



STUK-B 284 / KESÄKUU 2022

Aleksi Mattila, Samu Inkinen (toim.)

B

Ympäristön säteilyvalvonta

Suomessa

Vuosiraportti 2021

Strålningsövervakning av

miljön i Finland

Årsrapport 2021

Environmental Radiation

Monitoring in Finland

Annual Report 2021

Kirjoittajat

Tero Karhunen
Katja Kojo
Päivi Kurttio
Aleksi Mattila
Jussi Paatero
Tuomas Peltonen
Marjo Perälä
Reko Simola
Tiina Torvela
Jani Turunen
Vesa-Pekka Vartti
Sinikka Virtanen

Säteilyturvakeskus
Jokiniemenkuja 1
01370 Vantaa
www.stuk.fi

Lisätietoja:
Aleksi Mattila
aleksi.mattila@stuk.fi
puhelin 09 759 88 437

ISBN 978-952-309-534-2 (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 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 vuonna 2021 sekä vertailuja aikaisempien vuosien tuloksiin. Ympäristön säteilyvalvontaan kuuluu keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden valvonta ympäristössä sekä asuntojen sisäilman radon. Luonnonsäteily ja luonnon radioaktiiviset aineet ovat kuuluneet valvontaohjelman piiriin vuodesta 2014 alkaen, koska valtaosa väestön säteilyaltistuksesta saadaan luonnonsäteilystä, etenkin asuntojen sisäilman radonista. Luonnon radioaktiivisia aineita tutkitaan määrävuosin talousvedestä, pintavedestä, maidosta ja elintarvikkeista. Lisäksi ohjelmaan kuuluu 5 – 10 vuoden välein tehtäviä aihekohtaisia selvityksiä. Säteilylain nojalla 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 velvoitteiden täyttämistä vastaa säteilylain nojalla Säteilyturvakeskus. STUK toimittaa valvontatietoja säännöllisesti Euroopan komissiolle. STUKin lisäksi myös Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat omilla havaintoasemillaan säteilyn esiintymistä ympäristössä. Säteilyturvakeskuksen 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 strålningssituationer.

Denna rapport innehåller ett sammandrag av resultaten från 2021 års strålningsövervakning samt några jämförelser med tidigare år. Strålningsövervakningen av miljön omfattar övervakning av artificiell strålning och artificiella radioaktiva ämnen i miljön samt radon i inomhusluften i bostäder. Naturlig strålning och naturliga radioaktiva ämnen har ingått i övervakningsprogrammet sedan 2014, eftersom merparten av befolkningens strålningsexponering kommer från naturlig strålning, i synnerhet radon i inomhusluften i bostäder. Naturliga radioaktiva ämnen undersöks regelbundet i hushållsvatten, ytvatten, mjölk och livsmedel. I programmet ingår dessutom särskilda utredningar som genomförs med 5–10 års mellanrum. Den enligt strålsäkerhetslagen genomförda övervakningen av naturlig strålning har rapporterats i STUKs årsrapport *Användning av strålning och annan verksamhet som medför exponering för strålning*.

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 Miljöövervakning av strålning 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/Töölö 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 strålningssituationen 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 2021. STUK-B 284. Helsinki 2022. 84 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 has been designed to enable detecting even the slightest changes in the levels of environmental radioactivity, responding to changes, assessing the radiation doses that people have been exposed to, and planning and providing advice on measures for reducing 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 includes a summary of the results of environmental radiation monitoring in 2021 and comparisons with the results of the previous years. Environmental radiological monitoring includes the monitoring of artificial radiation and artificial radioactive substances in the environment and radon in the indoor air of dwellings. Natural radiation and natural radioactive substances have been covered by the monitoring programme since 2014 because most of the exposure to radiation among the population comes from natural radiation, particularly the radon in the indoor air of dwellings. Natural radioactive substances have been determined in domestic water, surface water, milk and foodstuffs during selected years. In addition, the programme includes topical investigations carried out every 5 to 10 years. The monitoring of natural radiation conducted under the Radiation Act is reported in STUK's annual report "*Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta*" (Use of radiation and other practices that cause radiation exposure).

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 Environmental Radiation Surveillance 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	43
7 TALOUSVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	47
8 MAIDON RADIOAKTIIVISET AINEET	51
9 ELINTARVIKKEIDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	56
9.1 YHDEN VIIKON ATERIAT	56
9.2 KAUPAN ELINTARVIKKEET	57
10 RADIOAKTIIVISET AINEET IHMISESSÄ	62
11 JÄTELIETTEEN RADIOAKTIIVISET AINEET	69
12 RADIOAKTIIVISET AINEET ITÄMERESSÄ	73
13 SISÄILMAN RADON	78
13.1 RADONPURKKIMITTAUKSET	78
13.2 RADONVIESTINTÄ	78
LIITE 1 IONISOIVAAN SÄTEILYYN LIITTYVIÄ KESKEISIÄ SUUREITA JA NIIDEN YKSIKÖITÄ	85

Innehallsförteckning

FÖRORD	4
1 SAMMANDRAG	12
2 STRÅLDOSER	17
3 EXTERN STRÅLNING	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	44
7 RADIOAKTIVA ÄMNEN I HUSHÅLLSVATTEN	48
8 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MJÖLK	52
9 RADIOAKTIVA ÄMNEN I LIVSMEDEL	57
9.1 EN VECKAS MÅLTIDER	57
9.2 LIVSMEDEL I BUTIKER	58
10 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MÄNNISKROPEN	63
11 RADIOAKTIVA ÄMNEN I AVLOPPSSLAM	70
12 RADIOAKTIVA ÄMNEN I ÖSTERSJÖN	74
13 RADON I INOMHUSLUFTEN	79
13.1 RADONMÄTNING MED BRUK	80
13.2 INFORMATION OM RADON	80
BILAGA 1 JONISERANDE STRÅLNING, DESS VIKTIGASTE STORHETER OCH DERAS ENHETER	86

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	45
7 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN HOUSEHOLD WATER	49
8 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK	53
9 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FOODSTUFFS	58
9.1 ONE-WEEK DIET	58
9.2 FOODSTUFFS ON THE MARKET	59
10 RADIOACTIVITY IN MAN	65
11 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN WASTEWATER SLUDGE	71
12 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE BALTIC SEA	75
13 RADON IN INDOOR AIR	80
13.1 MEASUREMENTS WITH ALPHA TRACK RADON DETECTORS	81
13.2 RADON COMMUNICATIONS	81
APPENDIX 1 IONIZING RADIATION, THE KEY PARAMETERS AND THEIR UNITS	87

1 Yhteenveto

Aleksi Mattila

Tämä raportti on yhteenveto ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista Suomessa vuonna 2021. 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 2021 tulokset osoittavat, että ympäristössä olevat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ovat pääosin peräisin vuoden 1986 Tšernobylin onnettomuudesta ja ilmakehässä 1950- ja 1960-luvuilla tehdyistä ydinkokeista. Radioaktiivisten aineiden määrä ympäristössä vähenee.

Vuoden 2021 aikana ulkoilmassa havaittiin seitsemän kertaa vähäisiä määriä muualta kuin Tšernobylin ydinlaitosonnettomuudesta peräisin olevia keinotekoisia radioaktiivisia aineita. Havaittujen radioaktiivisten aineiden alkuperää ei voitu varmuudella selvittää. Kaikkien vuoden aikana havaittujen keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa olivat äärimmäisen pieniä eikä niillä ole vaikutuksia ihmisten terveyteen.

Ulkoinen 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 2021 aikana valvontaverkon GM-anturit hälyttivät kerran syyn ollessa raja-asetalla tehty läpivalaisuauton testaus. Spektrometriverkon kautta ei tullut hälytyksiä.

Laskeuma- ja talousvesinäytteiden tritiumpitoisuudet olivat pieniä, yleensä 1 – 2 Bq/l. Elintarvikkeista ei havaittu yli 600 Bq/kg ylittäviä ¹³⁷Cs:n aktiivisuuspitoisuuksia. Tätä pitoisuutta ei tulisi ylittää, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikalvoja.

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

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

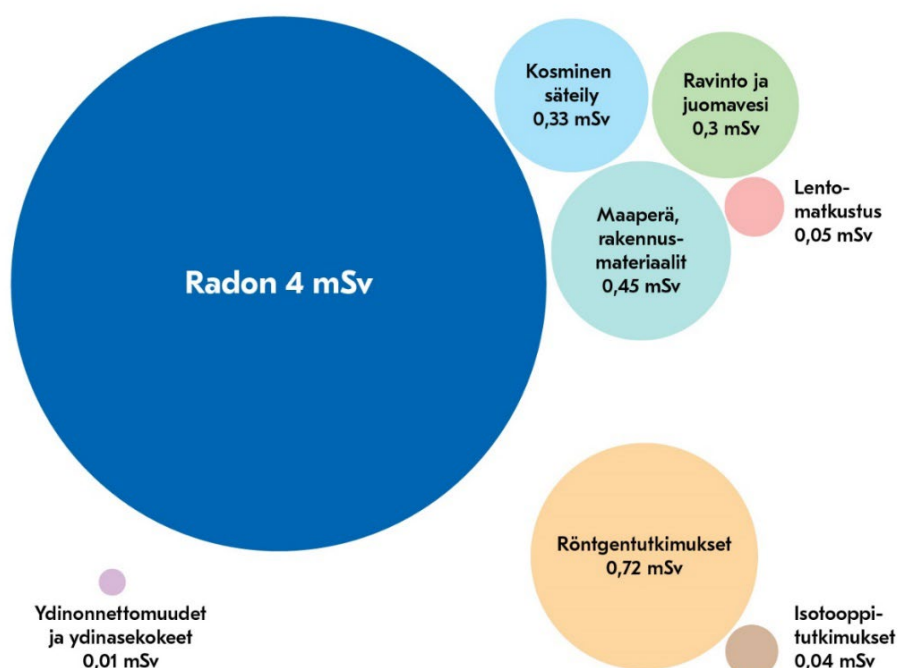
Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2021 oli alle 0,02 mSv, mikä on pieni suomalaisten vuotuisen keskimääräiseen annokseen 5,9 mSv verrattuna. Vuoden 2021 tulokset osoittavat, että vuoden aikana ympäristöön ei tapahtunut sellaisia radioaktiivisten aineiden 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 2021 asuntomittausten radonpitoisuuden mediaani oli 109 Bq/m³ ja 16 % radonpitoisuuden vuosikeskiarvoista oli suurempi kuin viitearvo 300 Bq/m³.

Kansallisesta radontietokannasta, johon tallennetaan STUKin tekemien asuntojen radonmittaustulokset, saadut pitoisuudet yliarvioivat radonpitoisuuksia, koska tunnettujen korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin matalien radonpitoisuuksien alueella.

Sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa muuttui vuoden 2018 lopussa. Tällä tavalla saadaan radonin kodeissa aiheuttaman annoksen arvioksi 4 mSv vuodessa, kun aiemmin käytössä olleella tavalla annokseksi arvioitiin 1,6 mSv vuodessa. 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 2021. 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 2021 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 radioaktiva ämnen i miljön minskar.

Under 2021 kunde man sju gånger 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. De totala mängderna artificiella radioaktiva ämnen i uteluften som uppmättes under året var extremt små och har ingen som helst inverkan på människors 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 2021 larmade övervakningsnätets GM-detektorer en gång på grund av att en röntgenbil testades vid en gränsstation. Spektrometernätverket gav inga larm.

Tritiumhalterna i nedfalls- och hushållsvattenproven var låga, vanligtvis 1 – 2 Bq/l. I livsmedel observerades inga aktivitetskoncentrationer av ^{137}Cs som överskred 600 Bq/kg. Denna halt bör inte överskridas när vilt, skogsbär och skogssvamp samt insjöfisk släpps ut på marknaden.

Även 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 2021 under 0,02 mSv, vilket är lågt jämfört med den genomsnittliga stråldosen som finländarna får under ett år, 5,9 mSv. Resultaten för 2021 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 2021 var medianvärdet för radonhalten i bostäder 109 Bq/m³ och 16 procent av årsmedeltalen för radonhalten var över referensvärdet 300 Bq/m³.

Halterna som fåtts från den nationella radondatabasen, där STUKs radonmättningsresultat för bostäder sparas, överskattar radonhalterna eftersom det görs fler mätningar i bostäder i sådana områden där man vet att radonhalten är hög än i områden med låga radonhalter.

Sättet att bedöma dosen orsakad av radon i inomhusluften ändrades i slutet av 2018. Nu uppskattas dosen från radon i inomhusluften i hemmen till 4 mSv per år, då dosen enligt den tidigare bedömningsmetoden uppskattades till 1,6 mSv per år. Fastställandet av finländarnas genomsnittliga årliga stråldos behandlas i STUK-publikationen *STUK-A263 Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018*.

1 Summary

Alexi Mattila

This report is a summary of the results of environmental radiation monitoring in Finland in 2021. 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 2021 results demonstrate that the artificial radioactive substances in the environment mostly originate from the Chernobyl disaster in 1986 and nuclear tests conducted in the atmosphere in the 1950s and 1960s. The amount of radioactive substances in the environment is decreasing.

In 2021, on seven occasions, small quantities of artificial radioactive substances from a source other than the Chernobyl disaster were detected in the outdoor air. The origin of the detected radioactive substances could not be determined with certainty. The amounts of all the artificial radioactive substances observed during the year in outdoor air 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 2021, the GM sensors of the monitoring network raised an alarm once due to the testing of a truck x-ray scanning portal at a border checkpoint. No alarms came through the spectrometer network.

The tritium contents in fallout and household water samples were small, in total 1 – 2 Bq/l. No ^{137}Cs activity concentrations exceeding 600 Bq/kg were found in food samples. This concentration should not be exceeded when putting wild game, berries, mushrooms and lake fish on the market.

^{137}Cs originating from the Chernobyl disaster were also 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 2021, which is low compared to the average annual dose of 5.9 mSv in Finland. The 2021 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 2021, the median for radon concentration in residential measurements was 109 Bq/m³ and 16% of the annual averages for radon concentration were greater than the reference value of 300 Bq/m³.

The concentration values from the national radon database, which stores STUK's radon measurement results from dwellings, overestimate the radon concentration values because more measurements are carried out in the areas with known high radon concentration than in areas with low radon concentration.

The radon dose assessment method in indoor air changed in late 2018. Applying the new assessment method, the radon dose value in homes is 4 mSv per year while the previous method estimated the dose at 1.6 mSv annually. 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 aiheutuvan annoksen arviointitapa muuttui vuoden 2018 lopussa ICRP:n suositusten (ICRP 2017) mukaiseksi (VN-asetuksen 1034/2018 Liite 3). Uudella annosmuunto-kertoimella laskettaessa saadaan radonin kodeissa aiheuttaman annoksen arvioksi 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 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.

Maaperässä olevista keinotekoisista radioaktiivisista aineista (lähinnä Tšernobyl-laskeumasta) aiheutui suomalaisille vuonna 2021 keskimäärin 0,01 millisievertin suuruinen ulkoisen säteilyn annos. Ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista aiheutuva säteilyannos oli vuonna 2021 erittäin pieni. Samoin talousvedestä, maidosta ja elintarvikkeista saatu säteilyannos oli pieni. Pääosin säteilyannosta aiheuttavat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr. Kehossa olevan ¹³⁷Cs:n aiheuttaman säteilyannokseksi arvioitiin vuonna 2021 0,005 mSv/henkilö. Kaiken kaikkiaan ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2021 oli alle 0,02 mSv, mikä on merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna.

