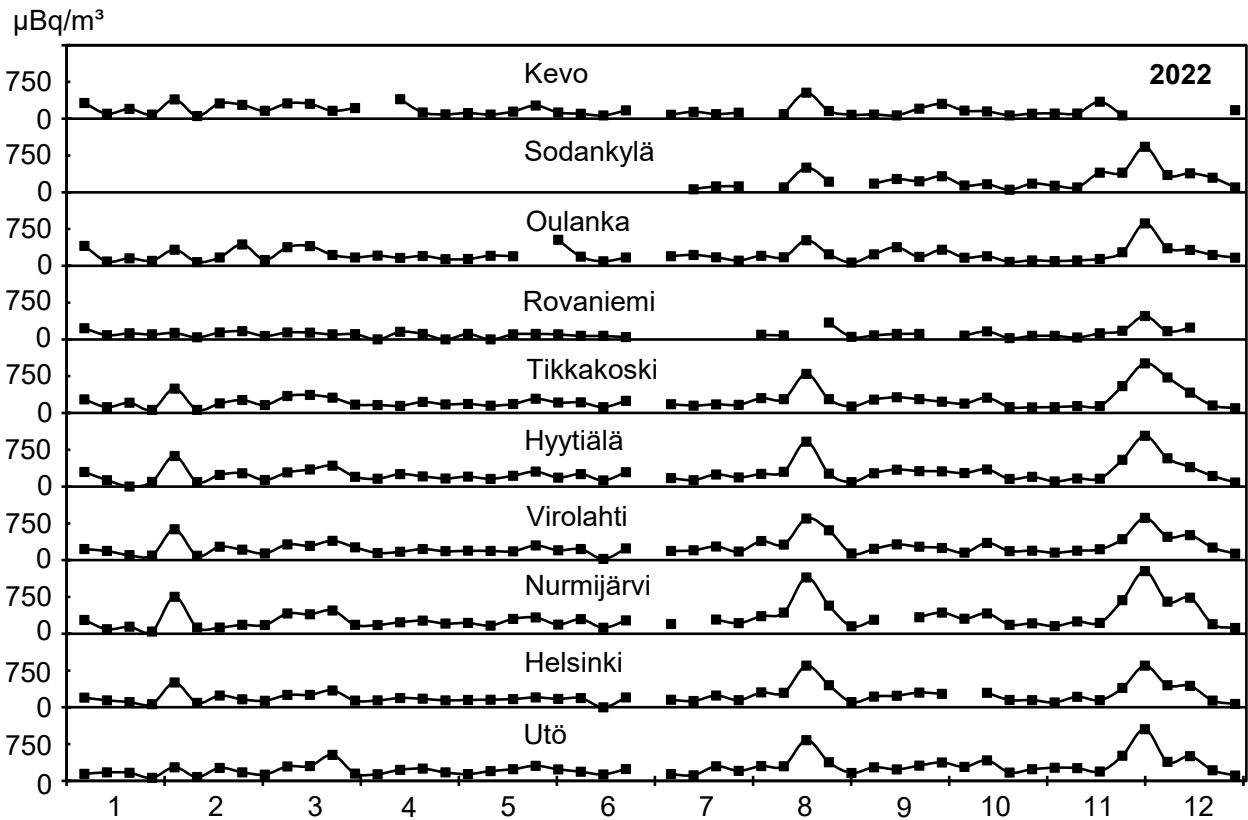
Fig. 4.6. Monitoring stations in 2022.



Kuva 4.7. Ilmatieteen laitoksen havaintoasema Nurmijärvellä (Kuva: Klaus Haikarainen).

Bild 4.7. Meteorologiska institutets observationsstation i Nurmijärvi (Foto: Klaus Haikarainen).

Fig. 4.7. The Finnish Meteorological Institute's monitoring station at Nurmijärvi (Photo: Klaus Haikarainen).



Kuva 4.8. Aerosolin pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden pitoisuudet ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) vuonna 2022.

Bild 4.8. Koncentrationer ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) av långlivad betaaktivitet i aerosoler år 2022.

Fig. 4.8. Concentrations of aerosol-bound long-lived gross beta activity ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) in 2022.

Ulkoilman gamma-aktiivisuus

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

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

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

Ulkoilman beeta-aktiivisuus:

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

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

Contact person: Jussi Paatero, Finnish Meteorological Institute (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). Helsingissä sijainnut laskeumakeräin siirrettiin Vantaalle maaliskuussa 2022. Näytteen keräysjakso on tavallisesti yksi kuukausi. Laskeumanäytteet kerätään ruostumattomasta teräksestä valmistetulla laitteella, jonka keräysala on 0,07 m² (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 ⁹⁰Sr 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 ⁹⁰Sr määritetään tytärnuklidinsa ⁹⁰Y:n kautta matalataustaisella nestetuikespektrometrilla.

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

Tulokset

Vuoden 1986 jälkeen laskeumanäytteissä havaitut ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr 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 ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat vuonna 2022. Laskeumat eri paikkakunnilla olivat pienet ja useilla asemilla alle havaitsemisrajan. Yleisimmin käytetyillä mittausajoilla ¹³⁷Cs:n havaitsemisraja on noin 0,1 Bq/m². Havaitsemista voidaan parantaa pidentämällä mittausaikaa. ⁹⁰Sr:n havaitsemisraja on noin 0,08 Bq/m². Kuvassa 5.1 on ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat pääkaupunki-seudulla vuodesta 1960 alkaen ja kuvassa 5.2 on ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat Rovaniemen seudulla vuodesta 1972 alkaen. Ennen vuotta 1986 havaitun laskeuman radioaktiiviset aineet ovat peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvissa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Sadeveden tritiumpitoisuudet vuonna 2022 olivat pienet, välillä 1 – 3 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). Nedfallsamlaren i Helsingfors flyttades till Vanda i Mars 2022. Provtagningen pågår vanligtvis en månad åt gången. Nedfallsproven tas med en apparat av rostfritt stål med en uppsamlingsyta på 0,07 m² (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 ⁹⁰Sr-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 gammadetektorer ur de föraskade proven. Strontium avskiljs från proven med extraktionskromatografi, varefter mängden ⁹⁰Sr bestäms genom att mäta dotternukliden ⁹⁰Y i en vätskescintillationsspektrometer med låg bakgrundsstrålning.

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

Resultat

¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr 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 ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr år 2022. Det månatliga nedfallet på de olika orterna var små, vid många mätstationer under detektionsgränsen. Med de vanligaste mättiderna blir detektionsgränsen för ¹³⁷Cs 0,1 Bq/m². Detektionsmöjligheterna kan förbättras genom att förlänga mättiden. Detektionsgränsen för ⁹⁰Sr är ungefär 0,08 Bq/m². Bild 5.1 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i huvudstadsregionen från år 1960 och bild 5.2 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr 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 2022, mellan 1 – 3 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 deposition sampler at Helsinki was relocated to Vantaa in March 2022. The usual sampling period is one month. The sampling collectors are made of stainless steel with a surface area of 0.07 m² (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 ⁹⁰Sr from combined annual samples.

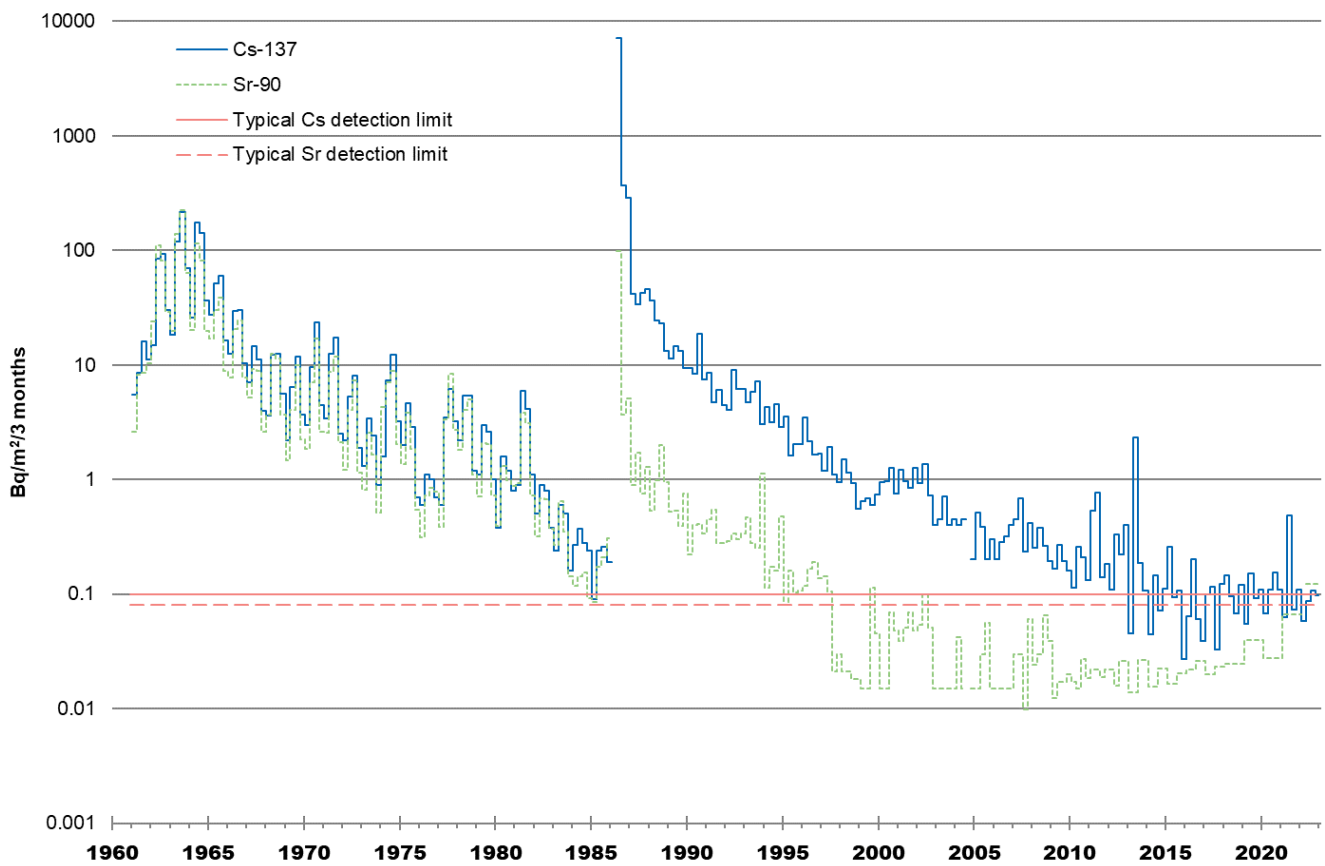
Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples and the samples are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps and the residues are ashed. The ashed samples are analyzed for artificial gamma-emitting radionuclides with gamma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

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

Results

The ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr 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.

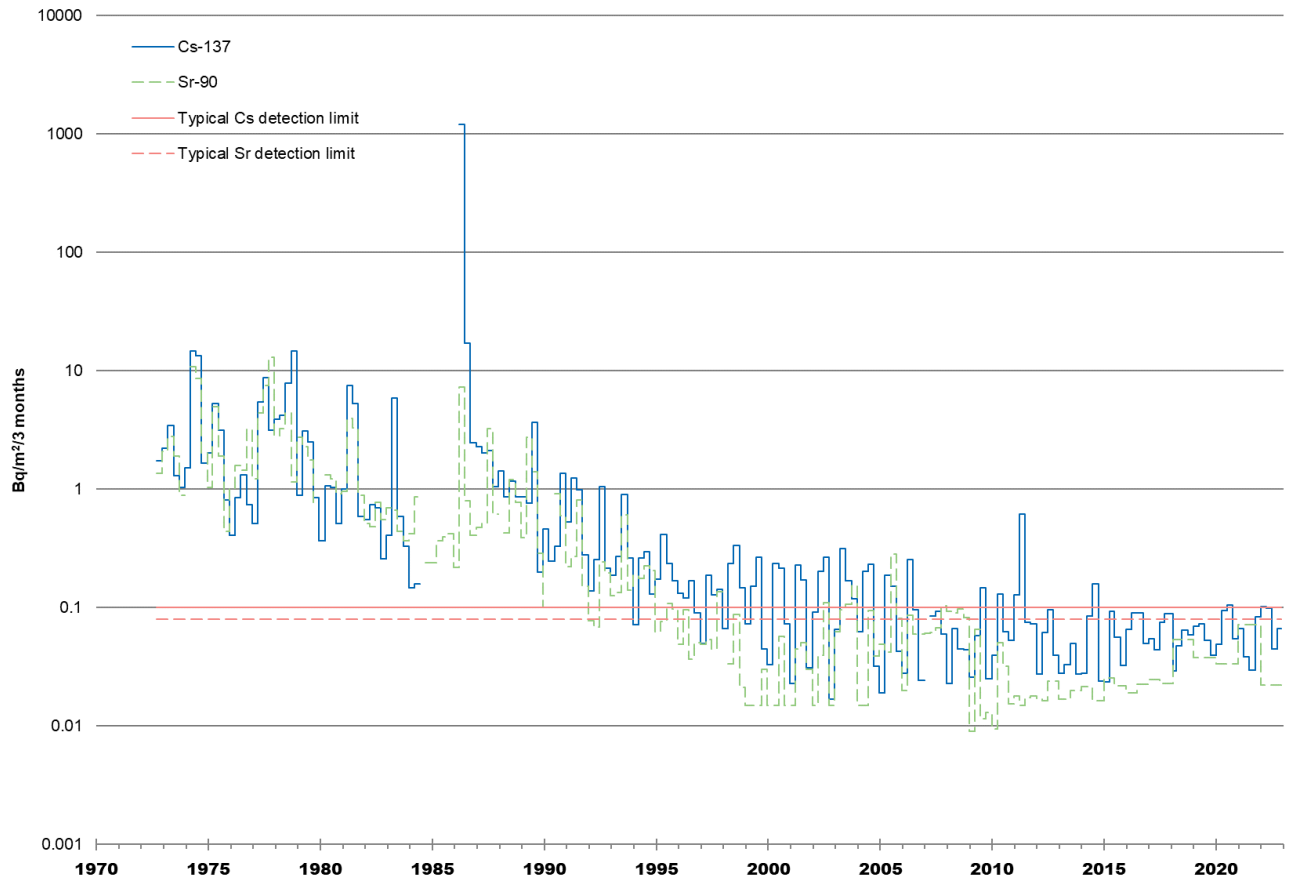
Table 5.1 shows the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in 2022. The depositions at the different sites were low and at some stations these were below the detection limit. The most used counting times give ¹³⁷Cs a detection limit of approximately 0.1 Bq/m². The detection limit can be lowered using longer counting times. The detection limit of ⁹⁰Sr is approximately 0.08 Bq/m². Figure 5.1 presents the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Capital Region since 1960 and figure 5.2 presents the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Rovaniemi area since 1972. Before 1986 regular seasonal fluctuation is typical of this stratospheric deposition, as figure 5.1 illustrates. In 2022, the concentrations of tritium in rainwater were low, between 1 – 3 Bq/l or below the detection limit (Fig. 5.3).



Kuva 5.1. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat pääkaupunkiseudulla 1960 – 2022.

Bild 5.1. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i huvudstadsregionen, 1960 till 2022.

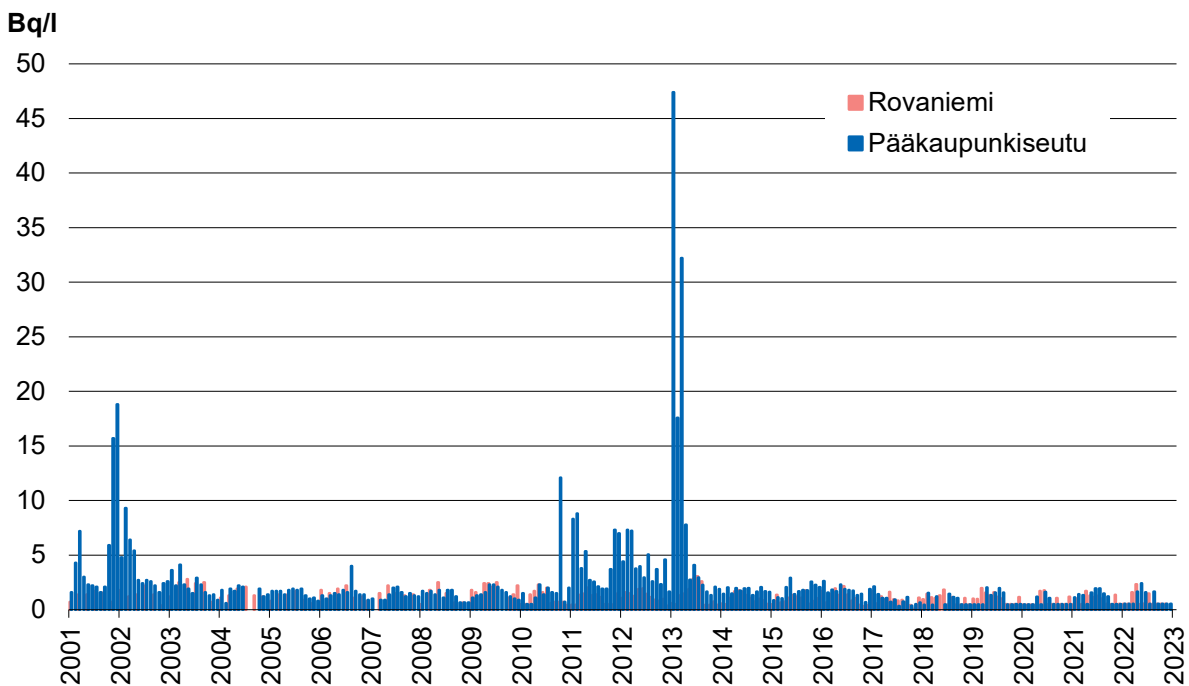
Fig. 5.1. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Capital Region, 1960 – 2022.



Kuva 5.2. ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat Rovaniemellä 1972 – 2022.

Bild 5.2. Nedfall av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Rovaniemi, 1972 till 2022.

Fig. 5.2. Depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in Rovaniemi, 1972 – 2022.



Kuva 5.3. Tritiumpitoisuudet (Bq/l) pääkaupunkiseudun ja Rovaniemen sadevesinäytteissä 2001 – 2022.

Bild 5.3. Halter av tritium (Bq/l) i regnvatten i huvudstadsregionen och i Rovaniemi, 2001 till 2022.

Fig. 5.3. Activity concentrations (Bq/l) of tritium (^3H) in rainwater in the Capital Region and Rovaniemi, 2001 – 2022.

Taulukko 5.1. ^{137}Cs -laskeumien neljännesvuosi- ja ^{90}Sr -laskeumien vuosisummat eri paikkakunnilla vuonna 2022 (Bq/m^2). Helsingissä sijainnut laskeumakeräin siirrettiin Vantaalle maaliskuussa 2022.

Tabell 5.1. Nedfall av ^{137}Cs under kvartalen och ^{90}Sr under året på olika orter år 2022 (Bq/m^2). Nedfallsamlaren i Helsingfors flyttades till Vanda i Mars 2022.

Table 5.1. Quarterly depositions of ^{137}Cs and annual depositions of ^{90}Sr at various stations in 2022 (Bq/m^2). The deposition sampler at Helsinki was relocated to Vantaa in March 2022.

	^{137}Cs				^{90}Sr Annual
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	
Helsinki	0,06	-	-	-	-
Imatra	1,4	0,3	0,2	0,17	0,82
Ivalo	<0,1	0,14	0,11	<0,1	<0,04
Kajaani	<0,2	0,18	0,2	0,09	0,16
Kotka	0,3	0,4	0,4	0,3	0,17
Kuopio	0,12	0,3	0,12	0,10	<0,05
Rovaniemi	0,10	0,10	<0,09	0,07	<0,04
Sodankylä	<0,2	<0,1	<0,06	0,10	<0,04
Vantaa	-	0,09	0,11	0,10	0,12

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

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

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

6 Pintaveden radioaktiiviset aineet

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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 2022 näytteet otettiin poikkeuksellisesti sekä keväällä että 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}Cs sekä myös muut tällä menetelmällä määritettävissä olevat nuklidit, jos niitä näytteestä voidaan havaita. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, ja ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä. Syksyllä 2022 kerätyt pintavesinäytteet analysoitiin ainoastaan gammaspektrometrisesti.

Tulokset

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

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

Vuonna 2022 Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuus oli 10-kertainen ja ^{90}Sr -pitoisuus noin 3-kertainen Kemijoen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna (kuva 6.1). Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuus oli myös korkeampi kuin Kokemäenjoen ja Oulujoen. Pintavesien ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -aktiivisuuspitoisuudet olivat samaa tasoa kuin edellisinäkin vuosina. Kymijoen pitoisuudet olivat laskeneet eniten edellisvuoteen verrattuna.

6 Radioaktiva ämnen i ytvatten

Jani Turunen, Maria Kaipainen

Genom att regelbundet analysera radioaktiva ämnen i ytvattnet får man information om förekomsten av dessa ämnen i vattenmiljön under olika tidpunkter. Prover 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 2022 togs som undantags prover både på våren och 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}Cs med gammasppektrometer och även andra nuklider som kan analyseras med denna metod, om sådana kan upptäckas i proven. Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter mängden ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer. De ytvattenprover som samlades in hösten 2022 analyserades endast med gammasppektrometer.

Resultat

Halten av radioaktiva ämnen i ytvattnet visar den ojämna regionala fördelningen av nedfallet från Tjernobyli samt att ^{137}Cs och ^{90}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}Cs på Kymmene älvs avrinningsområde år 1986 var betydligt större än motsvarande nedfall av ^{90}Sr , är halterna av ^{137}Cs i Kymmene älv fortfarande högre än halterna av ^{90}Sr . I Kemi och Ule älvar däremot, på vars avrinningsområde nedfallet av ^{137}Cs var betydligt mindre än i Kymmene älv, är halterna av ^{137}Cs redan nu på samma nivå eller lägre än halterna av ^{90}Sr , som försvinner långsammare från vatten än ^{137}Cs .

År 2022 var ^{137}Cs -halterna i Kymmene älv 10-faldiga och ^{90}Sr -halterna cirka trefaldiga jämfört med motsvarande halter i Kemi älv (bild 6.1). Halterna av ^{137}Cs i Kymmene älv var högre än i Kumo och Ule älv. Aktivitetskoncentrationerna av ^{137}Cs och ^{90}Sr i ytvattnen var på samma nivå som tidigare år. Halterna i Kymmene älv hade minskat mest jämfört med föregående år.

6 Radioactive substances in surface water

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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 2022, contrary to normal practice, sampling was carried out both in the spring and autumn.

Pre-treatment and analyses

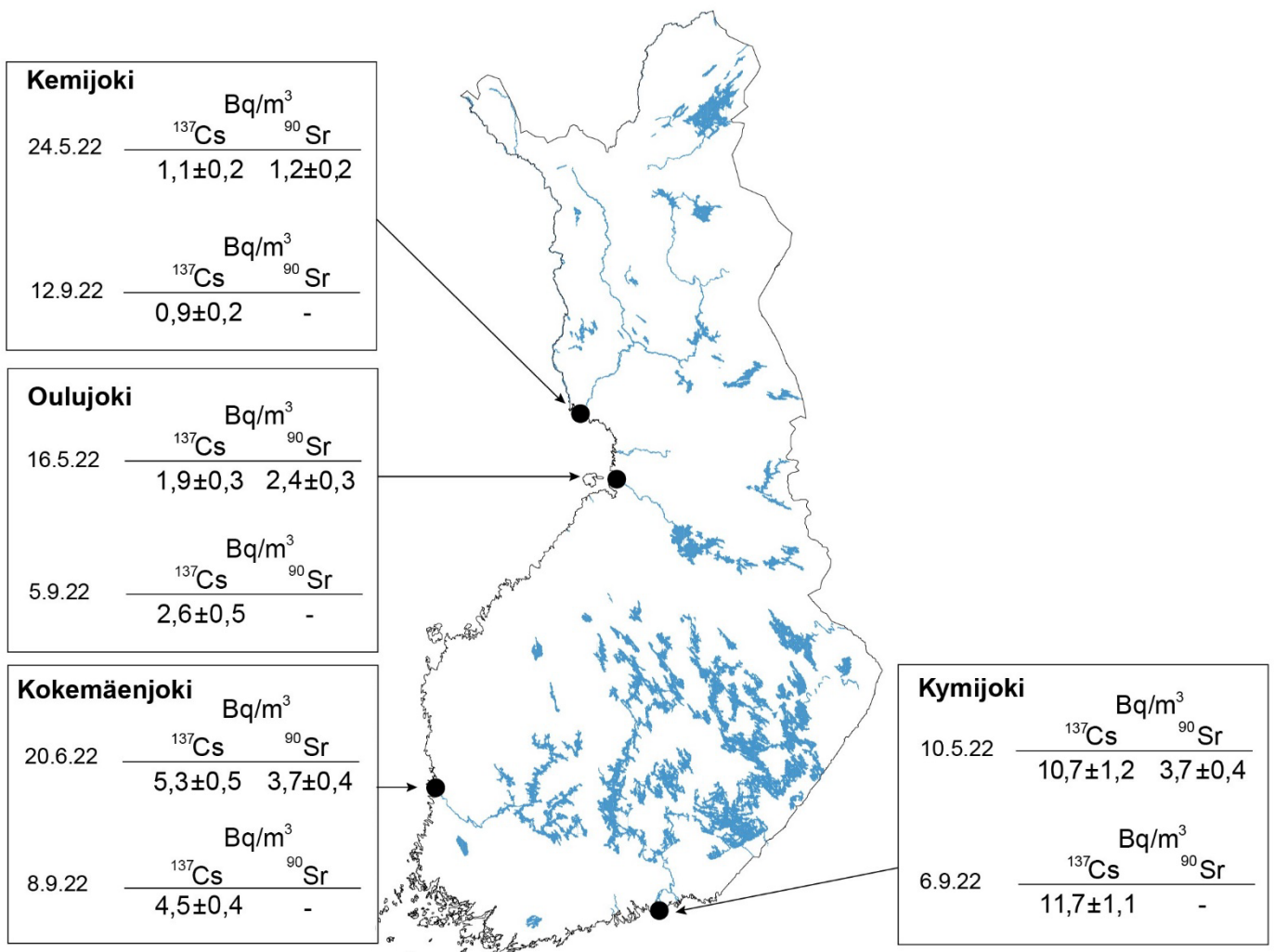
In the laboratory, known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps, after which the dry residues are ashed. From ashed samples, ^{137}Cs is analysed using gamma spectrometry, 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}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer. The surface water samples collected in autumn 2022 were analysed only by gamma spectrometry means.

Results

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

The activity concentrations of ^{137}Cs in the River Kymijoki were 10 times higher and the concentrations of ^{90}Sr three times higher than the respective contents in Kemijoki (Fig. 6.1) in 2022. ^{137}Cs concentrations in the River Kymijoki were also higher than in the River Kokemäenjoki and Oulujoki. The ^{137}Cs and ^{90}Sr activity concentrations in surface waters were at the same levels as in previous years. Compared to the previous year, concentrations were reduced the most for the Kymijoki river.



Kuva 6.1. Pintaveden näytteenottoaikat ja näytteiden ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-aktiivisuuspitoisuudet (Bq/m³) epävarmuuksineen (2σ) vuonna 2022.

Bild 6.1. Provtagningsplatser för ytvatten samt aktivitetskoncentrationer av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr (Bq/m³) med osäkerheter (2σ) år 2022.

Fig. 6.1. Surface water sampling sites and the ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr activity concentrations (Bq/m³) of samples, and related uncertainty (2σ), in 2022.

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

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

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

7 Talousveden radioaktiiviset aineet

Jani Turunen, Maria Kaipainen

Talousveden radioaktiivisuutta seurataan keinotekoisista radioaktiivisista aineista ihmiselle aiheutuvan säteilyaltistuksen arvioimiseksi. Keinotekoisia radioaktiivisia aineita esiintyy yleensä vain pintavedestä tehdyssä talousvedessä. Talousveden ^{137}Cs ja ^{90}Sr ovat peräisin pääosin Tšernobyl-laskeumasta ja tritium (^3H) 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 ^3H :n aktiivisuuspitoisuuden määrittämistä varten. Loppuosaan näytteitä lisätään strontium- ja cesiumkantajat ja ne tehdään typpihapolla happamiksi. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölampujen alla ja haihdutusjäännökset tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä analysoidaan ^{137}Cs gammaspetrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla. ^3H määrittämistä varten näyte tislataan epäpuhtauksien poistamiseksi. ^3H määritetään mittaamalla tislattu näyte nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Kaikkien näytteiden ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet olivat vuonna 2022 pienet vaihdellen välillä alle 0,0001 – 0,008 Bq/l (kuva 7.1). Turussa ja Rovaniemellä näytteiden ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan. Havaitsemisraja ^{137}Cs :lle on noin 0,0002 – 0,0004 Bq/l ja ^{90}Sr :lle noin 0,0001 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.

Kaikkien näytteiden ^3H -pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan 1,1 Bq/l. Pitoisuudet ovat paljon pienempiä kuin Euroopan neuvoston direktiivissä (98/83/EY) tai sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (1352/2015) talousveden ^3H asetettu enimmäisarvo 100 Bq/l (kuva 7.1).