2 Stråldoser

Alexi Mattila

Finländarnas genomsnittliga stråldos per år är 5,9 mSv.

Bedömningsmetoden för dosen från radon i inomhusluften ändrades i slutet av 2018. Den nya metoden är i enlighet med ICRP:s rekommendationer (ICRP 2017) (bilaga 3 till statsrådets förordning 1034/2018). Med den nya dosomvandlingskoefficienten blir den uppskattade dosen från radon i inomhusluften i hemmen 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 rapakivigranit i sydöstra Finland. Om marken är under snö- eller istäcke 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.

De artificiella radioaktiva ämnena i marken (främst från Tjernobylnedfallet) orsakade 2021 finländarna en genomsnittlig extern stråldos på 0,01 mSv. År 2021 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 ^{137}Cs och ^{90}Sr . År 2021 uppskattades ^{137}Cs i människokroppen orsaka en stråldos på 0,005 mSv per person. Allt som allt stod artificiella radioaktiva ämnen år 2021 för en stråldos på under 0,02 mSv, vilket är en obetydligt liten del av den totala strålningsexponeringen.

2 Radiation doses

Alexi Mattila

The average annual radiation dose Finns receive is 5,9 mSv.

The radon dose assessment method in indoor air changed in late 2018 to match the ICRP (ICRP 2017) recommendations (Appendix 3 of Government Decree 1034/2018). Calculations applying the new dose conversion factor give an estimated dose of 4 mSv caused by radon in homes 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. 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.

The artificial radioactive substances in the soil (chiefly from the Chernobyl fallout) in 2021 subjected the Finns to an average dose of 0,01 millisieverts of external radiation. In 2021, the radiation dose resulting from radioactive substances in outdoor air was very small. Similarly, the radiation dose from drinking water, milk and foodstuffs was small. The main sources causing a dose of radiation were the artificial radioactive substances of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr. In 2021, the radiation dose caused by ¹³⁷Cs in the body was estimated to be 0,005 mSv/person. All in all, the exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment in 2021 was under 0,02 mSv, which is insignificant compared to the overall exposure to radiation.

Taulukko 2.1. Ympäristön keinotekoisien radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2021.

Tabell 2.1. Strålningsexponering orsakad av artificiella radioaktiva ämnen i miljön från olika källor 2021.

Table 2.1. Exposure to radiation caused by artificial radioactive substances in the environment from different sources in 2021.

Lähde, källa, source	Efektiiivinen säteilyannos, stråldoser, radiation dose (mSv)
Ulkoisen säteily, Extern stråling, External radiation	0,01
Ulkoilman radioaktiiviset aineet, Radioaktiva ämnen i uteluft, Airborne radioactive substances	0,0000001
Talovesi, Hushållsvatten, Household water	0,00017
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)	0,0025
Yhteensä, Sammanlagt, In total	alle 0,02

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, USVAn varajärjestelmään (Ilmatieteen laitoksen tiloissa) sekä hätäkeskukseen. 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 2021 aikana valvontaverkon GM-anturi hälytti kerran. Hälytys aiheutui raja-asemalla tehdystä läpivalaisuauton testauksesta. Spektrometriverkossa ei ollut hälytyksiä vuoden 2021 aikana.

Tulosten välittäminen eteenpäin

STUK toimitti vuonna 2021 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, dess reservsystem (på Meteorologiska institutet) och nödcentralen. 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 dygnet 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 2021 larmade GM-detektor en gång. Orsaken till alarmet var ett tekniskt problem. Spektrometernätverket gav inga alarm under 2021.

Förmedling av mätvärdena

Under år 2021 visade Strålsäkerhetscentralen kontinuerligt en timmes mätvärden från alla cirka 255 mätstationer på sina offentliga [www-sidor](http://www.stuk.fi) (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 figure 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), and to the emergency response centre. 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 2021 dose rate levels higher than normal background radiation was observed once. The alarm was caused by technical problem. There were no alarms in spectrometer network during 2021.

Delivering of data

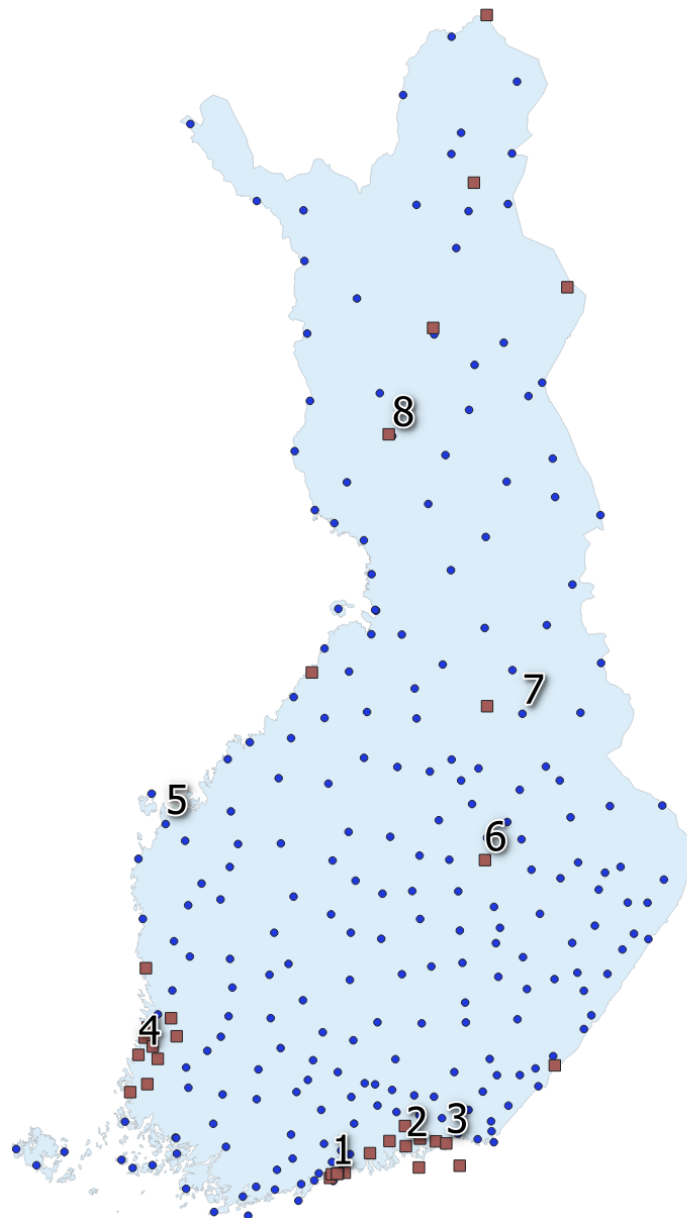
In 2021 one-hour monitoring data from all about 255 stations were continuously available on the public home pages of STUK (www.stuk.fi). The whole-year data from eight of the stations are shown in Fig. 3.3.

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.

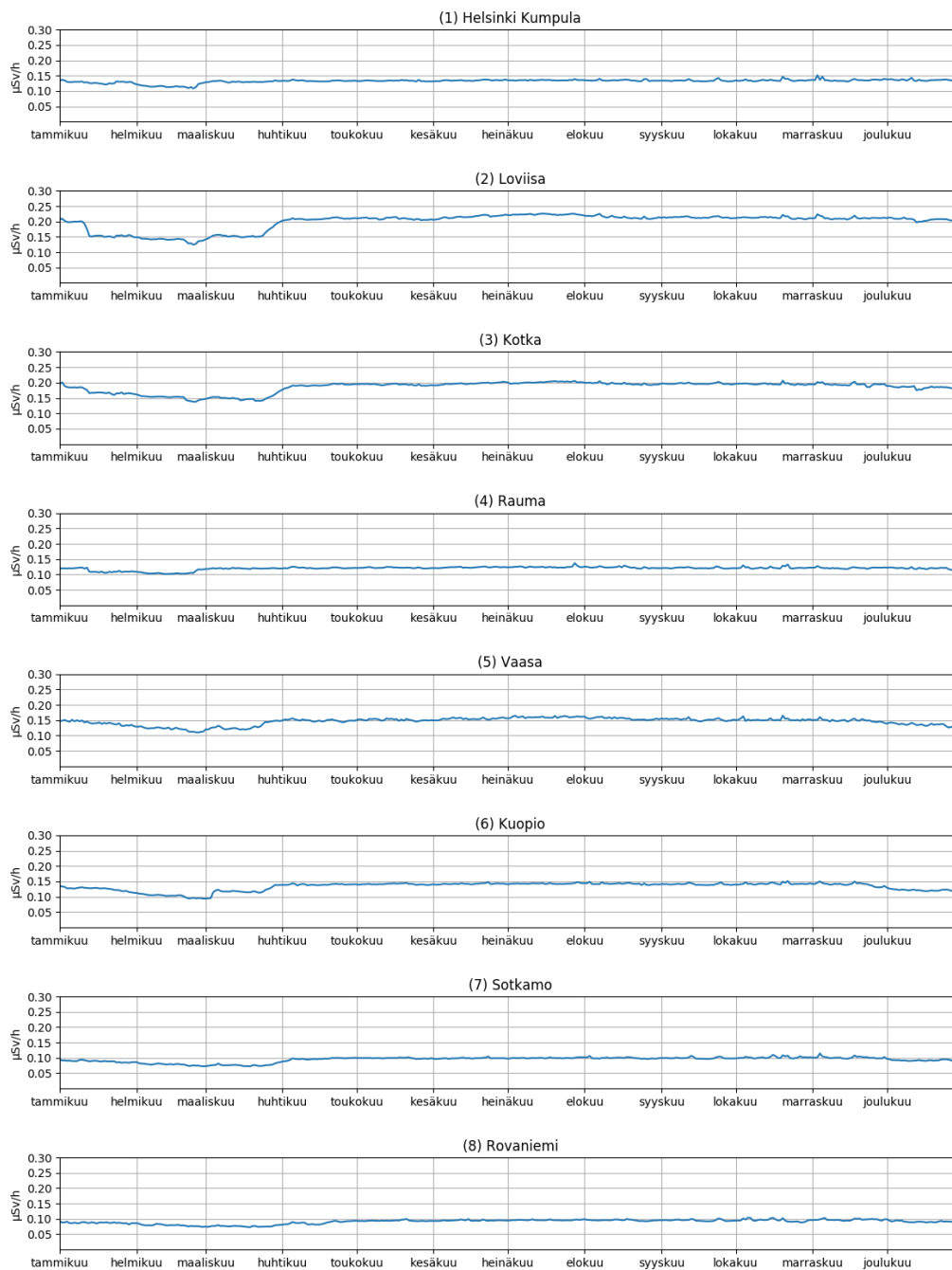


Kuva 3.2. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon mittausasema Hurppu Virolahdessa.

Bild 3.2. Detektorer vid mätstationen Hurppu i Virolahti i övervakningsnätet för extern strålning.

Fig. 3.2. Detectors of the automatic dose-rate monitoring station at Hurppu in Virolahti.

Päivittäiset annosnopeuskeskiarvot 01.01.2021 - 31.12.2021



Kuva 3.3. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kahdeksalla mittausasemalla vuonna 2021. Lumi ja jääpeite vaimentavat maaperän taustasäteilyä aiheuttaen vaihtelua talven ja lumettoman ajan välisiin annosnopeuksiin.

Bild 3.3. Externa dosrater vid åtta mätstationer år 2021. Snö och is dämpar bakgrundsstrålningen från jordmånens and därför dosraten kan vara olika under vintern och den snöfria tiden.

Fig. 3.3. Observed radiation levels at eight monitoring stations in 2021. Snow and ice damp background radiation from soil and therefor dose rates can be different during winter and snow-free season.

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

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). 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 pumpaamalla 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 Helsinkiin analysoitaviksi. STUKilla on myös Kuopiossa suodattimien mittaamiseen tarvittava laitteisto, jolla aseman suodattimet mitataan paikan päällä ja tulokset analysoidaan Helsingissä. STUKin toimipisteessä Helsingissä on automaattilaitteisto, joka kerää ja käsittelee suodattimen sekä analysoi ensimmäiset alustavat tulokset automaattisesti. Laitte 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 miljardiosia 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 vuodenaikojia suurempia pitoisuuksia ^{137}Cs :ää, joka johtuu maasta nousevan pölyn mukana kulkeutuneesta vanhasta laskeumasta. Kuvassa 4.4 on esitetty ^{137}Cs aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot pitkällä aikavälillä Helsingin seudulta. Keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa ovat olleet erittäin pieniä, eikä niillä ole ollut terveysvaikutuksia. Vuonna 2021 suomalaiset saivat ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista keskimäärin noin 0,0000001 mSv säteilyannoksen.

Taulukossa 4.2 on esitetty vuoden 2021 aikana tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot. Jodin isotooppia ^{131}I havaittiin tammikuussa Helsingissä ja Kotkassa kerätyistä näytteistä. Jodia havaittiin jälleen helmikuussa Helsingissä kerätyssä näytteessä. Maaliskuussa ja myöhemmin heinäkuussa Kajaanissa kerätyistä näytteistä havaittiin koboltin isotooppia ^{60}Co . Marraskuussa havaittiin vielä ^{131}I Helsingissä ja Kotkassa kerätyistä näytteistä.

4 Radioaktiva ämnen i uteluft

Tero Karhunen, Jussi Paatero, Reko Simola

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

4.1 Gamma-aktiva ämnen i uteluft

Insamling av prov

Radioaktiva ämnen i uteluften övervakas genom att stora mängder luft pumpas genom ett filter, varvid de radioaktiva ämnena fastnar i filtret. Ett glasfiberfilter fångar partiklar som kan innehålla radioaktiva ämnen, och ett filter av aktivt kol fångar radioaktiv jodgas. Proven samlas in med en aerosolsamlare som planerats enkom för detta ändamål (bild 4.2). En del av dessa aerosolsamlare har en LaBr_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 Strålsäkerhetscentralens laboratorium i Helsingfors för att analyseras. Filtren från Kuopios mätstation mäts på plats och resultaten skickas till Helsingfors för analys. I Helsingfors har Strålsäkerhetscentralen utrustning som automatiskt samlar in, hanterar och analyserar preliminära resultat av filtrena. 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 gammaspktrometer 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 4.4 visas det månatliga medelvärdet för ^{137}Cs aktivitetshalt på lång sikt i Helsingfors. År 2021 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 2021.

Jodisotopen ^{131}I observerades i januari i prover som samlats in i Helsingfors och Kotka. Jod observerades igen i ett prov som samlades in i Helsingfors i februari. I prover som samlades in i Kajana i mars och senare i juli observerades koboltisotopen ^{60}Co . I november observerades fortfarande ^{131}I i prover som samlats in i Helsingfors och 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). 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 filters are changed once or twice a week depending on the sampler type and are sent to STUK laboratory in Helsinki for analysis. In the Kuopio monitoring station STUK has on-site equipment for filter measurements. These measurements are analysed in Helsinki. The sampler at the STUK offices in Helsinki is robotic: sampling, filter processing, analysis of the first preliminary results are done automatically with a one day filter change interval.