Säteilyannokset

Talousveden ^3H :sta, ^{90}Sr :sta ja ^{137}Cs :sta yhteensä aiheutuva säteilyannos oli erittäin pieni ja vaihteli välillä 0,00002 – 0,00018 mSv eri paikkakunnilla vuonna 2022; Vantaalla se oli 0,00018 mSv, Oulussa 0,0007 mSv, Tampereella 0,00014 mSv, Rovaniemellä ja Turussa 0,00002 mSv. Vantaalla ^3H :n osuus talousveden aiheuttamasta säteilyannoksesta oli vain 8 %, loppuosa aiheutui ^{137}Cs :sta (45 %) ja ^{90}Sr :sta (47 %). ^3H :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Rovaniemellä, noin 74 % ja Turussa, noin 70 % ja ^{90}Sr :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Oulussa, noin 63 % ja Tampereella, noin 58 %. Arviossa on talousveden veden kulutukseksi oletettu 2 litraa päivässä.

7 Radioaktiva ämnen i hushållsvatten

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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}Cs och ^{90}Sr i hushållsvatten härrör huvudsakligen från nedfallet efter olyckan i Tjernobyl och tritium (^3H) 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 ^3H . 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}Cs med gammaspektrometer. Strontium avskiljs ur provet med extraktionskromatografisk metod och halten av ^{90}Sr mäts med vätskescintillationsspektrometer. För att bestämma tritium destilleras provet så att orenheter avlägsnas. Halten av ^3H bestäms genom att mäta det destillerade provet med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

Halterna av ^{90}Sr och ^{137}Cs i alla hushållsvattenprov var låga år 2022 och varierade mellan under 0,0001 och 0,008 Bq/l (bild 7.1). I Åbo och Rovaniemi var halterna av ^{90}Sr och ^{137}Cs under detektionsnivån. Detektionsnivån för ^{137}Cs var cirka 0,0002 – 0,0004 Bq/l och cirka 0,0001 Bq/l för ^{90}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.

Alla halterna av ^3H var under detektionsnivån 1,1 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 ^3H i hushållsvatten (bild 7.1).

Stråldoser

Den sammanlagda stråldosen orsakad av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i hushållsvatten var mycket liten och varierade mellan 0,00002 och 0,00018 mSv på olika orter år 2022; i Vanda var dosen 0,00018 mSv, i Uleåborg 0,0007 mSv, i Tammerfors 0,00014 mSv och i Rovaniemi och Åbo 0,00002 mSv. I Vanda orsakade ^3H cirka 8 procent av dosen; resten var orsakad av ^{137}Cs (45 %) och ^{90}Sr (47 %). Andelen av ^3H av dosen var störst i Rovaniemi, cirka 74 procent, och Åbo, cirka 70 procent; andelen av ^{90}Sr var störst i Uleåborg, cirka 63 procent, och Tammerfors, cirka 58 procent. Hushållsvattenkonsumtionen har antagits vara två liter per dygn.

7 Radioactive substances in household water

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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}Cs) and strontium (^{90}Sr) observed in household water mainly originate from the fallout from the Chernobyl disaster, whereas tritium (^3H) 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 ^3H 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}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer. The samples for ^3H analysis are distilled until dry to remove any impurities. ^3H is determined by measuring the distilled samples with a liquid scintillation spectrometer.

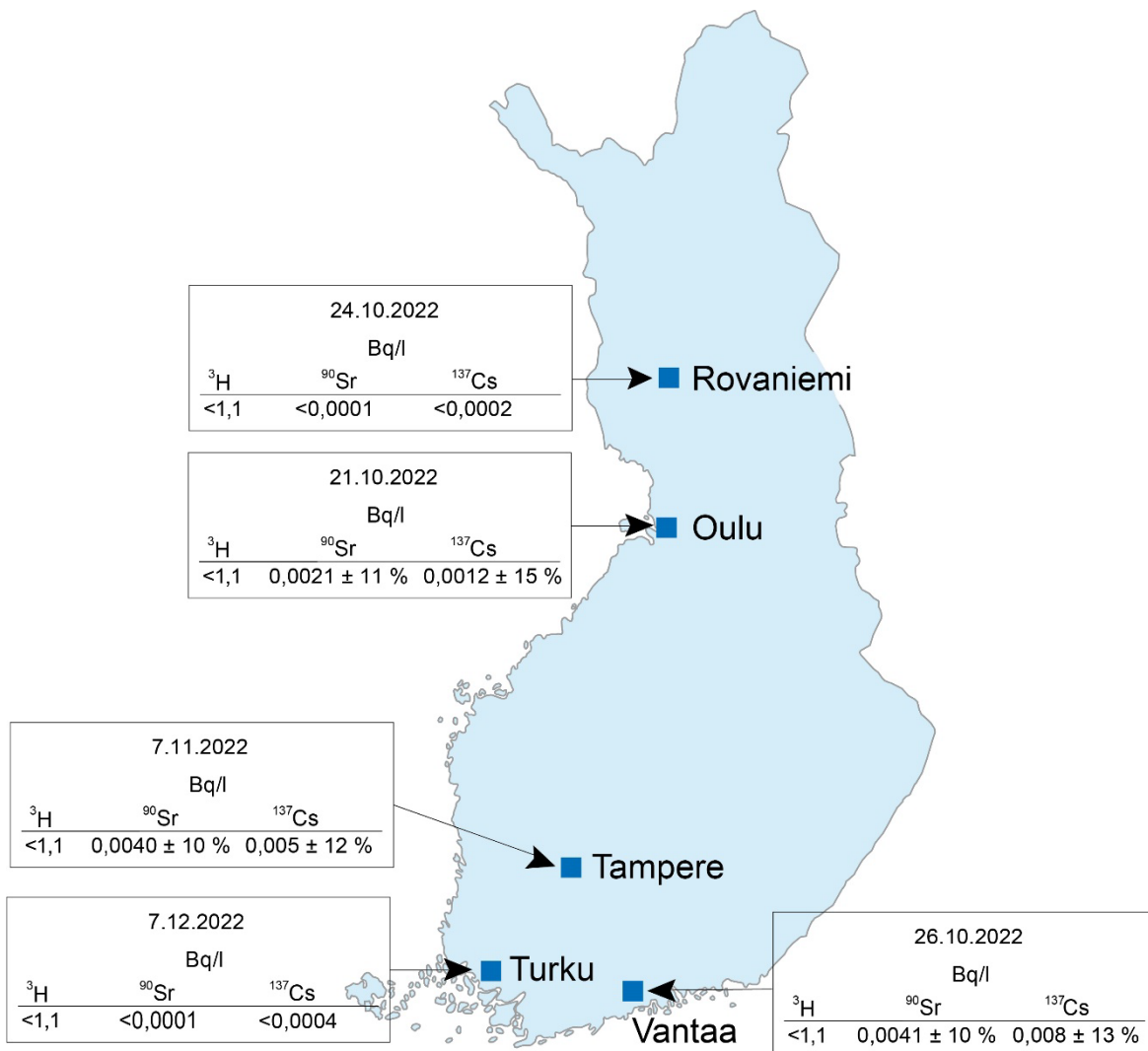
Results

In 2022, the ^{90}Sr and ^{137}Cs concentrations in all samples were minor, ranging from 0.0001 to 0.008 Bq/l (Fig. 7.1). In Turku and Rovaniemi, the ^{90}Sr and ^{137}Cs concentrations in the samples were below the detection limit. The detection limits for ^{137}Cs were approximately 0.0002 – 0.0004 Bq/l and for ^{90}Sr 0.0001 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 all samples, the ^3H concentrations remained below the detection limit, 1.1 Bq/l. The concentrations are well below the maximum limit of 100 Bq/l laid down for ^3H 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 ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs present in domestic water was very small, ranging from 0.00002 to 0.00018 mSv in different cities in 2022: in Vantaa, it was 0.00018 mSv; in Oulu, 0.0007 mSv; in Tampere, 0.00014 mSv; and in Rovaniemi and Turku, 0.00002 mSv. In Vantaa, ^3H accounted for only 8% of the radiation dose from domestic water, with the remainder caused by ^{137}Cs (45%) and ^{90}Sr (47%). The contribution of ^3H to the radiation dose was the highest in Rovaniemi, approximately 74%, and in Turku, some 70%, and the radiation dose contribution from ^{90}Sr was the highest in Oulu, approximately 63%, and in Tampere, some 58%. The estimate is based on a daily domestic water consumption figure of 2 litres.



Kuva 7.1. Talousveden ^3H -, ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) epävarmuuksineen (2σ) talousveden keräyspaikkakunnilla Oulussa, Rovaniemellä, Tampereella, Turussa ja Vantaalla vuonna 2022.

Bild 7.1. Aktivitetskoncentrationer av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i hushållsvatten (Bq/l) med osäkerheter (2σ) i provtagningsorter för hushållsvatten (Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors, Åbo och Vanda) år 2022.

Fig. 7.1. ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs activity concentrations (Bq/l), with related uncertainty (2σ), at the domestic water sampling sites of Oulu, Rovaniemi, Tampere, Turku and Vantaa in 2022

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

Kontaktperson: Jani Turunen Strålsäkerhetscentralen (jani.turunen@stuk.fi)

Contact person: Jani Turunen Radiation and Nuclear Safety Authority (jani.turunenn@stuk.fi)

8 Maidon radioaktiiviset aineet

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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 STUKissa analysointia varten. Vuonna 2022 näytteitä kerättiin poikkeuksellisesti vain yhdeksänä kuukautena, huhti–joulukuun ajan.

Näytteiden käsittely ja analysointi

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

Tulokset

Meijerimaidon ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n alueelliset aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) vuonna 2022 on esitetty neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvoina taulukossa 8.1. Meijerimaidon ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,09 – 0,60 Bq/l. Maidon ^{137}Cs -pitoisuudet olivat korkeimmat niillä alueilla, joille tuli eniten Tšernobylin onnettomuudesta johtuvaa laskeumaa. Kuvassa 8.2 on esitetty maidon keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus Etelä-Suomessa tuotetussa maidossa vuodesta 1960 lähtien. Näytteenottoalueet ovat vaihdelleet eri aikoina.

Maidon ^{137}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 2022 oli 0,0002 – 0,0008 mSv, josta ^{90}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

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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 tas vid mejerier i Joensuu, Jyväskylä, Uleåborg, Riihimäki och Seinäjoki (bild 8.1). Proven samlas in varje vecka och fryses ner. Proven sammanslås för analys i STUK. År 2022 samlades prover undantagsvis in endast under nio månader, i april–december.

Hantering och analys av proven

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

Resultat

I tabell 8.1 presenteras de regionala års- och kvartalsmedeltalen av ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halterna i mejerimjölk (Bq/l) år 2022. ^{137}Cs -halten i mejerimjölk varierade mellan 0,09 – 0,60 Bq/l. Halterna av ^{137}Cs i mjölken var högre på de områden där nedfallet efter Tjernobylyolyckan var som störs. I bild 8.2 visas halterna av ^{137}Cs sedan 1960-talet i mjölk som producerats i södra Finland. Provtagningsområdet har varierat vid olika tider.

Halterna av ^{137}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 2022 var 0,0002 – 0,0008 mSv, varav ^{90}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

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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}Cs and ^{90}Sr analyses in STUK. In 2022, samples were exceptionally collected only during a nine-month period between April and December.

Pre-treatment and analysis

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

Results

The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in dairy milk (Bq/l) by sampling site in 2022 are presented as quarterly and annual means in table 8.1. The concentration of ^{137}Cs in milk varied between 0.09 – 0.060 Bq/l. The concentrations were highest in the areas with the highest deposition after the Chernobyl accident. Figure 8.2 presents concentrations of ^{137}Cs in milk produced in southern Finland since the 1960s. The sampling sites have changed throughout the years.

^{137}Cs contents in milk are at the same level as before the deposition caused by the Chernobyl accident. The concentrations of ^{137}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).

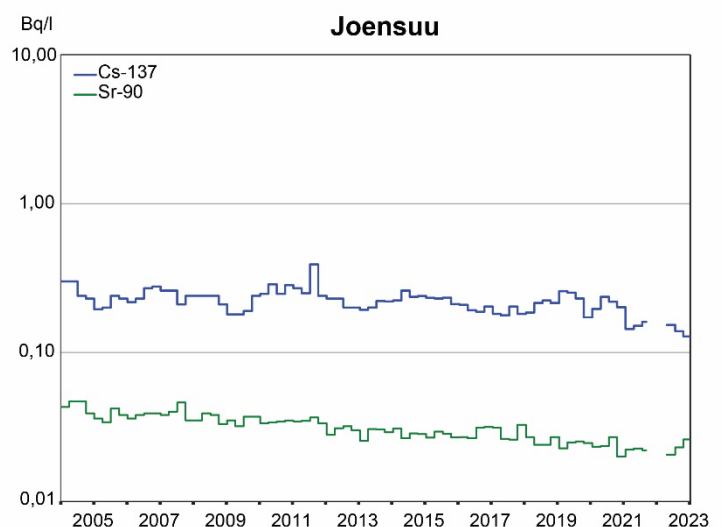
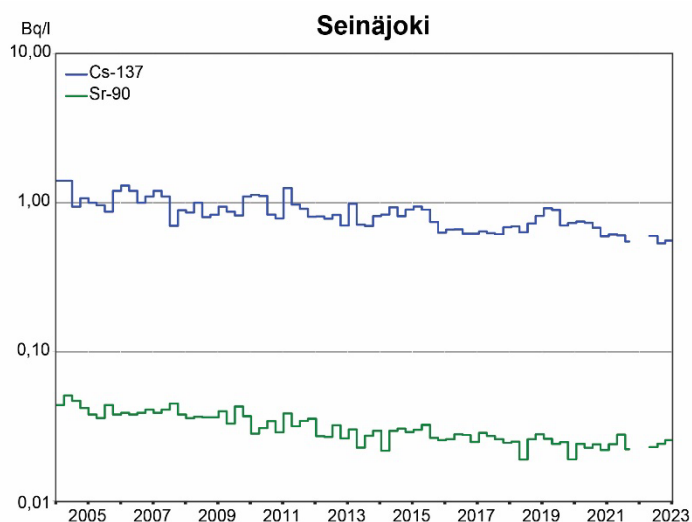
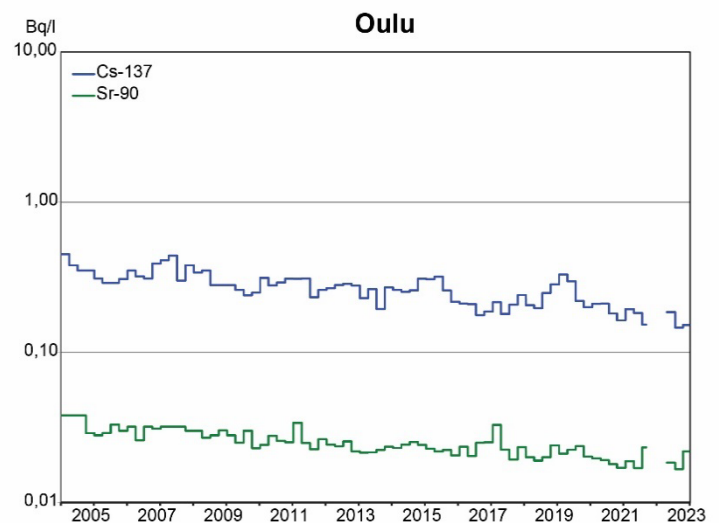
In 2022, the radiation dose received through milk was 0.0002 – 0.0008 mSv. On average 17% of this radiation dose was due to ^{90}Sr . The annual consumption of milk in this dose estimate was assumed to be 100 litres per capita (Natural Resources Institute Finland, Balance sheet for food commodities, 27.4.2023, <https://www.luke.fi/en/statistics/balance-sheet-for-food-commodities>).