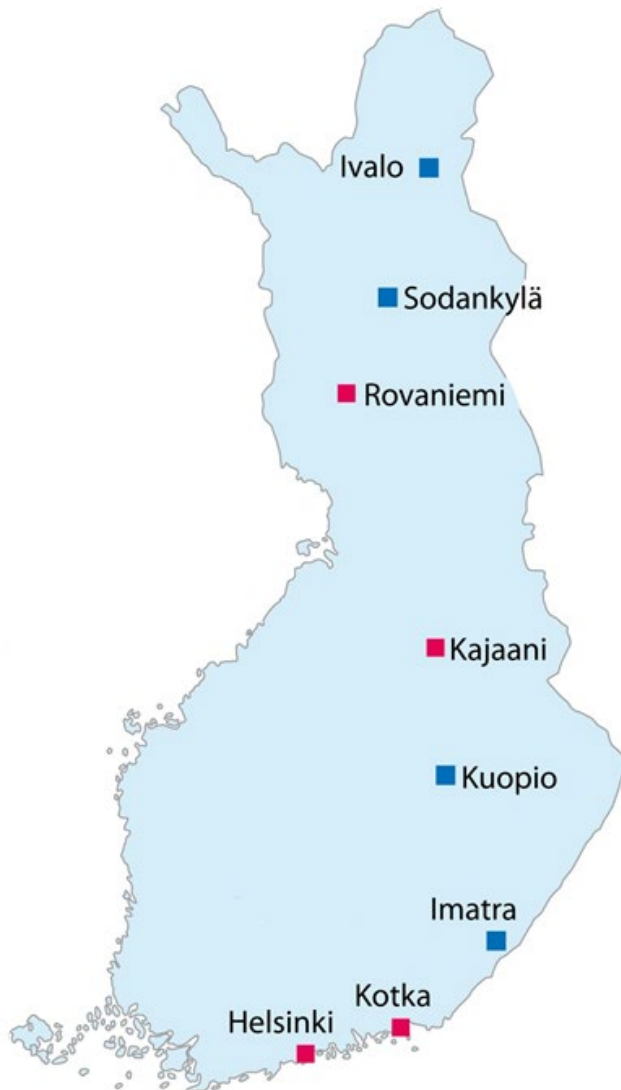
Sample treatment and analysis

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

Figures 4.3 and 4.4 show 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 monthly averages of ¹³⁷Cs activity content in the long term 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 2021.

Table 4.2 presents the deviating observations of artificial radioactive substances in 2021. The iodine isotope ¹³¹I was detected in the samples collected in Helsinki and Kotka in January. Iodine was detected again in a sample collected in Helsinki in February. A cobalt isotope of ⁶⁰Co was detected in samples collected in March and later in July in Kajaani. ¹³¹I was again detected in samples collected in Helsinki and Kotka in March.



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

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

Fig. 4.1. Sampling locations for airborne radioactive substances and deposition. STUK operates the stations. The stations marked with red colour have high-powered air samplers (550 – 850 m³/h) and the stations marked with blue have low-powered air samplers (150 m³/h).



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

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

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

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

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

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

Site	Flow rate (m ³ /h)	Sampling frequency (wk-1)	Typical detection limit (microBq/m ³)			Sampling with on-line monitor
			Cs-134	Cs-137	I-131	
Helsinki*	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

* Helsingin korkeampi määrittäysraja johtuu lyhyemmästä mittausajasta ja kerätystä ilmamäärästä.

* Observationsgränsen är högre i Helsingfors på grund av den kortare mättiden och mängden insamlad luft.

* The higher detection limit of Helsinki is due to shorter measurement time and the collected air volume.

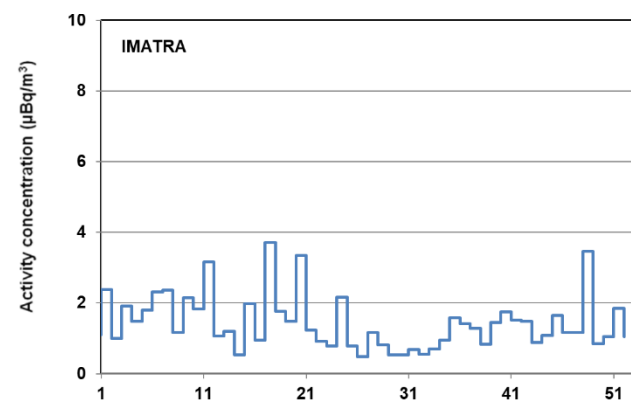
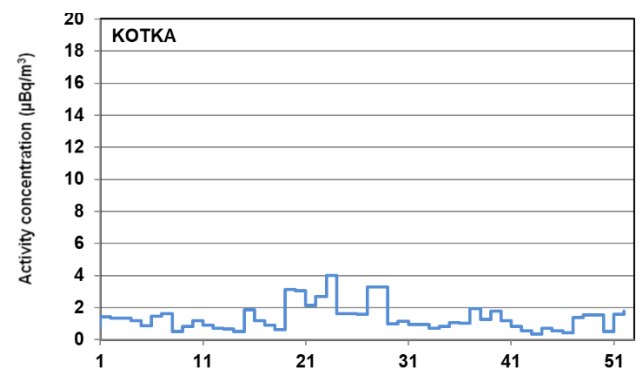
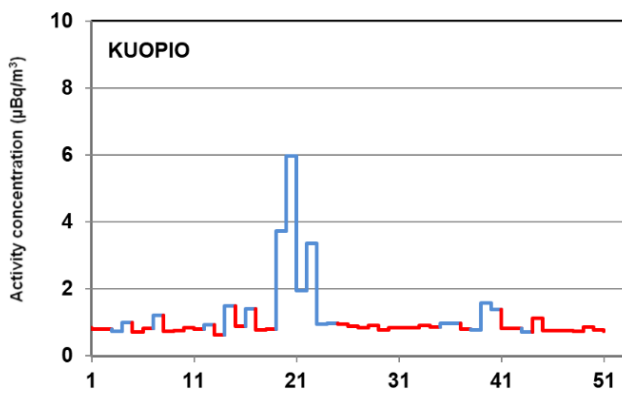
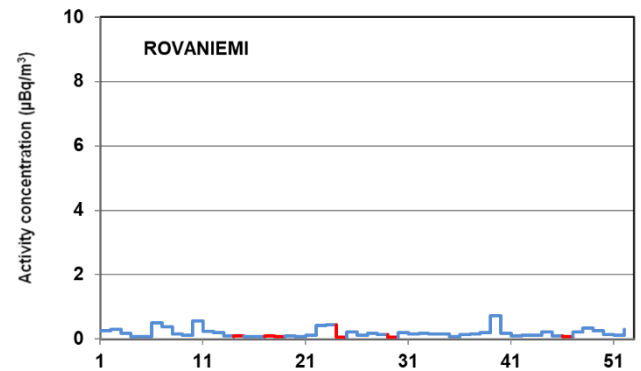
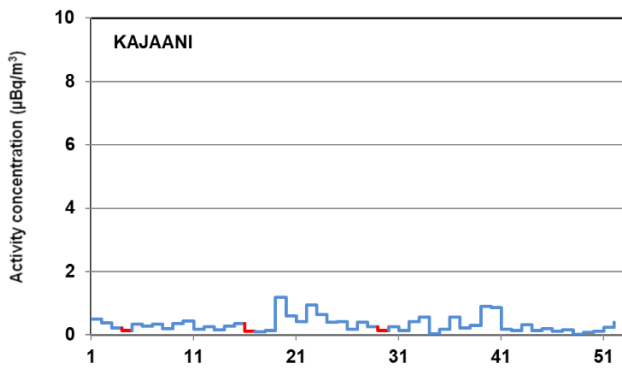
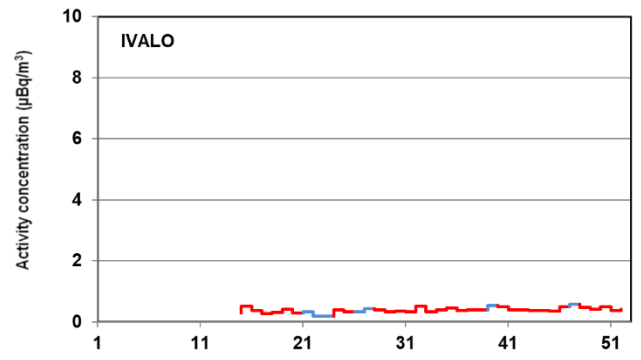
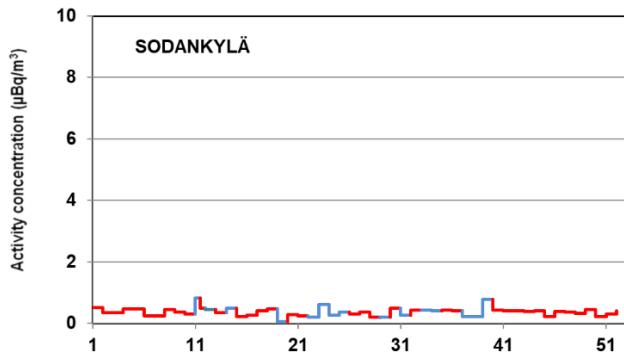
Taulukko 4.2. Hiukkaskeräysasemilla vuonna 2021 tehdyt poikkeavat keinotekoisten radioaktiivisten aineiden havainnot.

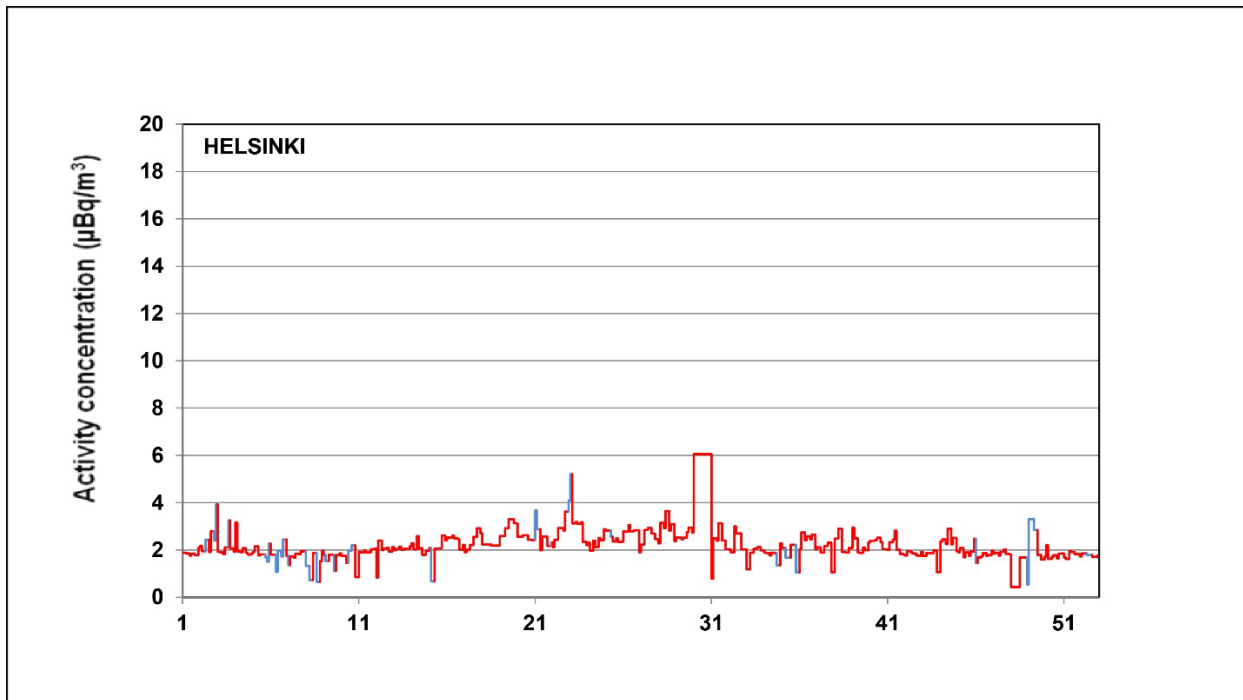
Tabell 4.2. Observationer av de avvikande artificiella radionukliderna i uteluften år 2021.

Table 4.2. Observations of unusual artificial radionuclides in outdoor air during the year 2021.

Site	Nuklidi	Sampling period	Average concentration microBq/m ³ (two sigma uncertainty %)
Kotka	¹³¹ I	11.1. – 18.1.2021	0,4 (30)
Helsinki	¹³¹ I	13.1. – 14.1.2021	2,5 (38)
Helsinki	¹³¹ I	22.2. – 23.2.2021	3,0 (26)
Kajaani	⁶⁰ Co	8.3. – 16.3.2021	0,1 (32)
Kajaani	⁶⁰ Co	5.7. – 12.7.2021	0,2 (22)
Kotka	¹³¹ I	1.11. – 9.11.2021	0,2 (37)
Helsinki	¹³¹ I	3.11. – 4.11.2021	3,0 (50)

4 ULKOILMAN RADIOAKTIIVISET AINEET

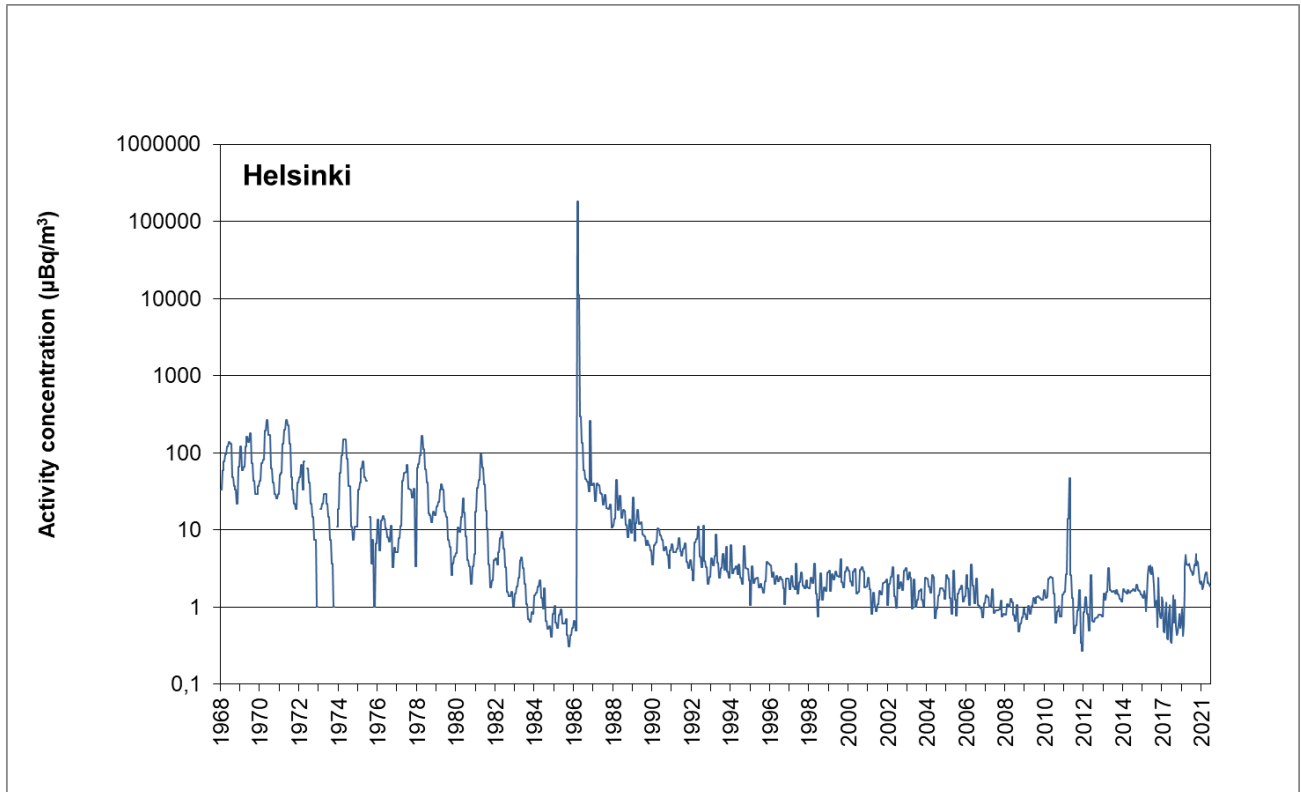




Kuva 4.4. Ilman ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden viikkokeskiarvo Helsingin asemalla vuonna 2021. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ^{137}Cs ei ole havaittu ja kuvaan on merkitty havaitsemisraja aktiivisuuspitoisuuden sijaan. Keväällä ^{137}Cs -pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

Bild 4.4. Veckomedelvärdet för ^{137}Cs -koncentrationen i luften i mätstationen i Helsingfors år 2021. 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 2021 at Helsinki station. 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 ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot Helsingin seudulla vuosina 1968 – 2021. Ennen Tšernobylin onnettomuutta (v. 1986) esiintyvä ^{137}Cs on peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvassa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Fukushima Daiichin ydinvoimalaitosonnettomuus näkyy piikkinä vuoden 2011 alussa.

Bild 4.5. Månadsmedeltal för ^{137}Cs -koncentrationen i Helsingforsregionen år 1968 – 2021. ^{137}Cs som förekom före Tjernobyl olyckan (år 1986) härstammar från kärnvapenprov i atmosfären. Årstidsvariationerna som framgår ur bilden är typiska för detta gamla nedfall. Fukushima Daiichi olyckan syns som en pik i början av 2011.

Fig. 4.5. Airborne activity concentrations of ^{137}Cs in Helsinki in 1968 – 2021. Before the Chernobyl accident in 1986, ^{137}Cs originated from atmospheric nuclear weapon tests. The regular seasonal fluctuation seen in the figure was typical for this old deposition. Fukushima Daiichi accident is seen as a peak at the beginning of year 2011.

4.2 Ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuus

Ilmatieteen laitos on seurannut pintailman kokonaisbeeta-aktiivisuutta vuodesta 1959. Vuonna 2021 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 ^{222}Rn :n lyhytikäiset tytärnuklidit ovat hajonneet ^{210}Pb :ksi ja ^{220}Rn :n tytärnuklidit pysyväksi ^{208}Pb :ksi. Näin ollen mitattu kokonaisbeeta-aktiivisuus koostuu ^{210}Pb :stä sekä

mahdollisista keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Mittaukset tehdään automaattisella alfa/beeta-analysointilaitteella, jossa ilmaisimena käytetään verrannollisuuslaskureita.

Tulokset

Kuvassa 4.8 on esitetty ulkoilman pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden viikoittaiset pitoisuudet kymmenellä seuranta-asemalla vuonna 2021. 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 suursäätötilanteesta eli ilmassojen stabiilisuudesta ja alkuperästä. Korkeimmat pitoisuudet ovat mantereellisissa ilmassoissa ja pienimmät merellisissä ja arktisissa ilmassoissa. Vuoden 2021 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 2021 (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 2021. 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 rör sig ovanför hav eller arktiska områden. Någon exceptionellt hög betaaktivitet kunde inte observeras under året 2021.

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 2021, using filter sampling (Figures 4.6 and 4.7).

Sample collection

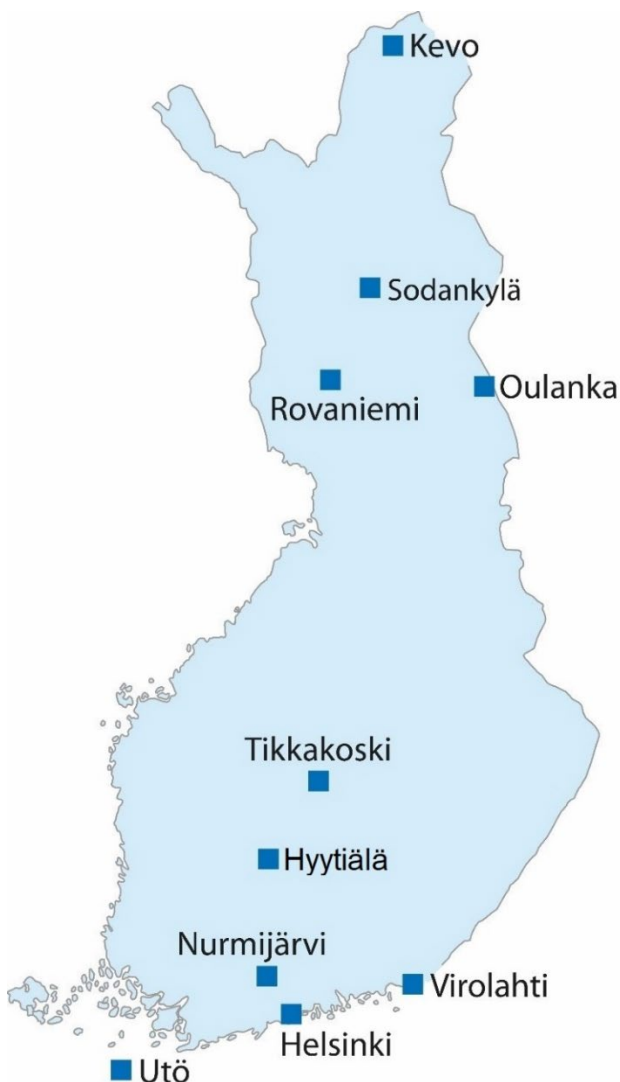
Filters of the samplers operating on a weekly cycle are changed every Monday at 06 UTC. The sampling equipment uses two rectangular paper or glass fibre filters with a filtering area of 120 mm x 140 mm. The weekly air volumes are 800 m³ and 4000 m³ for paper and glass fibre filters, respectively.

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

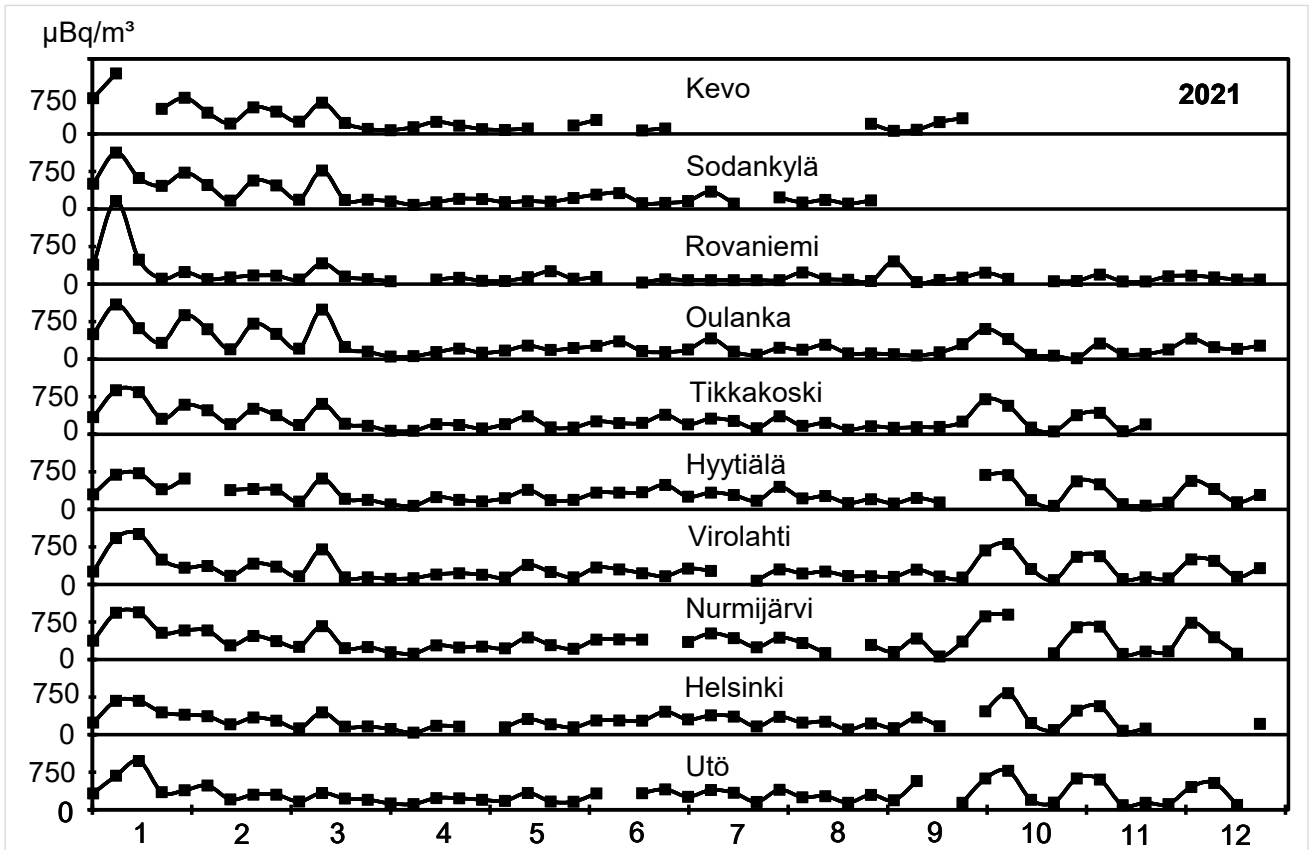
The observed gross beta activity concentrations at ten monitoring stations in 2021 are presented in figure 4.8. The curves are essentially records of the concentration of ^{210}Pb , the long-lived daughter nuclide of the radioactive noble gas ^{222}Rn which enters the atmosphere by diffusion from the 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 2021 within the FMI's monitoring programme.



Kuva 4.6. Seuranta-asemat vuonna 2021.
Bild 4.6. Bevakningsstationerna under året 2021.
Fig. 4.6. Monitoring stations in 2021.



Kuva 4.7. Ilmatieteen laitoksen havaintoasema Utössä (Kuva: Timo Mäkelä).
Bild 4.7. Meteorologiska institutets observationsstation på Utö (Foto: Timo Mäkelä).
Fig. 4.7. The Finnish Meteorological Institute's monitoring station at Utö (Photo: Timo Mäkelä).



Kuva 4.8. Aerosolin pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden pitoisuudet ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) vuonna 2021.

Bild 4.8. Koncentrationer ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) av långlivad betaaktivitet i aerosoler år 2021.

Fig. 4.8. Concentrations of aerosol-bound long-lived gross beta activity ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) in 2021.

Ulkoilman gamma-aktiivisuus

Yhteys henkilö: 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:

Yhteys henkilö: 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). 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 2021. 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 Helsingin 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 2021 olivat pienet, yleensä 1 – 2 Bq/l (kuva 5.3).

5 Radioaktiva ämnen i nedfall

Jani Turunen

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

Provtagning

Nedfallsprov insamlas fortlöpande på samma åtta orter där man tar luftprov (bild 4.1). Provtagningen pågår vanligtvis en månad åt gången. Nedfallsproven tas med en apparat av rostfritt stål med en uppsamlingsyta på 0,07 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 gammaspektrometer 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 Tjernobylyckan. 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 2021. 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 Helsingforsregionen 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 2021, vanligtvis 1 – 2 Bq/l (bild 5.3).

5 Radionuclides in deposition

Jani Turunen

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

Sampling

Deposition samples are collected continuously at eight sites, which are the same sites as for air sampling (Fig. 4.1). The usual sampling period is one month. The sampling collectors are made of stainless steel with a surface area of 0,07 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 analysed from combined quarterly samples and ⁹⁰Sr from combined annual samples.

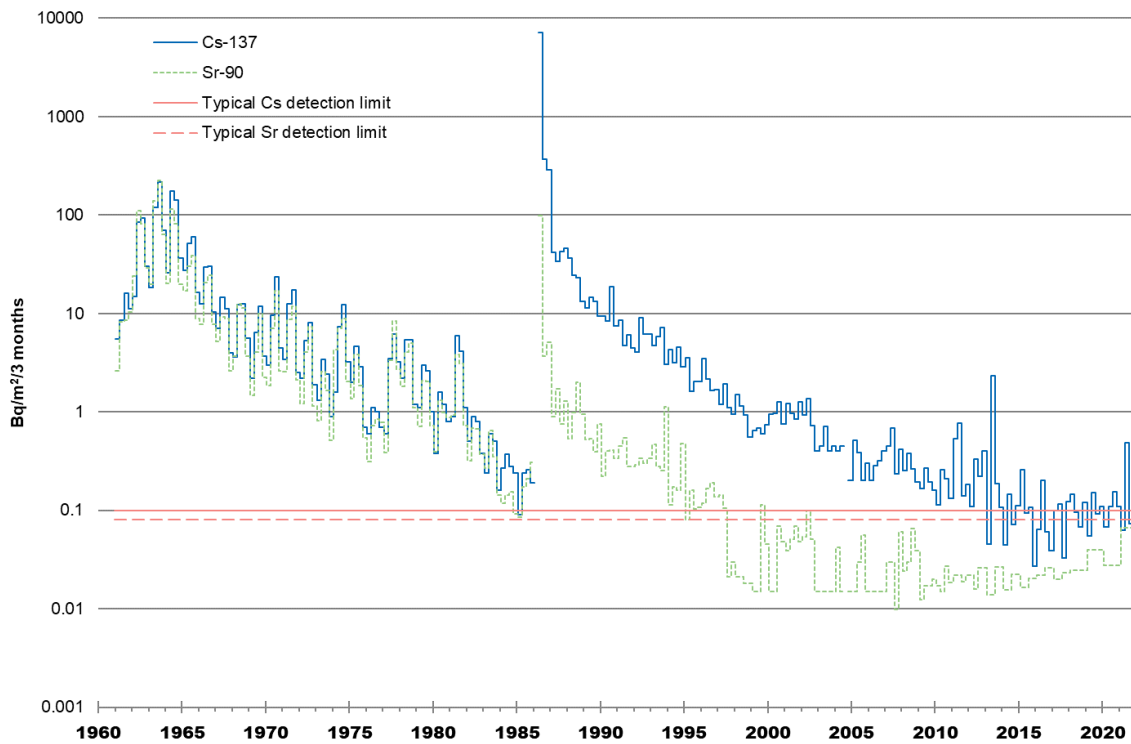
Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples and the samples are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps and the residues are ashed. The ashed samples are analysed for artificial gamma-emitting radionuclides with gamma 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.