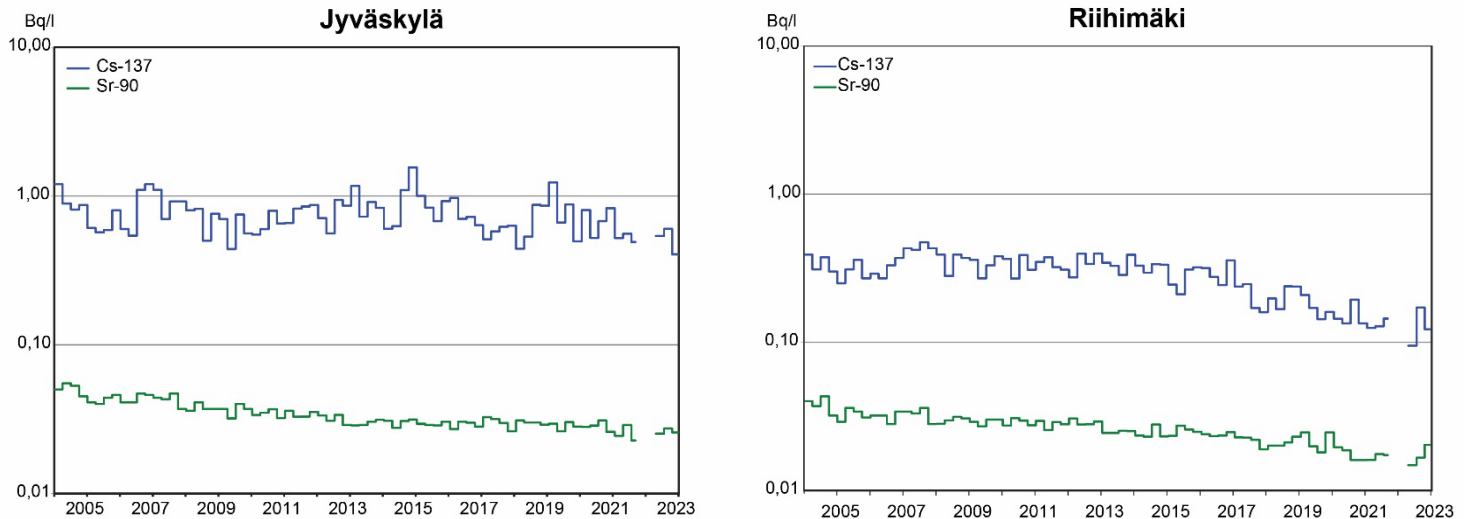
Taulukko 8.1. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) maidossa vuonna 2022, neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvot.

Tabell 8.1. ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk år 2022, kvartals- och årsmedeltal.

Table 8.1. The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk in 2022, quarterly and annual means.

Site	1.1. – 31.3.		1.4. – 30.6.		1.7. – 30.9.		1.10. – 31.12.		1.4. – 30.12.	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Joensuu	-	-	0,15	0,021	0,14	0,023	0,13	0,026	0,14	0,023
Jyväskylä	-	-	0,54	0,025	0,60	0,027	0,41	0,026	0,52	0,026
Oulu	-	-	0,19	0,018	0,15	0,017	0,15	0,022	0,16	0,019
Riihimäki	-	-	0,09	0,015	0,17	0,017	0,12	0,020	0,13	0,017
Seinäjoki	-	-	0,60	0,023	0,53	0,024	0,56	0,026	0,56	0,024

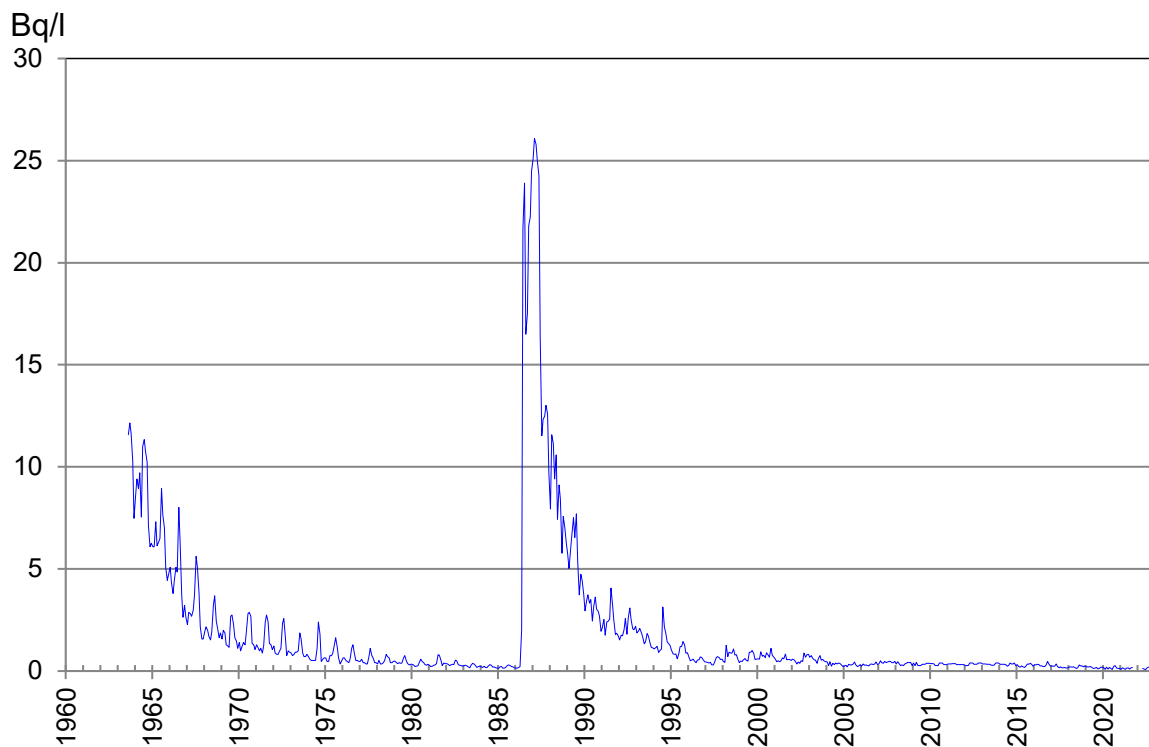




Kuva 8.1. Maitonäytteiden keräyspaikkakunnat ja ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet maidossa (Bq/l) vuodesta 2004 lähtien. Näytteitä ei kerätty lokakuu 2021 – maaliskuu 2022 välisenä aikana.

Bild 8.1. Provtagningsorter för mjölk och ^{137}Cs - och ^{90}Sr -aktivitetskoncentrationer (Bq/l) i mjölk sedan 2004. Inga prover samlades in mellan oktober 2021 och mars 2022.

Fig. 8.1. Milk sampling sites and ^{137}Cs and ^{90}Sr activity concentrations in milk (Bq/l) from 2004 onwards. No samples were collected between October 2021 and March 2022.



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

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

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

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

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

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

9 Elintarvikkeiden radioaktiiviset aineet

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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. Kuivatusta vuorokausinäytteistä määritetään ^{137}Cs gammaspektrometrisellä mittauksella. Cesiummäärityksen jälkeen vuorokausinäytteet tuhitetaan ja yhdistetään ^{90}Sr :n analysointia varten viikkonäytteeksi. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, jonka jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla.

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

Tulokset

Päivittäisen ravinnon ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet ovat pieniä, koska ruoan raaka-aineena käytetyt maataloustuotteet ovat lähes puhtaita radioaktiivisista aineista. Tulosten vaihtelut johtuvat lähinnä näytteenottopäivän dieetin ja ruoan alueellisen alkuperän vaihteluista. Vuonna 2022 ^{137}Cs -pitoisuudet ruoassa olivat 0,05 – 0,51 Bq/kg ja juomissa 0,08 – 0,22 Bq/l. Päivittäinen cesiumin saanti ruoan kautta vaihteli välillä 0,09 – 0,69 Bq/d ja juomien kautta 0,09 – 0,43 Bq/d. Aluekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 9.2 ja kuvassa 9.2. Suurkeittiöiden ruokaa käyttävien ruoasta saama säteilyannos oli vuonna 2022 0,0026 mSv, josta ^{137}Cs :n osuus oli 75 %.

Ruoan ^{137}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 2022 hankittiin kaupan elintarvikkeita elintarvikeliikkeistä samoilta paikkakunnilta kuin vuorokausiruokanäytteet. Näytteiksi valittiin luonnonvaraista riistaa, kalaa ja luonnontuotteita ^{137}Cs -pitoisuuksien määrittämistä varten (kuva 9.1). Näiden mittausten tulokset ovat taulukossa 9.1.

Mitatuista näytteistä yhdenkään ^{137}Cs -pitoisuus ei ylittänyt raja-arvoa 600 Bq/kg, jota suositellaan noudatettavaksi, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikaloja (EU-suositus 2003/274/Euratom). Tuoreita, kuivattuja tai suolattuja sieniä liottamalla tai keittämällä vedessä ennen ruoaksi valmistamista saadaan 80 – 90 prosenttia ^{137}Cs :sta poistettua. Sienien kuivaaminen ilman liotusta ei vähennä ^{137}Cs :n määrää. Lisätietoa käsittelymenetelmistä, joilla voidaan vähentää sienten radioaktiivista ^{137}Cs :a, löytyy [Ruokaviraston](#) verkkosivuilta. Eri elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuuksista on yksityiskohtaisempaa tietoa Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.stuk.fi.

9 Radioaktiva ämnen i livsmedel

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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}Cs med gammaspektrometri. Efter bestämning av ^{137}Cs -halten föraskas proven och sammanslås till veckoprov för analys av ^{90}Sr . Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter halten av ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

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

Resultat

Halterna av ^{137}Cs och ^{90}Sr i den dagliga födan är låga, eftersom de lantbruksprodukter som används som råvaror är nästan fria från radioaktiva ämnen. Variationerna i mätresultaten beror främst på kosthållningen på provtagningsdagen och på att råvarornas regionala ursprung varierar. År 2022 var

^{137}Cs -halterna i maten 0,05 – 0,51 Bq/kg och i dryckerna 0,08 – 0,22 Bq/l. Det dagliga intaget av cesium via maten varierade 0,09 – 0,69 Bq/d och via drycker 0,09 – 0,43 Bq/d. De regionala mätresultaten finns i tabell 9.2 och i bild 9.2. Under 2022 förorsakade storköken en stråldos på under 0,0026 mSv åt konsumenterna. 75 procent av denna dos berodde på ^{137}Cs .

Halten av ^{137}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

Under hösten 2022 skaffades livsmedel från livsmedelsbutiker på samma orter där matproven från ett dygn hämtats. Till proven valdes vilt fisk och naturprodukter för att bestämma halterna av ^{137}Cs (bild 9.1). Resultaten från dessa mätningar finns i tabell 9.1.

Inget av proven på ^{137}Cs -halten överskred gränsvärdet 600 Bq/kg. Detta gränsvärde rekommenderas att tillämpa på ^{137}Cs i vilt, vilda bär, vilda svampar och insjöfiskar som säljs på marknaden (EU-rekommendation 2003/274/Euratom). 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}Cs halten i svamp. Mera information om metoder för att sänka halten av radioaktivt ^{137}Cs i svampar finns på [Livsmedelsverkets](#) webbsida. Mer specifika detaljer om halterna av ^{137}Cs i olika livsmedel finns på [Strålsäkerhetscentralens](#) webbsida.

9 Radioactive substances in foodstuffs

Jani Turunen, Maria Kaipainen

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}Cs of the dried daily samples is determined by gamma-spectrometric measurement. After ^{137}Cs has been determined, the samples are ashed and combined into weekly samples for ^{90}Sr analysis. Strontium is separated from the samples by an extraction chromatographic method, after which ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

The drinks collected during a day are evaporated under infrared thermal lamps and ashed. ^{137}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}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in daily meals are low because the agricultural products used as raw material are almost free of artificial radionuclides. 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}Cs in the solid food in 2022 ranged from 0.05 – 0.51 Bq/kg, and in the drinks from 0.08 – 0.22 Bq/l. The daily intakes of ^{137}Cs via food varied between 0.09 – 0.69 Bq/d, and via drinks from 0.09 – 0.43 Bq/d. The regional results are given in table 9.2 and in figure 9.2. The average internal radiation dose received through food from the institutional kitchens in 2022 was less than 0.0026 mSv, and 75% of which is due to ^{137}Cs .

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

9.2 Foodstuffs on the market

In the autumn of 2022, the foodstuffs on the market were acquired from grocery shops in the same cities as the daily diet samples. Wild game, wild mushrooms and fish were chosen as samples in order to determine concentrations of ^{137}Cs (Fig. 9.1). The results of these measurements are presented in table 9.1.

In none of the analysed samples, the concentration of ^{137}Cs was higher than the maximum permitted level, 600 Bq/kg, recommended to be respected when placing wild game, wild berries, wild mushrooms and lake fish on the market (Commission recommendation 2003/274/Euratom). Soaking or cooking removes up to 80 – 90% of ^{137}Cs contents in fresh, dried or salted mushrooms. Drying without soaking does not reduce the ^{137}Cs contents of the mushrooms. More information about the pre-treatment methods of mushrooms can be found at [Finnish Food Authority's](https://www.mtt.fi/) website. More detailed information about the concentrations of ^{137}Cs in various foodstuffs can be found at STUK's website, www.stuk.fi.

Taulukko 9.1. ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/kg tuorepaino) elintarvikeliikkeistä hankituissa näytteissä vuonna 2022.