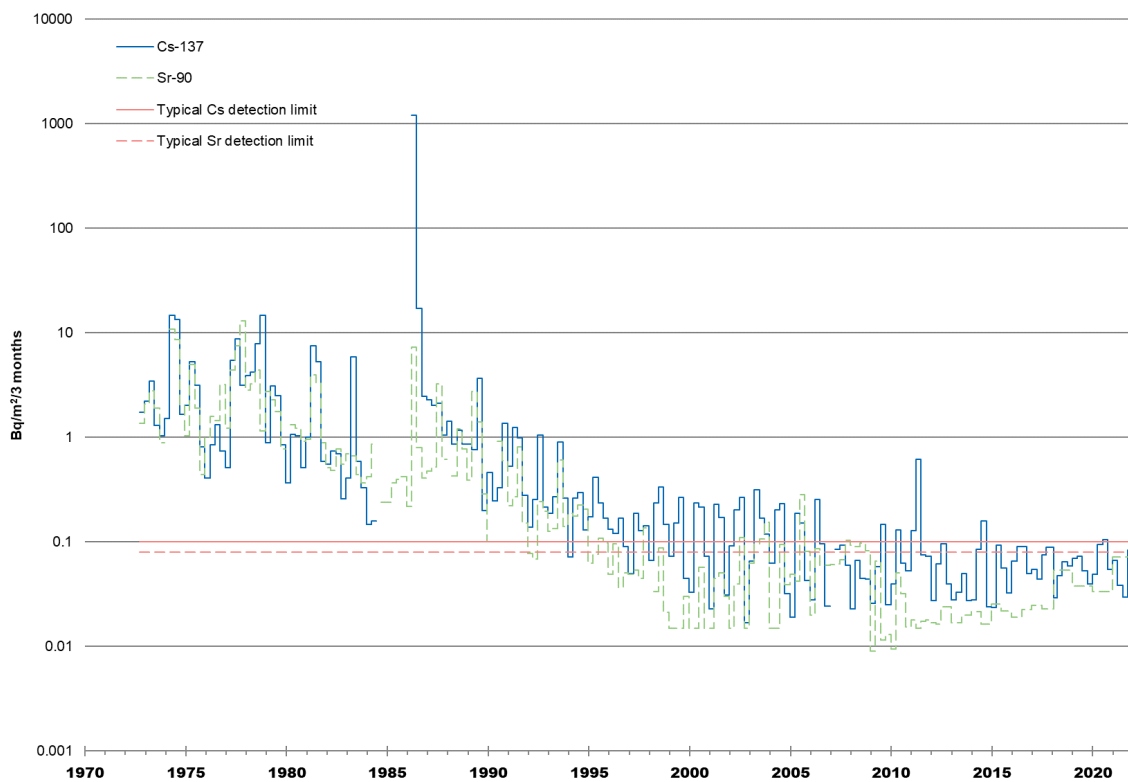
Results

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.

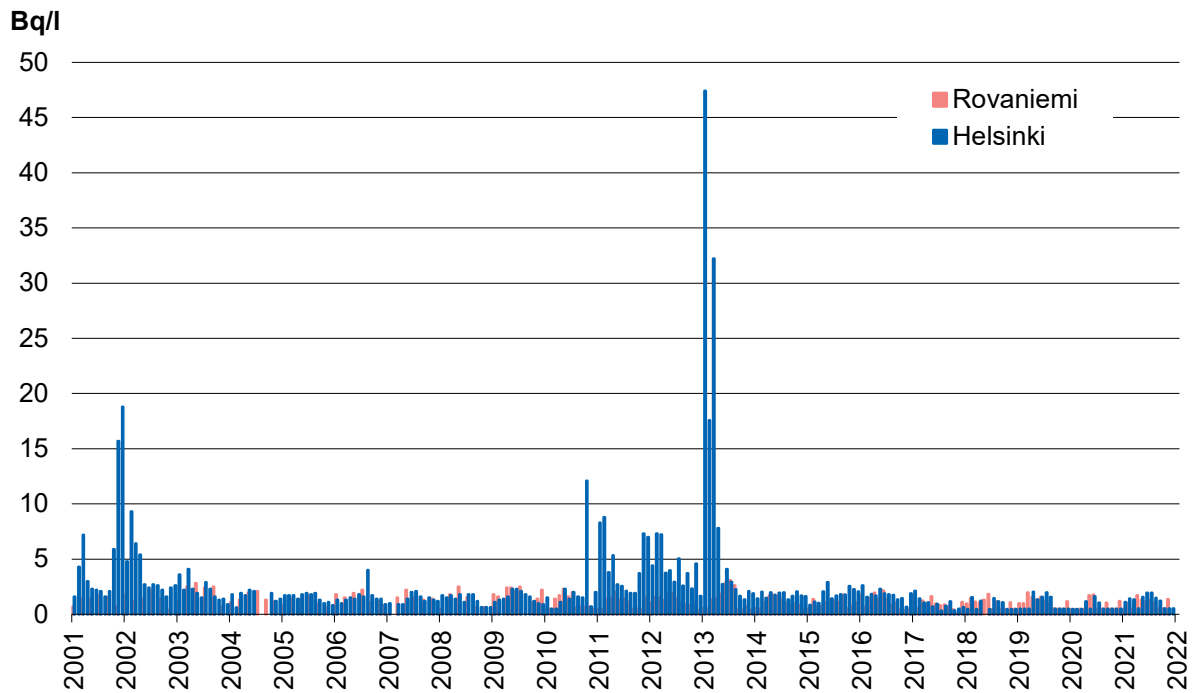
Table 5.1 shows the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in 2021. The depositions at the different sites were low and at some stations these were below the detection limit. The most used counting times give ¹³⁷Cs a detection limit of approximately 0,1 Bq/m². The detection limit can be lowered using longer counting times. The detection limit of ⁹⁰Sr is approximately 0,08 Bq/m². Figure 5.1 presents the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Helsinki area 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 2021, the concentrations of tritium in rainwater were low, typically 1 – 2 Bq/l (Fig. 5.3).



Kuva 5.1. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat Helsingin seudulla 1960 – 2021.
Bild 5.1. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Helsingforsregionen, 1960 till 2021.
Fig. 5.1. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Helsinki area, 1960 – 2021.



Kuva 5.2. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat Rovaniemellä 1972 – 2021.
Bild 5.2. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Rovaniemi, 1972 till 2021.
Fig. 5.2. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in Rovaniemi, 1972 – 2021.



Kuva 5.3. Tritiumpitoisuudet (Bq/l) Helsingin ja Rovaniemen sadevesinäytteissä 2001 – 2021.

Bild 5.3. Halter av tritium (Bq/l) i regnvatten i Helsingfors och i Rovaniemi, 2001 till 2021.

Fig. 5.3. Activity concentrations (Bq/l) of tritium (^3H) in rainwater in Helsinki and Rovaniemi, 2001 – 2021.

Taulukko 5.1. ^{137}Cs -laskeumien neljännesvuosi- ja ^{90}Sr -laskeumien vuosisummat eri paikkakunnilla vuonna 2021 (Bq/m^2).

Tabell 5.1. Nedfall av ^{137}Cs under kvartalen och ^{90}Sr under året på olika orter år 2021 (Bq/m^2).

Table 5.1. Quarterly depositions of ^{137}Cs and annual depositions of ^{90}Sr at various stations in 2021 (Bq/m^2).

	^{137}Cs				^{90}Sr Annual
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	
Helsinki	<0,1	0,5	0,07	0,11	0,07
Imatra	0,3	0,5	0,17	0,2	0,68
Ivalo	-	0,06	<0,06	<0,1	0,06
Kajaani	<0,09	0,17	0,4	<0,2	0,25
Kotka	0,2	0,9	0,4	0,3	0,14
Kuopio	<0,2	0,4	<0,1	<0,2	0,06
Rovaniemi	<0,1	<0,08	<0,06	<0,2	0,07
Sodankylä	<0,09	0,16	<0,09	<0,2	<0,06

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

Sinikka Virtanen

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).

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 ^{137}Cs ja mahdolliset muut gammanuklidit gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktio-kromatografisella menetelmällä, ja ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla.

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, jonka valuma-alueelle ^{137}Cs :a tuli huomattavasti vähemmän kuin Kymijoen alueelle, vedestä nopeammin vähenevän ^{137}Cs :n pitoisuudet ovat jo pienemmät kuin hitaammin vedestä poistuvan ^{90}Sr :n.

Vuonna 2021 Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuus oli 15-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. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet olivat samaa tasoa Kokemäenjoessa, Kemijoessa, Kymijoessa ja Oulujoessa kuin edellisinäkin vuosina.

6 Radioaktiva ämnen i ytvatten

Sinikka Virtanen

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

Provtagning

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

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 förskade proven analyseras ^{137}Cs med gammaskpektrometer. Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter mängden ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

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 älv däremot, på vars avrinningsområde nedfallet av ^{137}Cs var betydligt mindre än i Kymmene älv, är halterna av ^{137}Cs redan nu lägre än halterna av ^{90}Sr , som försvinner långsammare från vatten än ^{137}Cs .

År 2021 var ^{137}Cs -halterna i Kymmene älv 15-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. Halterna av ^{90}Sr och Cs i Kymmene, Kumo, Kemi och Ule älvar var på samma nivå som de förra åren.

6 Radioactive substances in surface water

Sinikka Virtanen

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).

Pre-treatment and analyses

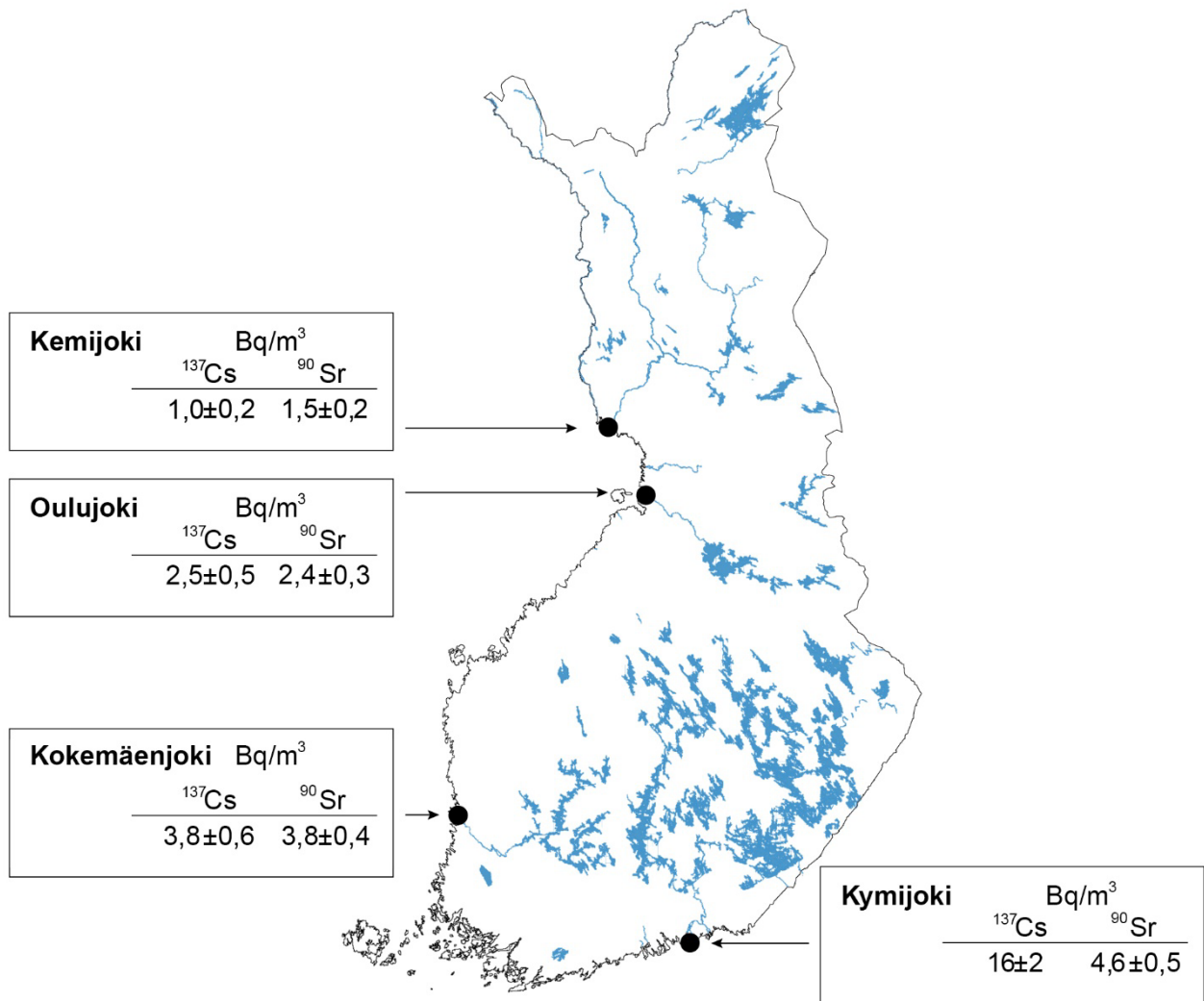
In the laboratory, known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps, after which the dry residues are ashed. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers on the ashed samples. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The results of the surface water analyses show the uneven regional distribution of the Chernobyl fallout and the different behaviour of ^{137}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 . On the other hand, concerning the River Kemijoki, the ^{137}Cs deposition to its catchment area was considerably smaller than to the catchment area of River Kymijoki, and the concentrations of the quickly removing ^{137}Cs are already lower there than those of ^{90}Sr that remains better in the water phase than ^{137}Cs .

The activity concentrations of ^{137}Cs in the River Kymijoki were 15 times higher and the concentrations of ^{90}Sr three times higher than the respective contents in Kemijoki (Fig. 6.1) in 2021. ^{137}Cs concentrations in the River Kymijoki were also higher than in the River Kokemäenjoki and Oulujoki. In 2021 the levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr were about the same as in recent years in the Kemijoki, Kokemäenjoki, Kymijoki and Oulujoki.



Kuva 6.1. Pintaveden näytteenottoaikat ja näytteiden ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet (Bq/m³) vuonna 2021.

Bild 6.1. Provtagningsplatser för ytvatten samt halter av ^{137}Cs och ^{90}Sr (Bq/m³) år 2021.

Fig. 6.1. The sampling sites of surface water and the activity concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/m³) in 2021.

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

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

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

7 Talousveden radioaktiiviset aineet

Sinikka Virtanen

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 Helsingin, Oulun, Rovaniemen, Tampereen ja Turun 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 lämpölamppujen 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 2021 pienet vaihdellen välillä alle 0,0001 – 0,0071 Bq/l (taulukko 7.1). Turussa 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. Helsingissä ja Oulussa talousvesivesi on lähes kokonaan pintavettä. Syksystä 2012 lähtien Turussa talousvesi on ollut tekopohjavettä.

Helsingin, Rovaniemen ja Turun talousvesissä havaittiin 1,1 – 1,3 Bq/l ^3H :ia, kun muiden näytteiden ^3H -pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan 1,0 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 (taulukko 7.1).

Säteilyannokset

Talousveden ^3H :sta, ^{90}Sr :sta ja ^{137}Cs :sta yhteensä aiheutuva säteilyannos oli erittäin pieni ja vaihteli välillä 0,00002 – 0,00017 mSv eri paikkakunnilla vuonna 2021; Helsingissä se oli 0,00017 mSv, Oulussa ja Tampereella noin 0,0001 mSv, Rovaniemellä ja Turussa 0,00002 – 0,00003 mSv. Helsingissä ^3H :n osuus talousveden aiheuttamasta säteilyannoksesta oli vain 8 %, loppuosa aiheutui ^{137}Cs :sta (53 %) ja ^{90}Sr :sta (39 %). ^3H :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Turussa, noin 73 % ja Rovaniemellä, noin 68 % ja ^{90}Sr :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Tampereella, noin 74 %. Arviossa on talousveden veden kulutukseksi oletettu 2 litraa päivässä.