Tabell 9.1. ^{137}Cs (Bq/kg färsk vikt) i prov som köpts i livsmedelsbutiker år 2022.

Table 9.1. ^{137}Cs (Bq/kg fresh weight) in the samples purchased from food shops in 2022.

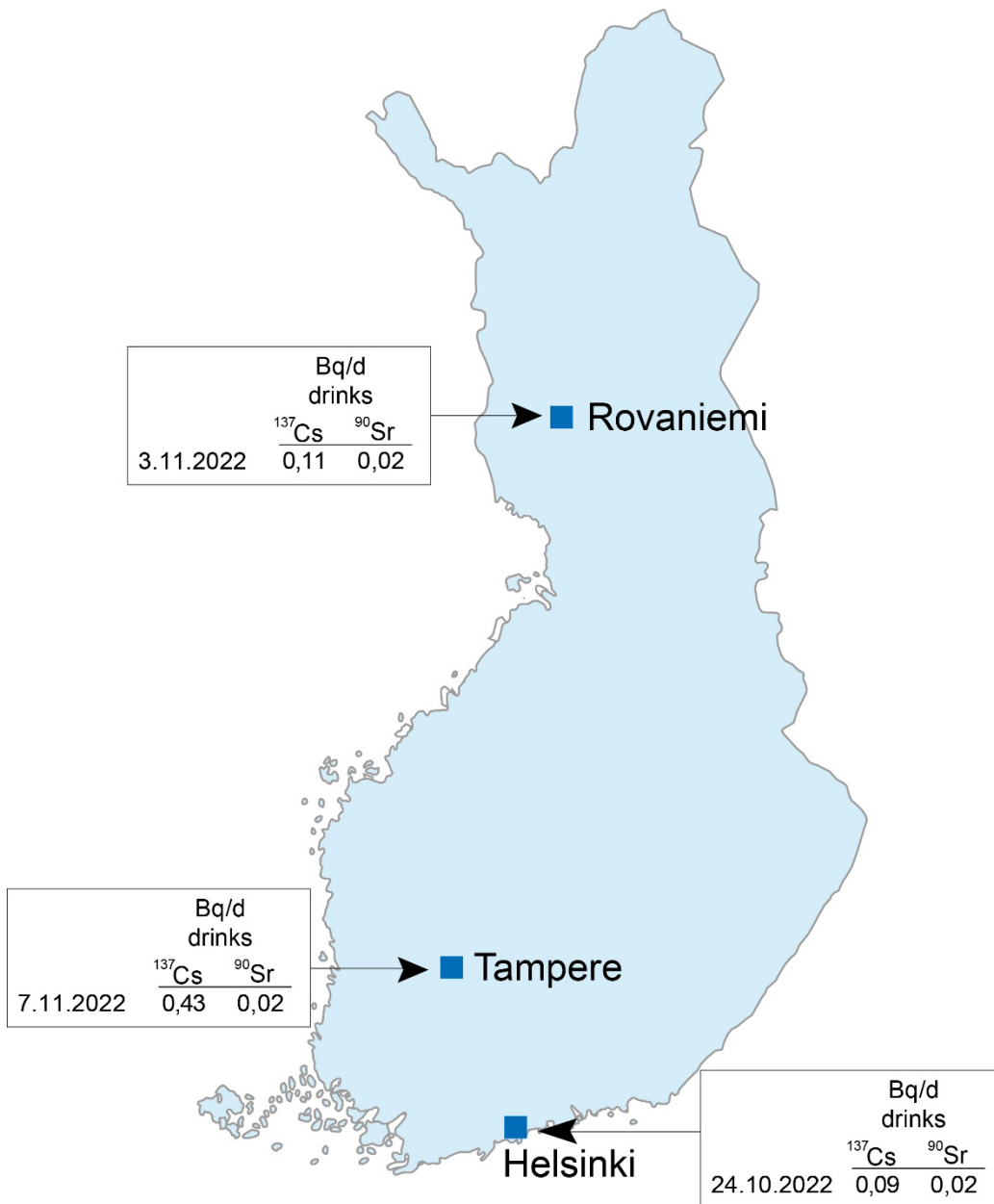
Elintarvike	Livsmedel	Foodstuff	^{137}Cs , Bq/kg (number of samples)					
			Helsinki		Tampere		Rovaniemi	
hirvenliha	älgkött	venison	-		31	(1)	-	
peuranliha	hjortkött	deer meat	14 — 240	(5)	96 — 340	(2)	61	(1)
poronliha	renkött	reindeer meat	-		-		32 — 100	(8)
sienet	svampar	mushrooms	4 — 190	(16)	25 — 350	(9)	3 — 190	(3)
järvi- ja jokikala	insjöfisk	freshwater fish	1 — 23	(5)	7 — 32	(6)	5 — 75	(7)

Taulukko 9.2. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n saanti ruoasta vuonna 2022.
Tabell 9.2. Intag av ^{137}Cs och ^{90}Sr i maten år 2022.
Table 9.2. The intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via ingestion in 2022.

Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) meal	^{90}Sr (Bq/week) meal
Helsinki	24.10.2022	0,11	0,36
	25.10.2022	0,33	
	26.10.2022	0,11	
	27.10.2022	0,69	
	28.10.2022	0,24	
	29.10.2022	0,34	
	30.10.2022	0,21	
Rovaniemi	31.10.2022	0,15	0,25
	1.11.2022	0,12	
	2.11.2022	0,16	
	3.11.2022	0,14	
	4.11.2022	0,09	
	5.11.2022	0,13	
	6.11.2022	0,19	
Tampere	31.10.2022	0,28	0,25
	1.11.2022	0,16	
	2.11.2022	0,17	
	3.11.2022	0,22	
	4.11.2022	0,21	
	5.11.2022	0,16	
	6.11.2022	0,17	



Kuva 9.1. Kantarelli (*Cantharellus cibarius*)
Bild 9.1. Kantarell (*Cantharellus cibarius*)
Fig. 9.1. Chanterelle (*Cantharellus cibarius*)



Kuva 9.2. Elintarvikkeiden keräyspaikkakunnat. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n päivittäinen saanti juomasta vuonna 2022.

Bild 9.2. Provtagningsorter för födoämnen. Daglig intag av ^{137}Cs och ^{90}Sr i dryckerna år 2022.

Fig. 9.2. The sampling sites for diet samples. The daily intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via drinks in 2022.

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

Kontaktperson: Jani Turunen Strålsäkerhetscentralen (jani.turunen@stuk.fi)

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

10 Radioaktiiviset aineet ihmisessä

Tiina Torvela

Ihminen saa radioaktiivisia aineita elimistöönsä 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 ¹³⁷Cs.

Mitatut ihmisryhmät

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

Helsingin, Tampereen ja Rovaniemen kouluryhmät koostuivat vapaaehtoisista koulujen oppilaista ja työntekijöistä. Näiden neljän ryhmän tulosten perusteella on aikaisemmin arvioitu suomalaisten saama säteilyannos keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Ryhmien mittauksia ei tehty vuonna 2022, vaan säteilyannos arvioitiin aiemman mittaushistorian perusteella.

Seurannan tulokset vuosina 1999 – 2021

Vuosien 1999 – 2021 mittaustulokset (cesiumin aktiivisuus kehossa, Bq/kg) Helsingin, Rovaniemen ja Tampereen kouluissa on esitetty kuvassa 10.2. Kuvassa oleviin tuloksiin sisältyvät vain aikuisten (yli 14-vuotiaiden) mittaustulosten keskiarvot. Vuosikeskiarvoihin on tehty loess-sovitus, jonka 95 % luottamusväliä kuvataan värillisillä alueilla trendiviivan ympärillä.

Mittaustulosten vaihtelu ryhmien sisällä yksittäisenä mittaavuotena johtuu kaupasta ostettujen ja luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden aktiivisuuspitoisuuksien suurista eroista sekä luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden satunnaisesta käytöstä. 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 mittausrhyhmissä 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.

Kuvan 10.2 kuvaama laskeva trendi osoittaa, että tulevina vuosina suurin osa mittaustuloksista tulisi jäämään alle mittauslaitteiston määritysrajan, joka on 50 kg painoiselle henkilölle 1 Bq/kg. Tämä

johtaa siihen, että saadun säteilyannoksen arviointi mittaustulosten perusteella tulisi jatkossa olemaan epäluotettavaa. Sisäisestä säteilystä saatavan annoksen yläraja voidaan kuitenkin arvioida jo mitatun aineiston perusteella yhdistettynä siihen ympäristön säteilyvalvonnasta kerättyyn tietoon, että uutta merkittävää määrää ihmisen tuottamaa radioaktiivisuutta ei elinympäristöön ole tullut. Ruoan mukana ihmisiin kulkeutuvan radiocesiumin määrästä saadaan myös jatkuvaa tietoa elintarvikkeiden radioaktiivisuusvalvonnan kautta (luku 9, Radioaktiivisuus elintarvikkeissa).

Vuosina 1999 – 2021 suoritettujen kehon säteilymittausten perusteella voidaan arvioida, että myös vuonna 2022 kehossa olevan ^{137}Cs :n aiheuttama säteilyannos jää 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 ^{137}Cs det vanligaste artificiella radioaktiva ämnet som upptäcks vid helkroppsmätningar.

Människogrupper som undersöktes

I Finland har man sedan år 1965 utfört mätningar på en referensgrupp av Helsingforsbor. Från och med år 1999 har man dessutom utfört mätningar på tre grupper från skolor i Helsingfors, Rovaniemi och Tammerfors (fr.o.m. 2001).

Skolgrupperna i Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi bestod av frivilliga elever och anställda. På basis av resultaten från mätningarna på dessa fyra grupper har man tidigare beräknat den stråldos som finländarna i genomsnitt får från artificiella radioaktiva ämnen. Mätningarna av grupperna gjordes inte 2022, utan strålningsdosen beräknades utifrån den tidigare mätningshistorien.

Resultaten av övervakningen mellan 1999 och 2021

Bild 10.2 visar resultaten från skolmätningarna i Helsingfors, Rovaniemi och Tammerfors för 1999 – 2021 (cesiumaktivitet i kroppen, Bq/kg). Resultaten på bilden omfattar endast medelvärden för mätresultaten för vuxna (över 14 år). Årsmedelvärdena har anpassats med loess, vars 95-procentiga konfidensintervall beskrivs med färgade områden runt trendlinjen.

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. Den viktigaste faktorn i variationen mellan grupperna är den ojämna regionala fördelningen av nedfallet i Finland 1986 efter kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. I Finland representerar Tammerfors det område där nedfallet från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl 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.

Den minskande trend som beskrivs i bild 10.2 visar att de flesta mätvärden under de kommande åren kommer att ligga under mätutrustningens bestämningsgräns, vilket är 1 Bq/kg för en person som väger 50 kg. Detta innebär att bedömningen av den erhållna strålningsdosen utifrån mätresultaten är opålitlig i framtiden. Den övre gränsen för dosen från intern strålning kan dock uppskattas på grundval av redan uppmätta data i kombination med uppgiften som samlats in från strålningsövervakningen av miljön om att ingen ny betydande mängd mänsklig radioaktivitet har kommit in i livsmiljön. Kontinuerlig information om mängden radiocesium som livsmedel transporterar till människor erhålls också genom övervakning av radioaktivitet i livsmedel (kapitel 9, Radioaktiva ämnen i livsmedel).

Baserat på kroppsstrålningsmätningar som genomförts mellan 1999 och 2021 kan man uppskatta att den strålningsdos som orsakas av ^{137}Cs i kroppen ligger under 5 μSv per person i Finland även 2022.

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. Today, ^{137}Cs is the most common artificial radionuclide detected in these measurements.

Measured groups of people

A reference group from Helsinki has been monitored since 1965. The groups from Helsinki and Rovaniemi have been followed since 1999 and in 2001 a group from Tampere was added.

The Helsinki, Tampere and Rovaniemi school groups consisted of voluntary school pupils and workers. The radiation dose for Finns from artificial radioactive substances was previously estimated on the basis of the results recorded for these four groups. Measurements were not carried out on the groups in 2022, and the radiation dose was instead estimated based on prior measurement history.

Surveillance results between 1999 and 2021

Figure 10.2 displays the measurement results for the years 1999 – 2021 (cesium activity in the body, Bq/kg) at schools in Helsinki, Rovaniemi and Tampere. The results shown in the figure include measurement result averages only for adults (over-14-year-olds). The annual averages are loess-adjusted, and the coloured areas around the trend line illustrate the related 95% confidence interval.

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 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.

The declining trend illustrated in Figure 10.2 suggests that, in the coming years, the majority of measurement results will remain below the level of quantification of the measurement equipment, which for a person weighing 50 kg is 1 Bq/kg. This leads to a situation where it would be unreliable in future to evaluate the radiation dose on the basis of measurement results. However, the upper limit of the dose from internal radiation can be evaluated on the basis of the material already measured, combined with the collected environmental radiation monitoring knowledge that no significant amounts of new man-made radioactivity have been introduced into the living environment. 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.

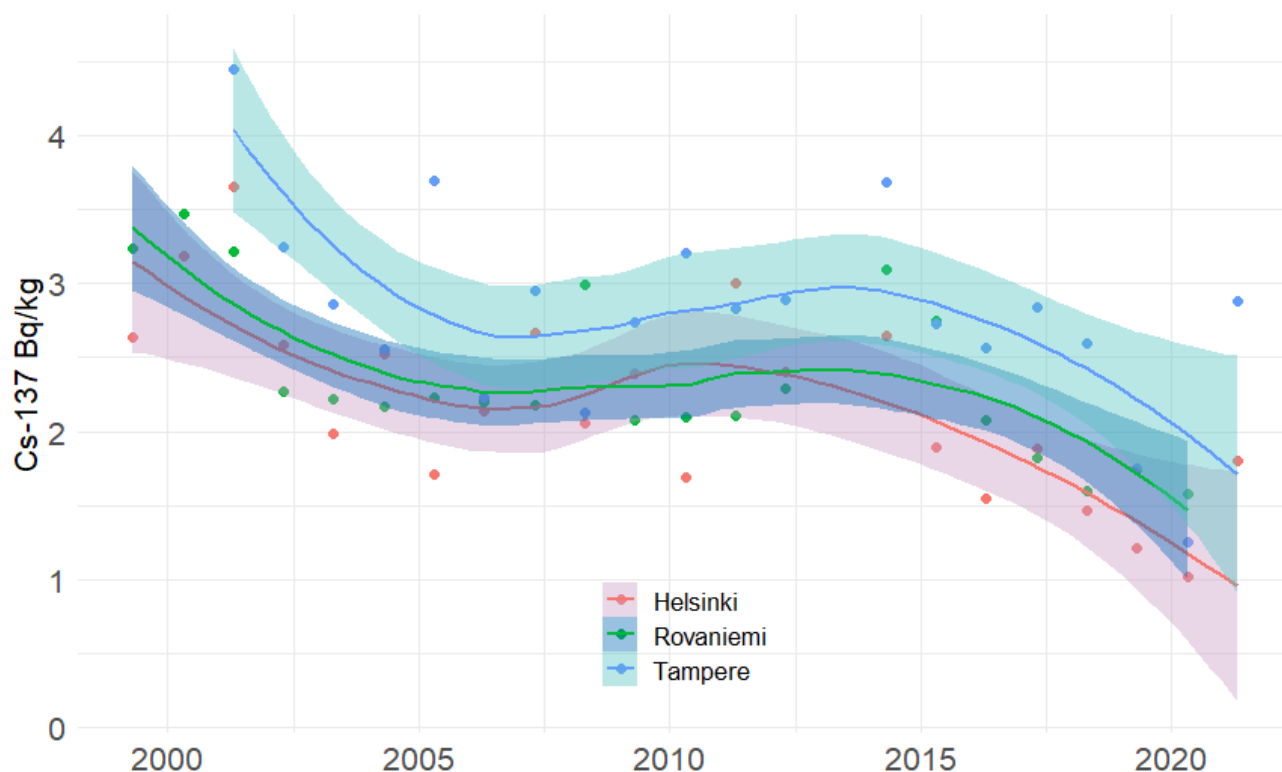
Based on the body radiation measurements carried out between 1999 and 2021, it can be expected that the radiation dose from ^{137}Cs to Finns also remained below 5 $\mu\text{Sv}/\text{person}$ in 2022.