7 Radioaktiva ämnen i hushållsvatten

Sinikka Virtanen

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 Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och i Åbo (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 2021 och de varierade mellan under 0,0001 och 0,0071 Bq/l (tabell 7.1). I Åbo 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 Helsingfors och Uleåborg är hushållsvattnet nästan helt och hållet ytvatten. Från och med hösten 2012 är hushållsvattnet i Åbo nytt konstgjort grundvatten.

I Helsingfors, Rovaniemi och Åbo var ^3H halter 1,1 – 1,3 Bq/l och över detektionsnivån medan andra halterna av ^3H var under detektionsnivån 1,0 Bq/l och låg alltså mycket under gränsvärdet enligt Europarådets direktiv (98/83/EG) som anger gränsvärdet 100 Bq/l för tritium i hushållsvatten (tabell 7.1).

Stråldoser

Den sammanlagda stråldosen orsakad av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i hushållsvatten var mycket liten och varierade mellan 0,00002 – 0,00017 mSv på olika orter år 2021; i Helsingfors var dosen 0,00017 mSv, i Uleåborg och i Tammerfors cirka 0,0001 mSv, i Rovaniemi och i Åbo 0,00002 – 0,00003 mSv.

I Helsingfors orsakade ^3H cirka 8 procent av dosen; resten var orsakad av ^{137}Cs (53 %) och ^{90}Sr (39 %). Andelen av ^3H av dosen var störst i Åbo, cirka 73 procent och Rovaniemi, cirka 68 procent och andelen av ^{90}Sr var störst i Tammerfors, cirka 74 procent. Hushållsvattenkonsumtionen har antagits vara två liter per dygn.

7 Radioactive substances in household water

Sinikka Virtanen

The radioactivity of household water is monitored to assess human exposure to artificial radioactive substances. Artificial radioactive substances are usually only present in household 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

Household water samples are collected once a year. Samples are taken from tap water in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and in Turku (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

Activity concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs in all samples were low in 2021, varying from below 0,0001 to 0,0071 Bq/l (Table 7.1). In Turku, the activity concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs 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. The raw water of Tampere consists of both surface and ground water. In Rovaniemi raw water is drawn exclusively from ground water. In Helsinki and Oulu, household water is drawn almost entirely from surface water. Since autumn 2012, the household water in Turku has been man-made ground water.

In Helsinki, Rovaniemi and Turku the activity concentration of ^3H was 1,1 – 1,3 Bq/l whereas elsewhere the activity concentrations of ^3H were below the detection limit 1,0 Bq/l (Table 7.1), thus being well below the limit of 100 Bq/l that has been set for ^3H in household water by the European Commission Regulation (98/83/EY).

Radiation doses

The radiation dose induced by ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in household water was very small and varied between 0,00002 – 0,00017 mSv at the various sites in 2021; in Helsinki the dose was 0,00017 mSv, in Oulu and in Tampere approximately 0,0001 mSv, in Rovaniemi and in Turku between 0,00002 – 0,00003 mSv.

In Helsinki the contribution of ^3H to the dose was 8%, the rest was caused by ^{137}Cs (53%) and ^{90}Sr (39%). The contribution of ^3H to the dose was highest in Turku (about 72%) and in Rovaniemi (about

68%), and that of ^{90}Sr was highest in Tampere (about 74%). The consumption of household water is assumed to be 2 litres per day.

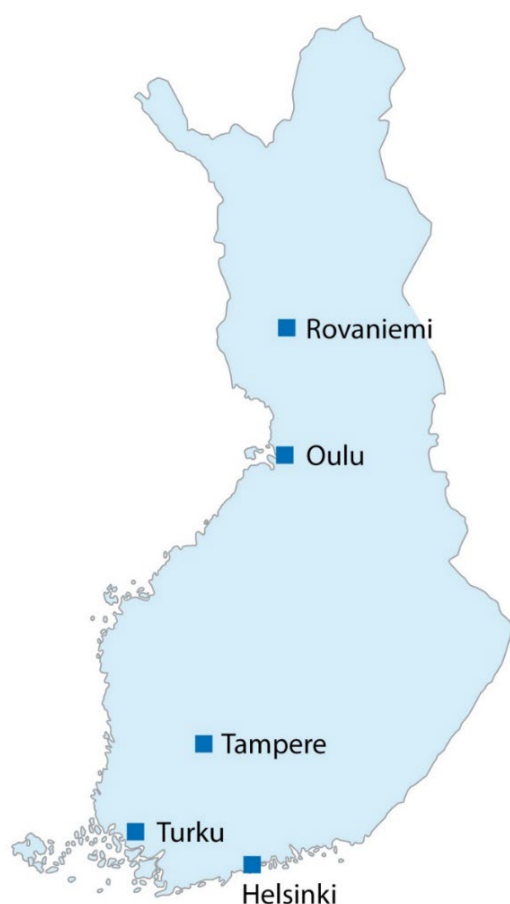
Taulukko 7.1. Talousveden ^3H -, ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/l) Helsingissä, Oulussa, Rovaniemellä, Tampereella ja Turussa vuonna 2021.

Tabell 7.1. Halt av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i hushållsvatten (Bq/l) i Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och Åbo år 2021.

Table 7.1. The concentrations of ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in household water (Bq/l) in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and Turku in 2021.

City	Sampling date	^3H , Bq/l	^{90}Sr , Bq/l	^{137}Cs , Bq/l
Helsinki	30.3.2021	1,1 ± 58%	0,0044 ± 10%	0,0071 ± 16%
Oulu	7.4.2021	<1,0	0,0023 ± 11%	0,0022 ± 13%
Rovaniemi	29.3.2021	1,3 ± 48%	0,0003 ± 30%	<0,0002
Tampere	11.5.2021	<1,0	0,0037 ± 10%	0,0014 ± 24%
Turku	27.4.2021	1,3 ± 48%	<0,0001	<0,0004

Uncertainty is given two sigma uncertainty



Kuva 7.1. Talousveden keräyspaikkakunnat.

Bild 7.1. Provtagningsorter för hushållsvatten.

Fig. 7.1. The sampling sites for household water samples.

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

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

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

8 Maidon radioaktiiviset aineet

Sinikka Virtanen

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 2021 näytteitä kerättiin poikkeuksellisesti vain yhdeksänä kuukautena, tammi – syyskuun ajan.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet konsentroidaan haihuttamalla 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 2021 on esitetty neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvoina taulukossa 8.1. Meijerimaidon ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,08 – 0,65 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 lähes 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 2021 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, 1.3.2022, <https://stat.luke.fi/ravintotase>).

8 Radioaktiva ämnen i mjölk

Sinikka Virtanen

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 2021 samlades prover undantagsvis in endast under nio månader, i januari–september.

Hantering och analys av proven

Proven indunstras 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 gammaspktrometer. 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 2021. ^{137}Cs -halten i mejerimjölk varierade mellan 0,08 – 0,65 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 nästan 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 2021 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, 1.3.2022 <https://stat.luke.fi/sv/naringsbalans>).

8 Radioactive substances in milk

Sinikka Virtanen

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 2021, samples were exceptionally collected only during a nine-month period between January and September.

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 2021 are presented as quarterly and annual means in table 8.1. The concentration of ^{137}Cs in milk varied between 0,08 – 0,065 Bq/l. The concentrations were highest in the areas with the highest deposition after the Chernobyl accident. Figure 8.2 presents concentrations of ^{137}Cs in milk produced in southern Finland since the 1960s. The sampling sites have changed throughout the years.

^{137}Cs contents in milk are nearly 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 2021, 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, 1.3.2022, <https://stat.luke.fi/en/balance%20sheet%20for%20food%20commodities>).

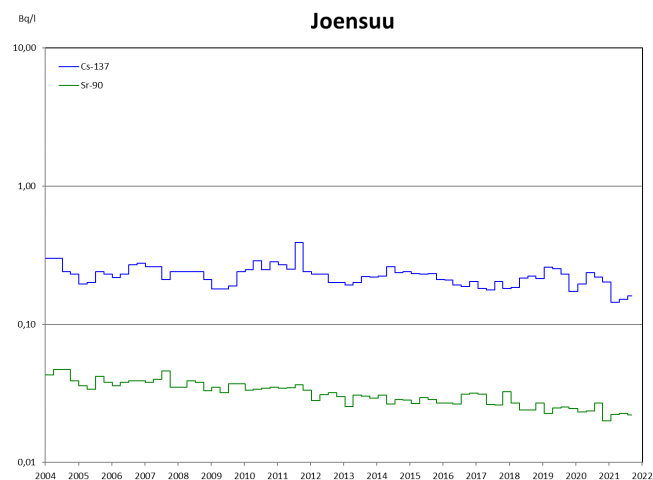
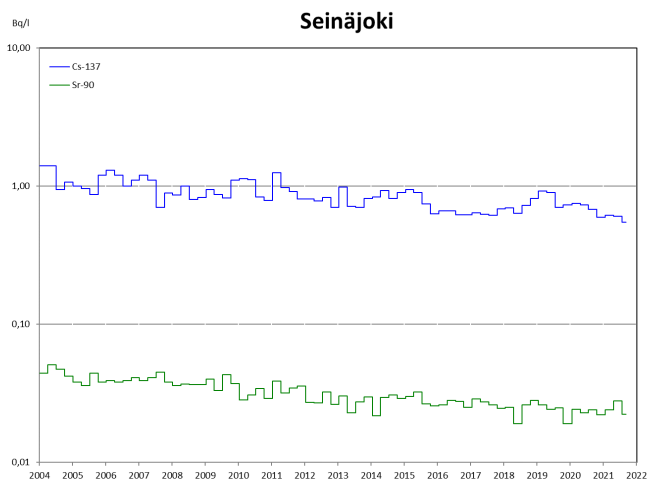
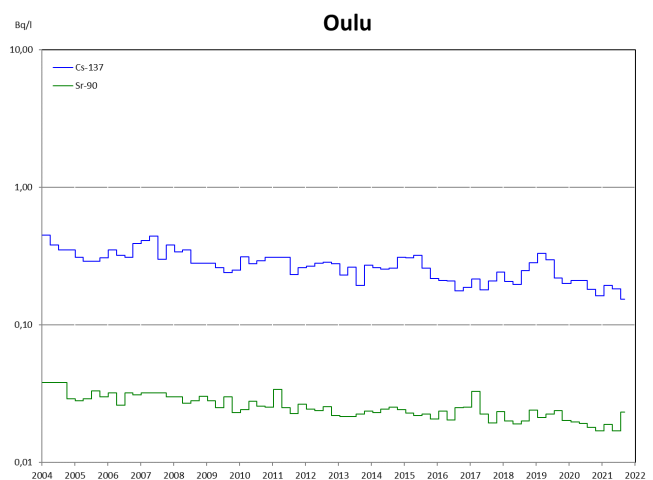
Taulukko 8.1. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) maidossa vuonna 2021, neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvot.

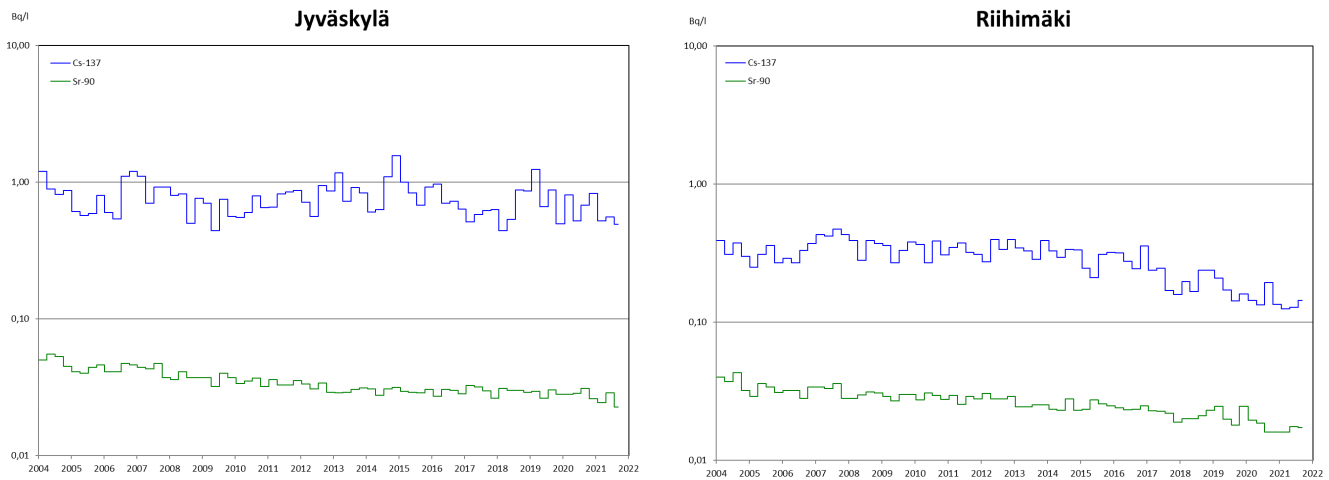
Tabell 8.1. ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk år 2021, kvartals- och årsmedeltal.

Table 8.1. The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk in 2021, quarterly and annual means.

Site	1.1. – 31.3.		1.4. – 30.6.		1.7. – 30.9.		1.10. – 31.12.		1.1. – 30.9.	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Joensuu	0,14	0,022	0,15	0,023	0,16	0,022	-	-	0,15	0,022
Jyväskylä	0,52	0,024	0,56	0,029	0,49	0,023	-	-	0,52	0,025
Oulu	0,19	0,019	0,18	0,017	0,15	0,023	-	-	0,18	0,020
Riihimäki	0,12	0,016	0,13	0,018	0,14	0,017	-	-	0,13	0,017
Seinäjoki	0,61	0,024	0,60	0,028	0,55*	0,022*	-	-	0,59**	0,025**

* 1.7.-31.8.2021 **1.1.-31.8.2021

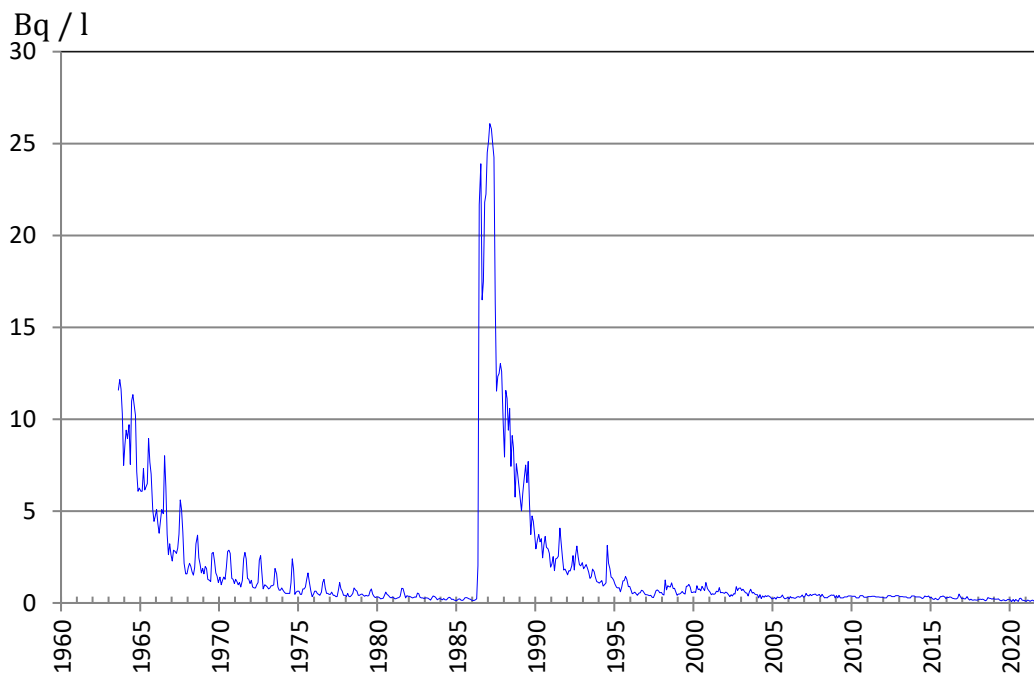




Kuva 8.1. Maitonäytteiden keräyspaikkakunnat ja ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet maidossa (Bq/l) vuodesta 2004 lähtien.

Bild 8.1. Provtagninsorter för mjölk och ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk sedan 2004.

Fig. 8.1. The sampling sites of milk and areal concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk since 2004.



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: Sinikka Virtanen, Säteilyturvakeskus (sinikka.virtanen@stuk.fi)

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

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

9 Elintarvikkeiden radioaktiiviset aineet

Sinikka Virtanen

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. Koko vuorokauden aterioiden analysointi yksittäisten elintarvikkeiden sijasta antaa suoraan saannin, jossa on jo huomioitu ruoan valmistuksen vaikutukset ja kulutustekijät.

Näytteet kerätään Helsingistä, Tampereelta ja Rovaniemeltä edustaen suurimpia asutuskeskuksia ja elintarvikkeiden alueellisia eroja. Samoilta paikoilta otetaan samaan aikaan ruoka-annosten keräilyn kanssa myös juomavesinäytteet suoraan vesijohtovedestä.

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. Aterioiden vuorokauden energiasisältö on noin 8000 – 9200 kJ.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Vuorokauden kiinteät ruokanäytteet yhdistetään yhdeksi näytteeksi, joka kuivataan ja homogenisoidaan. Kuivatuista 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 2021 ^{137}Cs -pitoisuudet ruoassa olivat 0,05 – 0,24 Bq/kg ja juomissa 0,15 – 0,19 Bq/l. Päivittäinen cesiumin saanti ruoan kautta vaihteli välillä 0,09 – 0,40 Bq/d ja juomien kautta 0,14 – 0,26 Bq/d. Aluekohtaiset tulokset on esitetty taulukoissa 9.2 ja 9.3. Suurkeittiöiden ruokaa käyttävien ruoasta saama säteilyannos oli vuonna 2021 0,0025 mSv, josta ^{137}Cs :n osuus oli 77 %.

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 2021 hankittiin kaupan elintarvikkeita elintarvikeliikkeistä samoilta paikkakunnilta kuin vuorokausiruokanäytteet. Näytteiksi valittiin luonnonvaraista riistaa, kalaa ja luonnontuotteita ^{137}Cs -pitoisuuksien määrittämistä varten (kuva 9.2). 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 Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilta.

Luonnontuotteita mitataan myös tutkimus- ja tiedotustarkoituksessa. Eri elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuuksista on yksityiskohtaisempaa tietoa Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.stuk.fi.

9 Radioaktiva ämnen i livsmedel

Sinikka Virtanen

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. 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.

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). På samma orter tas samtidigt också dricksvattenprov direkt från vattnet i ledningsnätet.

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. Energiinnehållet för måltiderna under ett dygn är cirka 8000 – 9200 kJ.

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 gammadetektmetriskt. 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 2021 var ^{137}Cs -halterna i maten 0,05 – 0,24 Bq/kg och i dryckerna 0,15 – 0,19 Bq/l. Det dagliga intaget av cesium via maten varierade 0,09 – 0,40 Bq/d och via drycker 0,14 – 0,26 Bq/d. De regionala mätresultaten finns i tabell 9.2 och i tabell 9.3. Under 2021 förorsakade storköken en stråldos på under 0,0025 mSv åt konsumenterna. 77 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 Tjernobyloyllyckan.

9.2 Livsmedel i butiker

Under hösten 2021 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 9.2). 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 Strålsäkerhetscentralens webbsida.

Naturprodukter mäts också för forskning och informationssyften. Mer specifika detaljer om halterna av ^{137}Cs i olika livsmedel finns på Strålsäkerhetscentralens webbsida

9 Radioactive substances in foodstuffs

Sinikka Virtanen

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. 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.

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). Drinking water samples, taken directly from running tap water, are also collected at the same sites.

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 (Fig. 9.1). 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. The daily energy content of meals totals is approximately 8000 – 9200 kJ.

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 2021 ranged from 0,05 – 0,24 Bq/kg, and in the drinks from 0,15 – 0,19 Bq/l. The daily intakes of ^{137}Cs via food varied between 0,09 – 0,40 Bq/d, and via drinks from 0,14 – 0,26 Bq/d. The regional results are given in table 9.2 and in table 9.3. The average internal radiation dose received through food from the institutional kitchens in 2021 was 0,0025 mSv, and 77% of which is due to ^{137}Cs .

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

9.2 Foodstuffs on the market

In the autumn of 2021, 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. 9.2). 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 STUK's website.

Natural products are also monitored for the purposes of research and media. 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 2021.

Tabell 9.1. ^{137}Cs (Bq/kg färsk vikt) i prov som köpts i livsmedelsbutiker år 2021.

Table 9.1. ^{137}Cs (Bq/kg fresh weight) in the samples purchased from food shops in 2021.

Elintarvike	Livsmedel	Foodstuff	^{137}Cs , Bq/kg (number of samples)					
			Helsinki		Tampere		Rovaniemi	
hirvenliha	älgkött	venison	12	(1)	18 – 24	(3)	20	(1)
peuranliha	hjortkött	deer meat	33 – 46	(2)	32 – 110	(3)	39	(1)
poronliha	renkött	reindeer meat	—	—	—	—	34 – 100	(20)
sienet	svampar	mushrooms	8 – 480	(13)	229 – 490	(9)	250	(1)
järvi- ja jokikala	insjöfisk	freshwater fish	2 – 16	(3)	5 – 70	(12)	1 – 19	(12)

Taulukko 9.2. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n saanti ruoasta vuonna 2021.

Tabell 9.2. Intag av ^{137}Cs och ^{90}Sr i maten år 2021.

Table 9.2. The intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via ingestion in 2021.

Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) meal	^{90}Sr (Bq/week) meal
Helsinki	29.3.2021	0,12	0,30
	30.3.2021	0,30	
	31.3.2021	0,38	
	1.4.2021	0,10	
	2.4.2021	0,15	
	3.4.2021	0,15	
	4.4.2021	0,21	
Rovaniemi	3.5.2021	0,12	0,27
	4.5.2021	0,13	
	5.5.2021	0,13	
	6.5.2021	0,09	
	7.5.2021	0,40	
	8.5.2021	0,20	
	9.5.2021	0,39	
Tampere	3.5.2021	0,26	0,27
	4.5.2021	0,31	
	5.5.2021	0,17	
	6.5.2021	0,11	
	7.5.2021	0,10	
	8.5.2021	0,11	
	9.5.2021	0,22	

Taulukko 9.3. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n päivittäinen saanti juomasta vuonna 2021.

Tabell 9.3. Daglig intag av ^{137}Cs och ^{90}Sr i dryckerna år 2021.

Table 9.3. The daily intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via drinks in 2021.

Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) drinks	^{90}Sr (Bq/d) drinks
Helsinki	29.3.2021	0,14	0,01
Rovaniemi	4.5.2021	0,26	0,02
Tampere	5.5.2021	0,22	0,01



Kuva 9.1. Elintarvikkeiden keräyspaikkakunnat.

Bild 9.1. Provtagningsorter för födoämnen.

Fig. 9.1. The sampling sites for diet samples.



Kuva 9.2. Kantarelli (*Cantharellus cibarius*)

Bild 9.2. Kantarell (*Cantharellus cibarius*)

Fig. 9.2. Chanterelle (*Cantharellus cibarius*)

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

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

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

10 Radioaktiiviset aineet ihmisessä

Tiina Torvela

Ihminen saa radioaktiivisia aineita elimistönsä hengittämällä tai ravinnon mukana. Nämä aineet ovat joko luonnollista alkuperää tai keinoitekoisesti 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.

Mitattavat 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. Näiden neljän ryhmän tulosten perusteella arvioidaan suomalaisten saama säteilyannos keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Tampere edustaa Suomessa Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aiheuttaman korkeimman laskeuman aluetta.

Helsingin, Tampereen ja Rovaniemen kouluryhmät koostuvat vapaaehtoisista oppilaista ja opettajista. Koulut on valittu siksi, että samassa mittauspaikassa on eri-ikäisiä henkilöitä. Mitattavilta kysytään lyhyesti ruokavaliosta ja tiettyjen, runsaasti radioaktiivista ¹³⁷Cs:ää sisältävien elintarvikkeiden kulutuksesta.

Tulokset

Koulumittausten tulokset Tampereen ja Helsingin mittauksista ovat kuvassa 10.2. Kuvassa oleviin tuloksiin sisältyvät vain aikuisten (yli 14-vuotiaiden) mittaustulosten mediaanit. Tässä yhteydessä mediaani on parempi tunnusluku kuin keskiarvo, koska otokset ovat pieniä, jolloin yksittäiset huomattavan suuret tai pienet tulokset painottuvat liikaa (ks. kuva 10.2).

Lasten eli alle 15-vuotiaiden tuloksista voidaan nykyisin todeta, että kehossa oleva ¹³⁷Cs-aktiivisuus on yleensä alle havaitsemisrajan. Tämä sopii hyvin yhteen aikaisemmissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa. Mittaustulosten vuotuinen vaihtelu johtuu kaupasta ostettujen ja luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden aktiivisuuspitoisuuksien suurista eroista sekä luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden satunnaisesta käytöstä.

Helsingissä mitattiin 41 henkilöä, joista 31 yli 14-vuotiaasta. Suurin mitattu ¹³⁷Cs-aktiivisuus kehossa oli 306 Bq ja alle havaitsemisrajan (50 Bq) jäi 25 aikuisen tulos. Vastaavasti Tampereella mitattiin 24 henkilöä, jotka kaikki olivat yli 14-vuotiaita. Suurin Tampereella mitattu ¹³⁷Cs-aktiivisuus kehossa oli

683 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 12 mitattua tulosta. Rovaniemellä ei vuonna 2021 järjestetty mittauksia vallinneen Covid-19-epidemiatilanteen vuoksi.

Kuvassa 10.3 on esitetty keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus helsinkiläisen vertailuryhmän jäsenissä 1960-luvun puolivälistä vuoteen 2019. Mittauksia ei tehty vuosina 2014 – 2017, 2020 ja 2021. Vuoden 2019 keskiarvossa on mukana mittaustuloksia myös henkilöiltä, jotka eivät kuulu helsinkiläiseen vertailuryhmään eivätkä mihinkään muista erityisryhmistä. Kuvassa erottuvat selvästi ilmakehässä suoritettujen ydinkokeiden ja Tšernobylin ydinonnettomuuden vaikutukset kehossa olevaan ^{137}Cs -aktiivisuuteen.

Kehossa olevan ^{137}Cs :n aiheuttaman säteilyannoksen arvioitiin vuonna 2021 jääneen alle 5 μSv /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 upptäckts vid helkroppsmätningar.

Människogrupper som undersöks

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). På basis av resultaten från mätningarna på dessa fyra grupper beräknar man den stråldos som finländarna i genomsnitt får från artificiella radioaktiva ämnen. Tammerfors representerar området med det största nedfallet från Tjernobylolyckan i Finland.

Skolgrupperna i Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi består av frivilliga elever och lärare. Skolorna har valts för att inkludera olika åldersgrupper på samma mätplats. Personerna intervjuas kortfattat om matvanor samt om deras konsumtion av vissa livsmedel som innehåller rikligt med radioaktivt ^{137}Cs .

Resultat

Bild 10.2 visar resultaten från skolmätningarna. Resultaten på bilden omfattar endast medianvärdet för mätresultaten för vuxna (över 14 år). I detta samband är medianvärdet ett bättre nyckeltal än

genomsnittet, eftersom urvalen är små, vilket betyder att enstaka mycket höga eller låga resultat får för stor vikt (se bild 10.2).

Av resultaten för barn, det vill säga personer under 15 år, kan man numera konstatera att ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen oftast ligger under observationsgränsen. Detta stämmer väl överens med resultaten från tidigare studier. Den årliga variationen i mätresultaten 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.

I Helsingfors gjordes mätningen för 41 personer, varav 31 var över 14 år. Den största uppmätta ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen var 306 Bq och för 25 vuxna låg resultatet under observationsgränsen (50 Bq). I Tammerfors gjordes mätningen för 24 personer. Den största uppmätta ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen var 683 Bq och resultatet låg under observationsgränsen i 12 mätningar. Det ordnades inga mätningar i Rovaniemi 2021 på grund av den rådande covid-19-epidemin.

Bild 10.3 visar den genomsnittliga ^{137}Cs -aktiviteten hos individerna i referensgruppen i Helsingfors från 1960-talets mitt till 2019. Under åren 2014 – 2017 och 2020 – 2011 gjordes inga mätningar. Genomsnittet för 2019 inkluderar mätresultat även från personer som inte ingår i referensgruppen i Helsingfors eller i några andra specialgrupper. På bilden ser man tydligt hur kärnvapenprov som gjorts i atmosfären och Tjernobylolyckan har påverkat ^{137}Cs -aktiviteten i kroppen.

År 2021 uppskattades ^{137}Cs i kroppen ha orsakat en stråldos på under 5 μSv per person.

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.

Groups of people to be measured

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. These groups include volunteer children and teachers from local schools where different age groups are easily available. The measured persons were interviewed for information on eating habits and consumption of certain foodstuffs known to contain rather high concentrations of ^{137}Cs . Based on the results of these measurements, the internal radiation dose for the people from artificial radioactive substances can be estimated.

Results

The results of the school measurements are shown in figure 10.2. The results shown in the figure only include the medians of the measurements performed on adults (over-14-year-olds). In this context, the median is a better index than the average, because the sample sizes are small, thus placing too much emphasis on individual significantly high or low results (see Figure 10.2).

Regarding the results of children, or those under the age of 15, the ^{137}Cs activity in the body is usually below the detection limit. This is very much in line with the results of previous studies. The annual variation in the measurement results is due to the large differences in activity levels of food purchased from shops and collected from nature and the occasional use of food collected from nature.

In Helsinki, measurements were performed on 41 persons, of whom 31 were over 14 years of age. The highest measured ^{137}Cs activity in the body was 306 Bq, and 25 adults remained below the detection limit (50 Bq). In Tampere, measurements were performed on 24 persons, the highest measured ^{137}Cs activity in the body was 683 Bq, and 12 measured results were below the detection limit. Measurements were not organised in Rovaniemi in 2021 due to the prevailing Covid-19 epidemic situation.