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. Mätningstol 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 koulujen mittausryhmissä mitatuissa henkilöissä (Bq/kg) Helsingissä, Rovaniemellä ja Tampereella ajanjaksolla 1999 – 2021. Pisteet kuvaavat mittausryhmien vuosikeskiarvoja. Värinauhkat kuvaavat vuosikeskiarvoihin sovitettua loess-estimaatin (kiinteä trendiviiva) 95 % luottamusväliä.

Bild 10.2. Förändring av mängden cesium (Bq/kg) i personer som undersöktes i skolmättningsgrupperna i Helsingfors, Rovaniemi och Tammerfors under perioden 1999 – 2021. Punkterna representerar de årliga medelvärdena för mätgrupperna. De färgade banden representerar den 95-procentiga konfidensintervallen för loess-estimatet anpassat efter de årliga medelvärdena (fast trendlinje).

Fig. 10.2. Development of the caesium levels measured in the members of the school measurement groups (Bq/kg) in Helsinki, Rovaniemi and Tampere between 1999 and 2021. The dots illustrate the annual averages for the measurement groups. The ribbons illustrate the 95% confidence interval of the annual average-adjusted loess estimate (solid trend line).

Yhteyshenkilö: Tiina Torvela, Säteilyturvakeskus (tiina.torvela@stuk.fi)

Kontaktperson: Tiina Torvela, Strålsäkerhetscentralen (tiina.torvela@stuk.fi)

Contact person: Tiina Torvela, Radiation and Nuclear Safety Authority (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, lääkinällisestä radioisotooppien käytöstä sekä luonnosta. Tutkimalla lietteitä saadaan myös tietoa radionuklidien kulkeutumisesta ympäristössä.

Loppuvuodesta 2022 tehtiin myös kertaluonteinen erillisselvitys jätevedenpuhdistamon lietteistä viidellä paikkakunnalla: Jyväskylä, Kuopio, Rovaniemi, Tampere ja Turku. Näillä paikkakunnilla on sairaaloita, joissa käytetään radioisotooppeja lääkinällisessä käytössä.

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 m³ vuorokaudessa. Kuivattua jätevesilietettä syntyy vuosittain noin 60000 tonnia.

Jyväskylän [Nenänniemen puhdistamo](#) käsittelee Jyväskylän, Muuramen, Laukaan ja Uuraisten kunnallisiin viemäriverkostoihin johdettuja jätevesiä. Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 38000 m³ vuorokaudessa.

Kuopion kaupunkialueen jätevedet käsitellään [Lehtoniemen keskuspuhdistamolla](#). Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 20500 m³ vuorokaudessa.

Rovaniemen [Alakorkalon jätevedenpuhdistamolle](#) johdetaan suurin osa Rovaniemen alueen jätevesistä. Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 19000 m³ vuorokaudessa.

Tampereen [Viinikanlahden jätevedenpuhdistamo](#) käsittelee Tampereen lisäksi myös Kangasalan ja osittain Ylöjärven ja Pirkkalan kuntien jätevesiä. Puhdistamon kokonaisvirtaama vuonna 2022 oli noin 70000 m³ vuorokaudessa.

Turun [Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla](#) käsitellään Turun jätevesien lisäksi myös mm. Kaarinan, Raision, Naantalin ja Liedon jätevesiä. Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 80000 m³ vuorokaudessa.

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.

Erillisselvitykseen kuuluvilta jätevedenpuhdistamoilta pyydettiin näytteet kertaalleen loppuvuodesta 2022.

Näytteiden käsittely ja analysointi

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

Tulokset

Radionuklideja käytävien 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 mm. ^{75}Se , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I ja ^{177}Lu . ^{137}Cs on peräisin Tšernobylin onnettomuudesta ja ^{238}U on vedessä luonnollisesti esiintyvä radioaktiivinen aine. Jätelietteen gamma-aktiivisten radionuklidien pitoisuudet raakalietteessä vuonna 2022 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 Tjernobylyckan, användningen av radioisotoper inom medicin och från naturen. Genom att undersöka slammet får man också information om radionuklidernas förflyttning i miljön.

I slutet av 2022 genomfördes även en separat engångsutredning av slam från avloppsreningsverk på fem orter: Jyväskylä, Kuopio, Rovaniemi, Tammerfors och Åbo. Det finns sjukhus på dessa orter som använder radioisotoper för medicinska ändamål.

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 m³ per dygn. Det uppstår cirka 60000 ton torkat avloppsslam per år.

[Nenäinniemi reningsverk](#) i Jyväskylä behandlar avloppsvatten som släpps ut i de kommunala avloppsnäten i Jyväskylä, Muurame, Laukas och Urais. Reningsverkets totala flöde är cirka 38000 m³ per dygn.

Avloppsvattnet från Kuopios stadsområde behandlas vid det [centrala avloppsreningsverket i Lehtoniemi](#). Reningsverkets totala flöde är cirka 25000 m³ per dygn.

Större delen av avloppsvattnet från Rovaniemi släpps ut till [Alakorkalo avloppsreningsverk i Rovaniemi](#). Reningsverkets totala flöde är cirka 19000 m³ per dygn.

[Viinikanlahti](#) avloppsreningsverk i Tammerfors behandlar avloppsvatten förutom från Tammerfors även från Kangasala och delar av Ylöjärvi och Birkala. Reningsverkets totala flöde år 2022 var cirka 70000 m³ per dygn.

[Kakolabackens avloppsreningsverk](#) i Åbo behandlar avloppsvatten förutom från Åbo även från bland annat S:t Karins, Reso, Nådendal och Lundo. Reningsverkets totala flöde är cirka 80000 m³ per dygn.

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.

Prover från de avloppsreningsverk som ingick i den separata utredningen begärdes en gång i slutet av 2022.

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 anlant 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 bland annat radionukliderna ^{75}Se , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I och ^{177}Lu . ^{137}Cs härrör från Tjernobylylyckan och ^{238}U är ett radioaktivt ämne som förekommer naturligt i vatten. Halterna av gammaaktiva radionuklider i avfallsslammet år 2022 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.

In late 2022, a one-off separate study was also carried out on wastewater treatment plant sludge in five cities: Jyväskylä, Kuopio, Rovaniemi, Tampere and Turku. These cities have hospitals where radioisotopes are employed for medical uses.

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 m³ of wastewater per day flows through the plant. The plant produces about 60000 tonnes of dried waste sludge yearly.

[The Nenäinniemi treatment plant](#) in Jyväskylä processes the wastewaters discharged into the municipal sewers of Jyväskylä, Muurame, Laukaa and Uurainen. This treatment plant has a total flow of approximately 38000 m³ daily.

The wastewater from the Kuopio urban area is processed at the [Lehtoniemi central treatment plant](#). This treatment plant has a total flow of approximately 20500 m³ daily.

The majority of the wastewater from the Rovaniemi area is discharged to the [Alakorkalo wastewater treatment plant](#) in Rovaniemi. This treatment plant has a total flow of approximately 19000 m³ daily.

The [Viinikanlahti wastewater treatment plant](#) in Tampere processes municipal wastewaters originating not only from Tampere but also from Kangasala and, partly, from Ylöjärvi and Pirkkala. In 2022, this treatment plant had a total flow of approximately 70000 m³ daily.

The [Kakolanmäki wastewater treatment plant](#) in Turku processes wastewaters not only from Turku but also from Kaarina, Raisio, Naantali and Lieto. This treatment plant has a total flow of approximately 80000 m³ daily.

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.

The wastewater treatment plants included in the scope of the separate study were requested to provide samples once in late 2022

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 ⁷⁵Se, ^{99m}Tc, ¹³¹I and ¹⁷⁷Lu. ¹³⁷Cs derives from the Chernobyl accident, while ²³⁸U 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 2022 are presented in tables 11.1 and 11.2, respectively.

Taulukko 11.1. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon raakalietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2022.

Tabell 11.1. Gammastrålände radioaktiva ämnen i råslammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrvtikt år 2022.

Table 11.1. Gamma-emitting radionuclides in undigested sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2022.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²³⁸ U
15.3.2022	1700 ± 10%*	3,8 ± 15%	1900 ± 12%	310 ± 18%
19.9.2022	1800 ± 10%	3,0 ± 56%	1500 ± 11%	200 ± 54%

*Uncertainty is given two sigma uncertainty

Taulukko 11.2. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kuivatussa lietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2022.

Tabell 11.2. Gammastrålande radioaktiva ämnen i det torkade slammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrsvikt år 2022.

Table 11.2. Gamma-emitting radionuclides in dewatered sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2022.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²³⁸ U
15.3.2022	150 ± 13%*	4,4 ± 22%	1300 ± 10%	560 ± 16%
19.9.2022	480 ± 12%	4,5 ± 15%	1700 ± 12%	350 ± 19%

*Uncertainty is given two sigma uncertainty



Kuva 11.1. Viikinmäen jätevedenpuhdistamo.

Bild 11.1. Viksbacka avloppsreningsverk.

Fig. 11.1. Viikinmäki wastewater treatment plant.

Taulukko 11.3. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Jyväskylän, Kuopion, Rovaniemen, Tampereen ja Turun jätevedenpuhdistamon raakalietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2022.

Tabell 11.3. Gammastrålande radioaktiva ämnen i råslammet från Jyväskylä, Kuopio, Rovaniemi, Tampere och Turku avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrviikt år 2022.

Table 11.3. Gamma-emitting radionuclides in undigested sludge in the Jyväskylä, Kuopio, Rovaniemi, Tampere and Turku wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2022.

Wastewater treatment plant (Sampling date)	⁷⁵ Se	^{99m} Tc	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²³⁸ U
Jyväskylä 2.1.2023	<2,0	9700 ± 19%	24 ± 15%*	4,2 ± 38%	<12,4	<280
Kuopio 8.12.2022	<1,5	<1000000	780 ± 6%	<1,2	<17	<120
Rovaniemi 12.12.2022	<1,6	<20000	<2,2	<2,1	<17	<220
Tampere 7.12.2022	<1,7	<2,8E8	1200 ± 9%	4,6 ± 24%	<13	<120
Turku 12.12.2022	<1,4	<1100	390 ± 9%	2,9 ± 44%	31 ± 26%	<160

*Uncertainty is given two sigma uncertainty

Taulukko 11.4. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Jyväskylän, Kuopion, Rovaniemen, Tampereen ja Turun jätevedenpuhdistamon kuivatussa lietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2022.

Tabell 11.4. Gammastrålande radioaktiva ämnen i det torkade slammet från Jyväskylä, Kuopio, Rovaniemi, Tampere och Turku avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrviikt år 2022.

Table 11.4. Gamma-emitting radionuclides in dewatered sludge in the Jyväskylä, Kuopio, Rovaniemi, Tampere and Turku wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2022.

Wastewater treatment plant (Sampling date)	⁷⁵ Se	^{99m} Tc	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²³⁸ U
Jyväskylä 2.1.2023	<0,6	<270	19 ± 9%*	4,5 ± 15%	<4,9	<84
Kuopio 8.12.2022	2,6 ± 17%	<320000	250 ± 8%	1,7 ± 30%	68 ± 12%	<74
Rovaniemi 12.12.2022	<0,5	<4900	25 ± 9%	<0,7	11,3 ± 19%	<83
Tampere 7.12.2022	<0,7	<9.0E7	960 ± 8%	6,9 ± 11%	<5,4	<61
Turku 12.12.2022	<0,6	<360	400 ± 8%	2,4 ± 19%	31 ± 13%	59 ± 36%

*Uncertainty is given two sigma uncertainty

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

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

Contact person: Vesa-Pekka Vartti, Radiation and Nuclear Safety Authority (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 2022 pinnan läheisessä vesikerroksessa mitattiin ^{137}Cs :ää 9 – 20 becquereliä kuutiometrissä vettä (Bq/m^3). Vaikka ^{137}Cs -pitoisuudet merivedessä ovat laskeneet huippuvuosista (kuva 12.2), Itämeri on yhä yksi maailman saastuneimmista merialueista ^{137}Cs :n suhteen. Merivedestä mitatut tritiumpitoisuudet vaihtelivat < 1,0 – 2,4 becquereliä litrassa (Bq/l). Suurimmat tritiumpitoisuudet mitattiin ydinvoimalaitosten välittömässä läheisyydessä. Meriveden ^{90}Sr -pitoisuus vaihteli välillä 3,9 – 5,8 becquereliä kuutiometrissä vettä (Bq/m^3).

Suurin osa Itämereen tulleesta radioaktiivisesta cesiumista on vajonnut pohjasedimentteihin. Sedimentin pintakerroksessa ^{137}Cs -pitoisuus vaihteli 130 – 360 Bq/kg . Pohjasedimenteissä ^{137}Cs :n kokonaismäärät pinnasta noin 30 cm syvyyteen olivat itäisen Suomenlahden ja Selkämeren havaintopaikoissa 5100 – 36700 becquereliä neliömetrillä (Bq/m^2). Muissa Itämeren alueen havaintopaikoissa kokonaismäärät vaihtelivat välillä 1600 – 4100 Bq/m^2 . Itämeren pohjaan arvioidaan olevan varastoituneena $2,5 \times 10^{15}$ Bq (2,5 terabecquereliä) ^{137}Cs :ää, josta yli puolet on sitoutuneena Selkämeren pohjasedimentteihin.

Vuonna 2022 cesiumin pitoisuudet vaihtelivat Suomen rannikoilta pyydetyissä hauissa 5,3 – 7 becquereliä kilossa (Bq/kg) ja olivat silakoissa korkeimmillaan 3,2 Bq/kg (kuva 12.3). Itämeren kaloista suomalaisille aiheutunut sisäisen säteilyannos oli alle 0,0005 millisievertiä (mSv) vuonna 2022.

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 2022 varierade halterna av ^{137}Cs i ytvattnet från 9 till 20 becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3). Även om ^{137}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}Cs . Tritiumhalterna i havsvatten varierade $<1,0 - 2,4$ becquerel per liter (Bq/l). De högsta tritiumhalterna observerades nära kärnkraftverk. Havsvattnets ^{90}Sr -halt varierade mellan $3,9 - 5,8$ Becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3).

Merpart av ^{137}Cs har sjunkit ner botten sediment. I sediments ytskikt ^{137}Cs halterna varierade $130 - 360$ Bq/kg . I bottensedimenten var totalmängderna av ^{137}Cs från ytan till cirka 30 centimeters djup $5100 - 36700$ becquerel per kvadratmeter (Bq/m^2) vid provtagningsstationerna i östra Finska viken och Bottenhavet. Vid de andra stationerna i Östersjön varierade totalmängderna från 1600 till 4100 Bq/m^2 . Den totala mängden ^{137}Cs i Östersjöns botten uppskattas vara cirka $2,5 \times 10^{15}$ Bq (2,5 terabecquerel). Över hälften av detta är bundet i Bottenhavets sediment.

År 2022 varierade cesiumhalterna i gäddor som fiskats längs den finska kusten $5,3 - 7$ Bq/kg . I strömmingar var cesiumhalten som högst $3,2$ Bq/kg (bild 12.3). Den interna stråldos som finländare fick från Östersjöfiskar år 2022 uppskattades vara mindre än $0,0005$ 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.

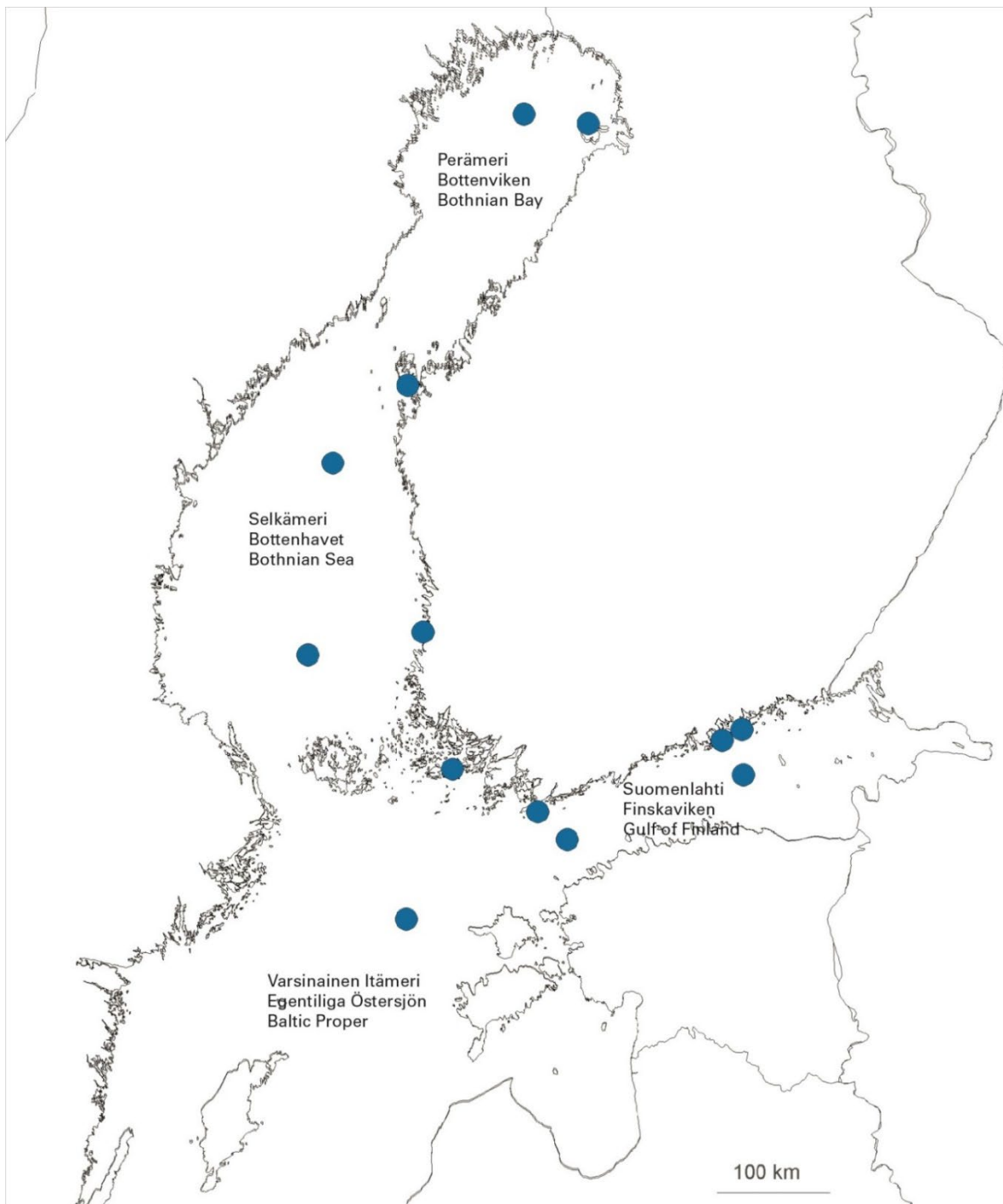
Results

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 2022, the ^{137}Cs concentrations of surface water varied from 9 to 20 becquerel per cubic metre (Bq/m^3). Even though the ^{137}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}Cs . Tritium concentrations in sea water varied $< 1.0 - 2.4$ (Bq/l). The highest tritium concentrations were measured in vicinity of nuclear power plants. The ^{90}Sr concentration in sea water varied between 3.9 – 5.8 becquerel per cubic metre (Bq/m^3) of water.

Most of the ^{137}Cs present in the Baltic Sea has buried in the bottom sediments. In the surface layer of sediment, the ^{137}Cs concentration varied 130 – 360 Bq/kg . The total amounts of ^{137}Cs in bottom sediments were 5100 – 36700 Bq/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: 1600 – 4100 Bq/m^2 . According to a recent evaluation, the total inventory of ^{137}Cs in the Baltic Sea sediments was about 2.5×10^{15} Bq (2.5 tera becquerel), and more than half of this was bound in the seabed of the Gulf of Bothnia.

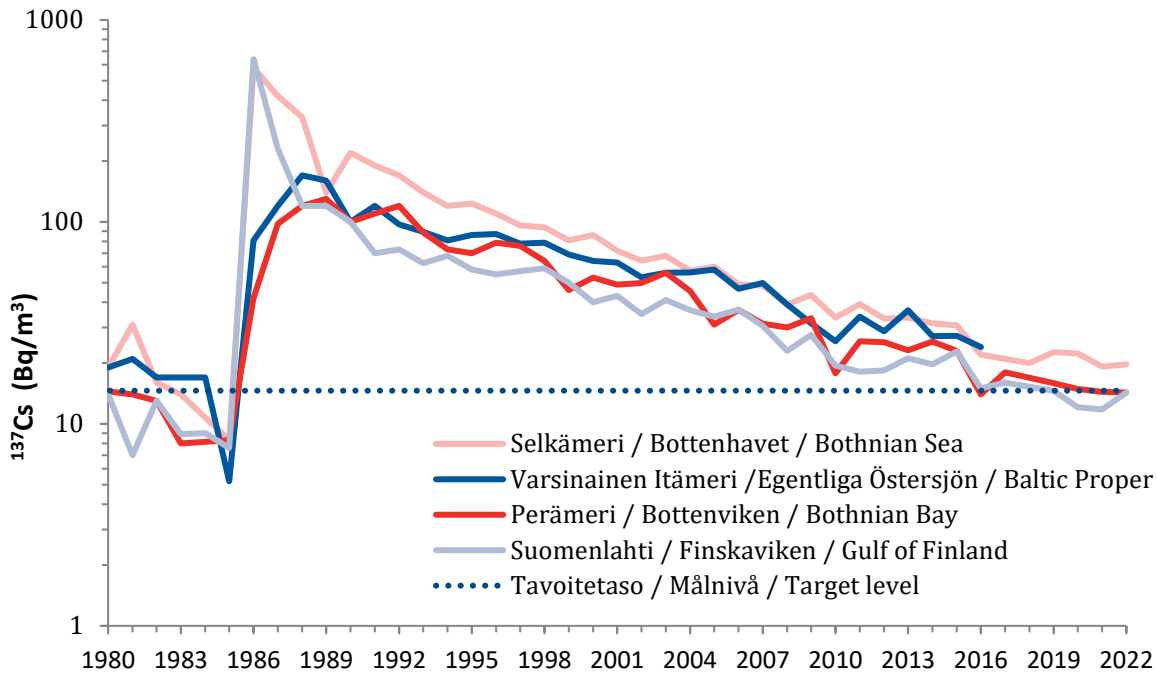
In 2022, the cesium concentrations varied 5.3 – 7 Bq/kg in pikes caught on Finnish coasts (Fig. 12.3), while in Baltic herrings they were 3.2 Bq/kg at maximum. The internal radiation dose from Baltic Sea fish to Finnish people was estimated to be less than 0.0005 mSv in 2022.



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

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

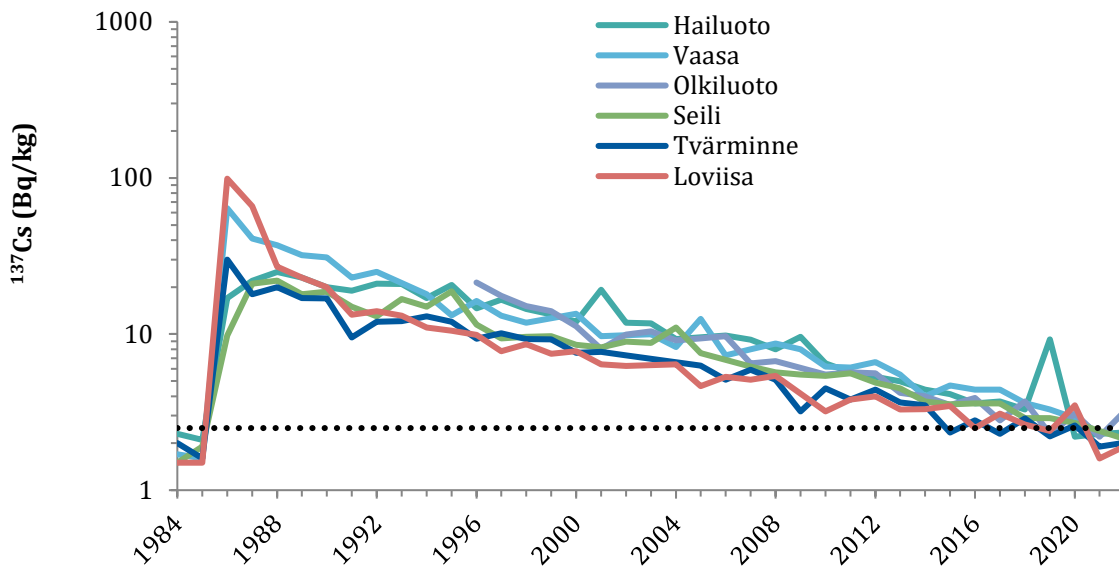
Fig. 12.1. Sampling stations and areas for sea water, bottom sediment, fish and other biota.



Kuva 12.2. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/m^3) merivedessä vuosina 1980 – 2022.

Bild 12.2. ^{137}Cs -halter (Bq/m^3) i ytvatten år 1980 – 2022.

Fig. 12.2. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/m^3) in seawater during 1980 – 2022.



Kuva 12.3. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/kg) Itämerestä pyydystetyssä silakassa 1984 – 2022.

Bild 12.3. ^{137}Cs -halter (Bq/kg) i fisk (strömmingar) i Östersjön år 1984 – 2022.

Fig. 12.3. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/kg) in fish (herring) in the Baltic Sea during 1984 – 2022.

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

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

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

13 Sisäilman radon

Päivi Kurttio, Katja Kojo, Jussi-Pekka Laine

Valtaosa suomalaisen säteilyaltistumisesta tulee asuntojen sisäilman radonista (^{222}Rn). Kuntien terveydensuojeluviranomainen valvoo asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonpitoisuuksia. Sisäilman radonin pääasiallinen lähde on maaperän uraanipitoinen kiviaines. Korkeita radonpitoisuuksia esiintyy erityisesti niissä asunnoissa, joiden perustusrakenteet eivät ole riittävän tiiviitä estämään maaperän radonpitoisen ilman pääsyn sisätiloihin. Säteilylain 19 §:n perusteella STUK ylläpitää rekisteriä asuntojen, muiden oleskelutilojen ja työpaikkojen radonpitoisuuksista. STUKilla on oman radonmittaustoiminnan vuoksi kattava ja koko ajan täydentyvä sisäilman radonpitoisuuksien rekisteri. Tunnettujen korkeiden radonpitoisuuksien alueella tehdään rakennuksissa enemmän mittauksia, joten rekisteri ei edusta koko Suomen rakennuksia. STUKissa tehdyt asuntojen sisäilman radonmittausten tulokset sekä kaikkien radonmittauksia tarjoavien toimijoiden työpaikkojen radonmittausten tulokset kerätään radonrekisteriin, jota hyödynnetään viranomaisvalvonnan kohdentamisessa, tilastojen, radonkarttojen ja muiden radonraporttien laatimisessa.

Keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalainen altistuu kotonaan, arvioidaan olevan hieman alle 94 Bq/m^3 . Suomessa on arviolta 100000 (88000 pientaloa ja 10000 kerrostalojen alimpien kerrosten asuntoa), joissa radonpitoisuuden vuosikeskiarvo on suurempi kuin viitearvo 300 Bq/m^3 . Työpaikkojen radonvalvonnan tulokset raportoidaan STUKin *Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta* -vuosiraportissa.

Radonpitoisuudet ovat alkaneet laskea pientaloissa 1980-luvun puolivälistä alkaen. Lasku on ollut erityisen merkittävää ns. korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa. Vuonna 2003 ja sen jälkeen rakennetuissa pientaloissa ei enää ole nähty eroja sisäilman radonpitoisuuksissa korkean radonpitoisuuden maakuntien ja muiden alueiden välillä. Radonpitoisuuksien valtakunnallista kehittymistä on seurattava, koska tapa rakentaa muuttuu ja kehittyy koko ajan ja sillä voi olla merkittäviä vaikutusta sisäilman radonpitoisuuksiin.

STUKin radonpurkeilla tehtyjen asuntomittausten määrä on pienentynyt jatkuvasti vuoden 2017 jälkeen (Kuva 13.2). Kansalliseen radontietokantaan on tallennettu yhteensä 259166 radonmittaustulosta asunnoissa, joista 3049 on tehty vuoden 2022 aikana. Useissa Suomen kunnissa korkeat radonpitoisuudet ovat yleisiä (kuva 13.1). Radontietokantaan kirjattujen asuntojen radonpitoisuuksien mediaani oli 109 Bq/m^3 . 15 %:ssa STUKin purkeilla tehdyistä asuntomittauksista radonpitoisuuden vuosikeskiarvo oli suurempi kuin viitearvo 300 Bq/m^3 (Kuva 13.2).

13 Radon i inomhusluften

Päivi Kurttio, Katja Kojo, Jussi-Pekka Laine

Finländarna får den största strålningsexponeringen genom radonet (^{222}Rn) i inomhusluften i bostäderna. Kommunernas hälsoinspektörer övervakar radonhalterna i bostäder och övriga vistelseutrymmen. Radon i inomhusluften härstammar oftast från uranhaltigt stenmaterial i marken. Höga radonhalter förekommer speciellt i bostadslägenheter vars grundkonstruktion inte är tillräckligt tät för att förebygga att radonhaltig marklyft tränger in i huset. STUK upprätthåller enligt 19 § i strålsäkerhetslagen ett register över radonhalter i bostäder och andra vistelseutrymmen och på arbetsplatser. Tack vare sin egen radonmätungsverksamhet har STUK ett omfattande register av radonhalterna i inomhusluften som ständigt kompletteras. I områden där man vet att radonhalten är hög görs fler mätningar i byggnader, så registret är inte representativt för byggnader i hela Finland. Resultaten från mätningarna av radonhalterna i inomhusluften i bostäder som gjorts vid STUK samt resultaten från radonmätningar på arbetsplatser från alla aktörer som erbjuder radonmätning, samlas till det nationella radonregistret som utnyttjas vid allokering av myndighetstillsynen samt framställning av statistik, radonkartor och andra radonrapporter.

Den genomsnittliga radonhalten som finländare utsätts för i hemmet uppskattas till strax under 94 Bq/m^3 . I Finland finns uppskattningsvis 100000 bostäder (88000 småhus och 10000 bostäder på bottenvåningen i flervåningshus), där årsmedeltalet för radonhalten överskrider referensvärdet 300 Bq/m^3 . Radonövervakningens resultat av arbetsplatser rapporteras i STUK:s årsrapport *Användning av strålning och annan verksamhet som medför exponering för strålning (Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta)*.

Radonhalterna har sedan mitten av 1980-talet börjat minska i småhus. Speciellt stor har minskningen varit i landskap med hög radonhalt. I småhus byggda 2003 och senare har man inte längre sett skillnader i radonhalterna i inomhusluften mellan landskapen med hög radonhalt och andra områden. Den nationella utvecklingen av radonhalterna måste följas upp, eftersom byggmetoderna hela tiden förändras och utvecklas, vilket kan ha betydande inverkan på radonhalten i inomhusluften.

Antalet mätningar i bostäder med STUKs radonburkar har minskat kontinuerligt sedan 2017 (bild 13.2). I den nationella radondatabasen har sammanlagt 259166 radonmätningresultat för bostäder sparats, varav 3049 har genomförts under 2022. I flera kommuner i Finland är det vanligt med höga radonhalter (bild 13.1). Medianen för radonhalterna i bostäderna som registrerats i radondatabasen var 109 Bq/m^3 . I 16 procent av mätningarna i bostäder med STUKs burkar var årsmedelvärdet för radonhalten högre än referensvärdet 300 Bq/m^3 (bild 13.2).

Informationen om halterna som sparas i radondatabasen överskattar radonhalterna i hela Finland, eftersom det görs fler mätningar i bostäderna i områden där man vet att radonhalten är hög än i andra områden.

13 Radon in indoor air

Päivi Kurttio, Katja Kojo, Jussi-Pekka Laine

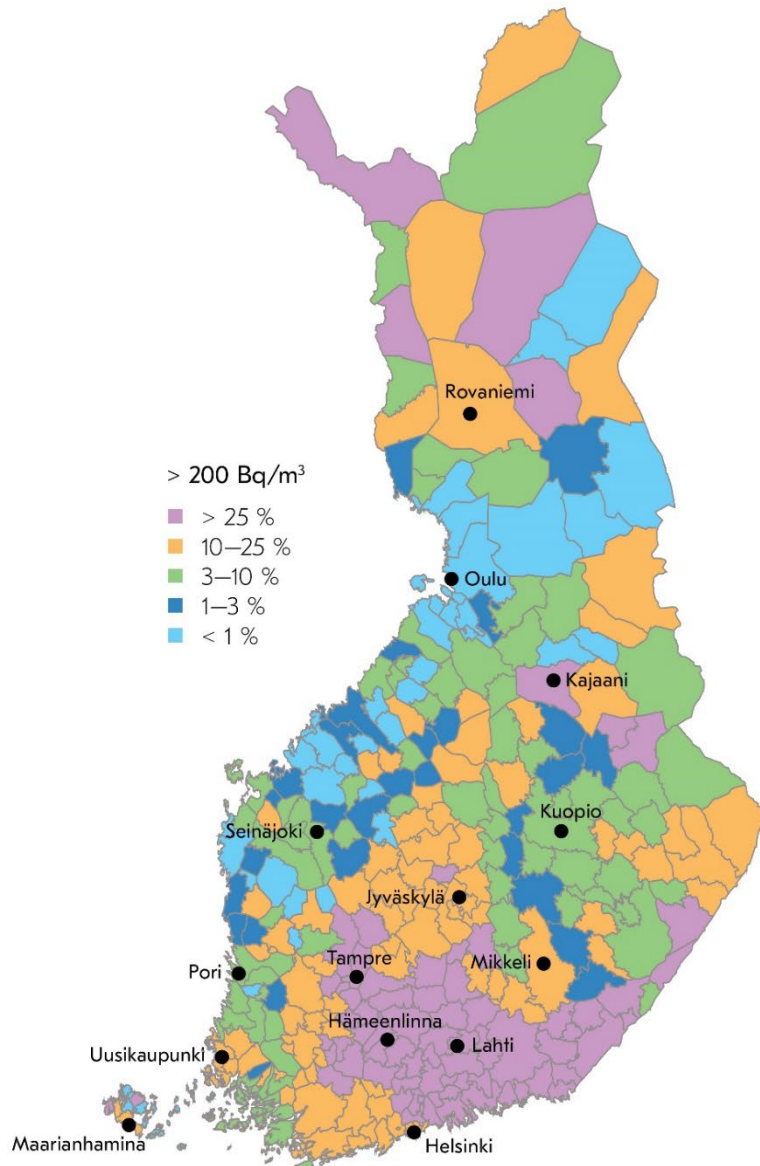
The majority of the radiation exposure of Finns is from the radon (^{222}Rn) present in the indoor air of their homes. Municipal health protection authorities monitor radon concentrations in dwellings and other premises used by people. The primary source of radon in indoor air is the uranium-rich rock material in the soil. High radon concentrations particularly occur in homes where the foundations are not sufficiently well sealed to prevent the entry of radon-rich soil air into the home. According to Section 19 of the Radiation Act, STUK maintains a register on the radon concentrations in dwellings, other premises used by people, and workplaces. Due to the radon measurement activities that it carries out, STUK has an extensive register of indoor radon concentration values, which is constantly being updated. In areas with known high radon concentrations, more measurements are taken in buildings, which is why the register is not representative of the whole of Finland. The results of the radon measurements of the indoor air of dwellings carried out by STUK, and the radon measurement results of all operators that provide radon measurement at workplaces, are collected into the national radon database, which is utilized for the purpose of targeting regulatory control and to compile statistics, radon maps and other radon reports.

The average radon concentration value, to which a Finn is exposed at home is estimated to be little under 94 Bq/m^3 . In Finland, it is estimated that there are 100000 dwellings (88000 detached and semi-detached houses and 10000 ground-floor flats in blocks of flats) where the annual average radon concentration is higher than the reference value of 300 Bq/m^3 . Information on radon surveillance results at workplaces is provided in STUK's annual report *Radiation practices*.

Radon concentration values in detached and semi-detached houses have been on the decline since the mid-1980s. The decline has been particularly substantial in regions where there are high radon concentration values. Detached and semi-detached houses constructed in 2003 and after have no longer displayed any differences in indoor radon concentration values between regions with high radon concentration and other regions. The national trend in radon concentration must be monitored, since construction methods are continuously changing and evolving and may have a substantial effect on indoor air radon concentration values.

The number of measurements taken in dwellings using STUK's alpha track radon detectors has been declining constantly since 2017 (Figure 13.2). The national radon database contains a total of 259166 radon measurement results taken in dwellings, 3049 of which were taken during 2022. High radon concentrations are common in several Finnish municipalities (Figure 13.1). The median for the radon concentrations of dwellings recorded in the radon database was 109 Bq/m^3 . In 15% of the measurements taken in dwellings using STUK's detectors, the annual radon concentration average was above the-reference value of 300 Bq/m^3 (Figure 13.2).

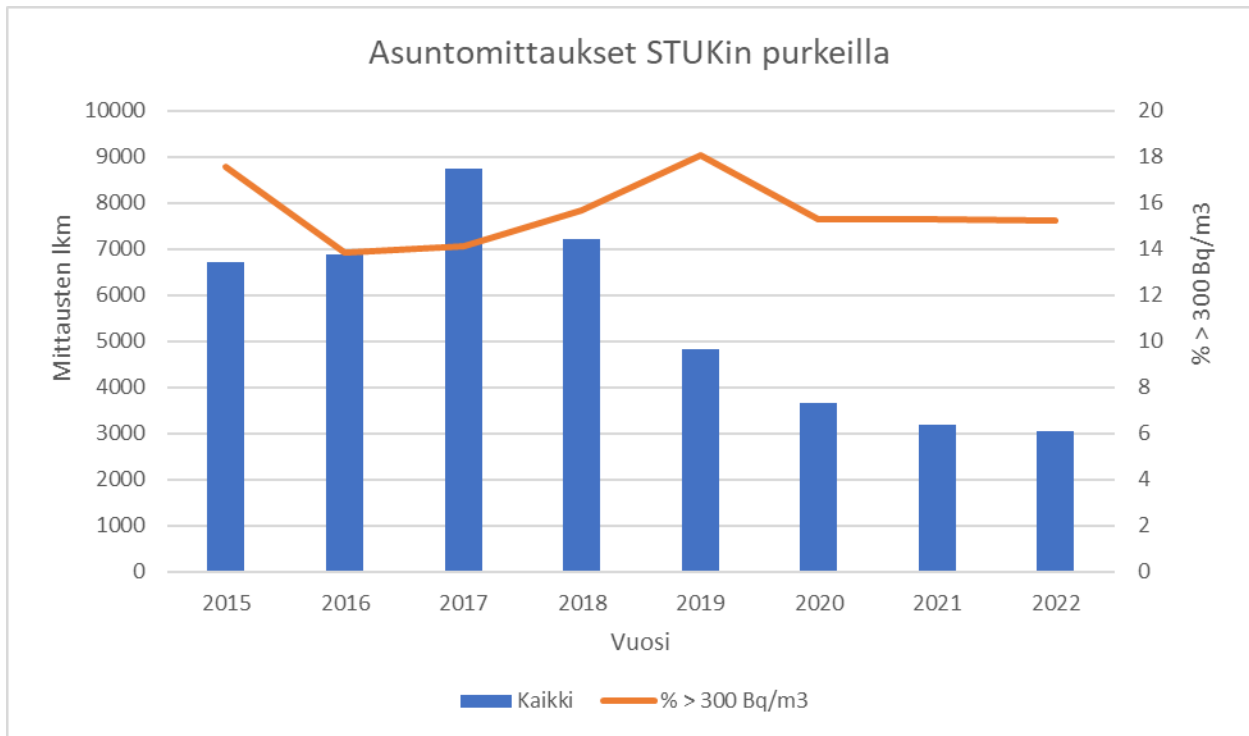
The concentration data recorded in the radon database overestimate the radon concentrations of all Finland, because dwellings are measured more frequently in areas known for high radon concentration values than elsewhere.



Kuva 13.1. Uusille rakennuksille asetetun suunnittelu- ja rakentamisen radonpitoisuuden viitearvon 200 Bq/m³ ylitysten osuudet kunnittain pientaloissa kansallisen radonrekisterin mukaan.

Bild 13.1. Andelen fall där referensvärdet för radonhalten i nya bostäder (200 Bq/m³) överskrids i småhus ordnade efter kommun. Uppgifterna kommer från det nationella radonregistret.

Fig. 13.1. Percentage of measurements, by municipality, exceeding the radon concentration reference value of 200 Bq/m³ set for the design and construction of new buildings in detached and semi-detached houses according to the national radon register.



Kuva 13.2. STUKin radonmittauspurkeilla mitattuja radonpitoisuuksia asunnoissa vuosina 2015 – 2022. Ko. haku on rajattu seuraavasti: Mittauksen lopetuspäivämäärä 1.1. – 31.12.

Kuva 13.2. Radonhalter i bostäder som uppmätts med STUKs radonmättningsburkar åren 2015 – 2022. Sökningen är begränsad enligt följande: Slutdatum för mätningen 1.1 – 31.12.

Kuva 13.2. Radon concentrations measured in dwellings using STUK's alpha track radon detectors between 2015 and 2022. The data search was limited as follows: Measurement end date 1 January – 31 December.



Kuva 13.3. Asunnon sisäilman radonpitoisuuden mittaus käynnissä mittauspurkilla.

Bild 13.3. Radonhalten i inomhusluften i en bostad mäts med en mättningsburk.

Fig. 13.3. Radon concentration measurement of indoor air with an alpha track radon detector in progress in a dwelling.

Yhteyshenkilö: Päivi Kurttio, Säteilyturvakeskus (paivi.kurttio@stuk.fi)

Kontaktperson: Päivi Kurttio, Strålsäkerhetscentralen (paivi.kurttio@stuk.fi)

Contact person: Päivi Kurttio, Radiation and Nuclear Safety Authority (paivi.kurttio@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/m³, 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/m³, 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/m³, 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.