Figure 10.3 shows the average ^{137}Cs activity in the members of the Helsinki comparison group from the mid-1960s to 2019. No measurements were made between 2014 and 2017, and between 2020 and 2021. The average for 2019 also includes measurement results from persons who are not part of the Helsinki comparison group or any other special category. The picture clearly shows the effects of nuclear tests carried out in the atmosphere and of the Chernobyl nuclear accident on the ^{137}Cs activity in the body.

In 2021, the radiation dose caused by ^{137}Cs in the body was estimated to be less than $5\ \mu\text{Sv}/\text{person}$.



Kuva 10.1a. Kokokehomittauksissa käytettävä liikkuva laboratorio.

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

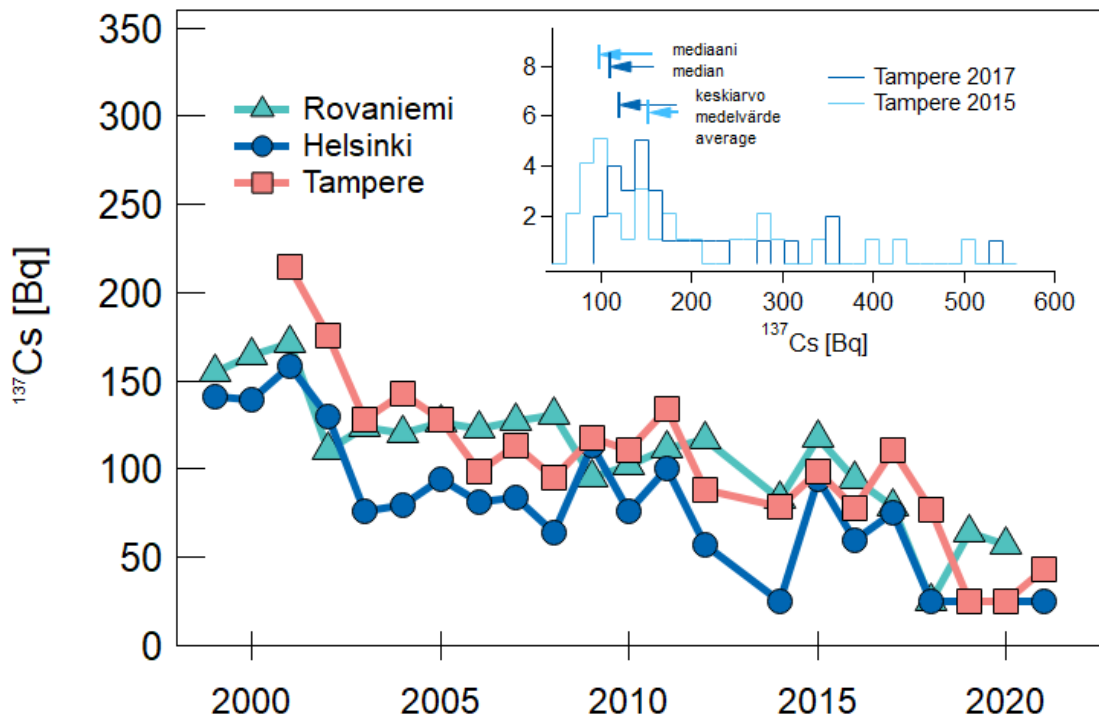
Fig 10.1a. The mobile laboratory used in the whole-body measurements.



Kuva 10.1b. Liikkuvan laboratorion taustasuoja ja ilmaisimet ja STUKin toimitiloissa oleva gammamittauslaitteisto.

Bild 10.1b. Mättningsstol i det mobila laboratoriet och gammamätning i STUK.

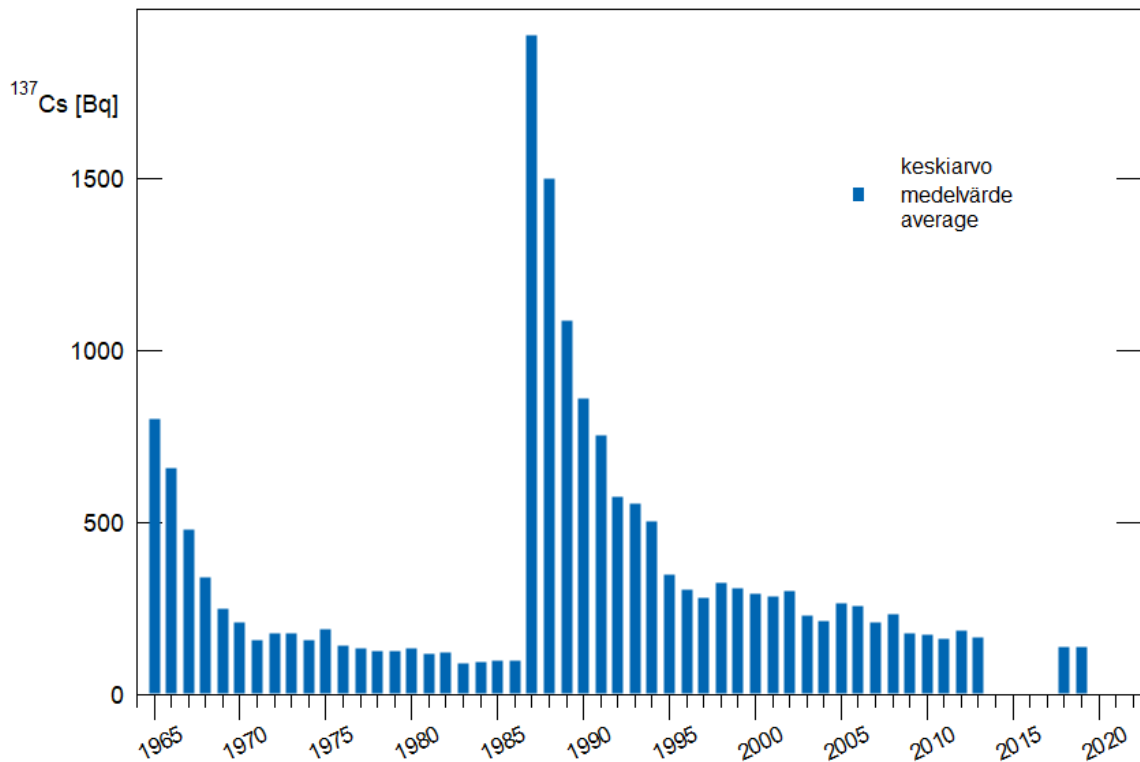
Fig. 10.1b. The background shield and detectors of the mobile unit and gamma measurement at STUK.



Kuva 10.2. Kehossa oleva ^{137}Cs -aktiivisuuden mediaani. Ryhmissä on mukana kaikki yli 14-vuotiaat, jotka kävivät mittauksessa. Varsinaisen kuvan sisällä olevassa histogrammissa on Tampereen jakaumat vuosilta 2015 ja 2017.

Bild 10.2. Kroppsinnehållet av ^{137}Cs för kvinnor och män. I grupperna ingår alla personer äldre än 14 år som mättes. Histogrammet innanför figuren visar fördelningen av resultaten från skolmätningarna i Tammerfors 2015 och 2017.

Fig. 10.2. The ^{137}Cs body content for women and men. All persons older than 14 years are included in the groups. The inserted histogram shows the distributions of the measurement results for the Tampere group in 2015 and 2017.



Kuva 10.3. Kehossa oleva ^{137}Cs -aktiivisuus keskiarvona helsinkiläisessä vertailuryhmässä vuodesta 1965.

Bild 10.3. Kroppsinnehållet av ^{137}Cs som medelvärde i referensgruppen i Helsingfors mätt sedan år 1965.

Fig. 10.3. Body content of ^{137}Cs as the mean in the Helsinki reference group measured since 1965.

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, lääkinnällisestä radioisotooppien käytöstä sekä luonnosta. Tutkimalla lietteitä saadaan myös tietoa radionuklidien kulkeutumisesta ympäristössä.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1994 (kuva 11.1). Siellä puhdistetaan paitsi Helsingin myös Vantaan itä- ja keskiosien, Keravan, Tuusulan, Järvenpään, Sipoon, Mäntsälän eteläosan ja Pornaisen jätevedet. Puhdistamon kokonaisvirtaama on noin 270000 m³ vuorokaudessa. Kuivattua jätevesilietettä syntyy vuosittain noin 60000 tonnia.

Näytteenotto

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

Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa raakaliete kuivataan lämpökaapissa ja jauhetaan. Muuta esikäsittelyä näytteelle ei tehdä. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan jauhetuista näytteistä gammaspektrometrisesti.

Mädätetystä kuivatusta lietteestä gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan ilman esikäsittelyä. Mittaus tehdään mahdollisimman nopeasti sen jälkeen, kun näyte on saapunut laboratorioon lyhytikäisten nuklidien toteamiseksi. Kuiva-ainemääritys tehdään mittauksen jälkeen.

Tulokset

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

Sairaaloissa käytettäviä radionuklideja ovat ¹³¹I ja ¹⁷⁷Lu. ¹³⁷Cs on peräisin Tšernobylin onnettomuudesta ja ²³⁸U on vedessä luonnollisesti esiintyvä radioaktiivinen aine. Jätelietteen gamma-aktiivisten radionuklidien pitoisuudet raakalietteessä vuonna 2021 on esitetty taulukossa 11.1 ja kuivatussa lietteessä taulukossa 11.2.

11 Radioaktiva ämnen i avloppsslam

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.

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.

Provtagning

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

Hantering och analys av proven

I laboratoriet torkas råslammet i ett värmeskåp och mals. Någon annan förbehandling görs inte med provet. De radioaktiva ämnen som sänder gammastrålning i de malda proven analyseras med gammadetektorer.

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

Resultat

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

På sjukhus används radionukliderna ¹³¹I och ¹⁷⁷Lu. ¹³⁷Cs härrör från Tjernobylyckan och ²³⁸U är ett radioaktivt ämne som förekommer naturligt i vatten. Halterna av gammaaktiva radionuklider i avfallsslammet år 2021 presenteras i tabell 11.1 (råslam) och i tabell 11.2 (torkat slam).

11 Radioactive substances in wastewater sludge

Vesa-Pekka Vartti

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

The Viikinmäki wastewater treatment plant in Helsinki was commissioned in 1994 (Fig. 11.1). The plant processes the wastewater of Helsinki, eastern and central parts of Vantaa, Kerava, Tuusula, Järvenpää, Sipoo, southern part of Mäntsälä and Pornainen. Yearly, about 270000 m³ of wastewater per day flows through the plant. The plant produces about 60000 tonnes of dried waste sludge yearly.

Sampling

Samples of undigested sludge and dewatered sludge from the wastewater treatment plant are collected two times a year and analysed for gamma-emitting radionuclides. Samples are collected in March and in October. Both types of samples are collected on the same day.

Pre-treatment and analyses

In the laboratory, the samples of undigested sludge are dried in a drying oven and ground into powder. The samples are not pre-treated in any other way. The samples are then analysed gamma-spectrometrically for gamma-emitting radioactive substances.

The samples of dewatered sludge are analysed for gamma-emitting radioactive substances without any pre-treatment. Measurements are carried out as soon as possible after the samples have arrived in the laboratory in order to detect any short-term nuclides. The percentage of dry material in the samples is determined after the measurements.

Results

The Viikinmäki wastewater treatment plant processes excretion from patients who have been treated with radioactive isotopes. Treatments are usually given only on certain weekdays so the emission of radionuclides into wastewater is distributed unevenly regarding the time. As a result, the concentrations of such radionuclides in the sludge can vary considerably.

Radionuclides used in hospitals include 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 gamma-emitting radionuclides in undigested sludge and dewatered sludge in 2021 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 2021.

Tabell 11.1. Gammastrålände radioaktiva ämnen i råslammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrsvikt år 2021.

Table 11.1. Gamma-emitting radionuclides in undigested sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2021.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²³⁸ U
13.4.2021	1900 ± 11%*	3,1 ± 15%	1090 ± 12%	400 ± 15%
11.10.2021	4200 ± 10%	2,5 ± 40%	2500 ± 8%	210 ± 26%

*Uncertainty is given two sigma uncertainty

Taulukko 11.2. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kuivatussa lietteessä Bq kg⁻¹ kuivapainoa kohden vuonna 2021.

Tabell 11.2. Gammastrålände radioaktiva ämnen i det torkade slammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq kg⁻¹ torrsvikt år 2021.

Table 11.2. Gamma-emitting radionuclides in dewatered sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq kg⁻¹ dry weight in 2021.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁷⁷ Lu	²³⁸ U
13.4.2021	210 ± 13%*	4,7 ± 20%	950 ± 10%	780 ± 12%
11.10.2021	430 ± 8%	5,1 ± 13%	1700 ± 8%	470 ± 15%

*Uncertainty is given two sigma uncertainty



Kuva 11.1. Viikinmäen jätevedenpuhdistamo.

Bild 11.1. Viksbacka avloppsreningsverk.

Fig. 11.1. Viikinmäki wastewater treatment plant.

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

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 2021 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 – 3 becquereliä litrassa (Bq/l). Suurimmat tritiumpitoisuudet mitattiin ydinvoimalaitosten välittömässä läheisyydessä. Meriveden ^{90}Sr -pitoisuus vaihteli välillä 4,7 – 6,0 becquereliä kuutiometrissä vettä (Bq/m^3).

Suurin osa Itämereen tulleesta radioaktiivisesta cesiumista on vajonnut pohjasedimentteihin. Sedimentin pintakerroksessa ^{137}Cs -pitoisuus vaihteli 17 – 360 Bq/kg . Pohjasedimenteissä ^{137}Cs :n kokonaismäärät pinnasta noin 30 cm syvyyteen olivat itäisen Suomenlahden ja Selkämeren havaintopaikoissa 5400 – 37900 becquereliä neliömetrillä (Bq/m^2). Muissa Itämeren alueen havaintopaikoissa kokonaismäärät vaihtelivat välillä 1700 – 5000 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 2020 cesiumin pitoisuudet vaihtelivat Suomen rannikoilta pyydetyissä hauissa 4 – 7 becquereliä kilossa (Bq/kg) ja olivat silakoissa korkeimmillaan 2,4 Bq/kg (kuva 12.3). Itämeren kaloista suomalaisille aiheutunut sisäisen säteilyannos oli alle 0,0005 millisievertiä (mSv) vuonna 2021.

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 Tjernobylcesium 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 2021 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 $<1,0 - 3$ becquerel per liter (Bq/l). De högsta tritiumhalterna observerades nära kärnkraftverk. Havsvattnets ^{90}Sr -halt varierade mellan $4,7 - 6,0$ Becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3).

Merpart av ^{137}Cs har sjunkit ner botten sediment. I sediments ytskikt ^{137}Cs halterna varierade $17 - 360$ Bq/kg . I bottensedimenten var totalmängderna av ^{137}Cs från ytan till cirka 30 centimeters djup $5400 - 37900$ becquerel per kvadratmeter (Bq/m^2) vid provtagningsstationerna i östra Finska viken och Bottenhavet. Vid de andra stationerna i Östersjön varierade totalmängderna från 1700 till 5000 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 2020 varierade cesiumhalterna i gäddor som fiskats längs den finska kusten $4 - 7$ Bq/kg . I strömmingar var cesiumhalten som högst $2,4$ Bq/kg (bild 12.3). Den interna stråldos som finländare fick från Östersjöfiskar år 2021 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.

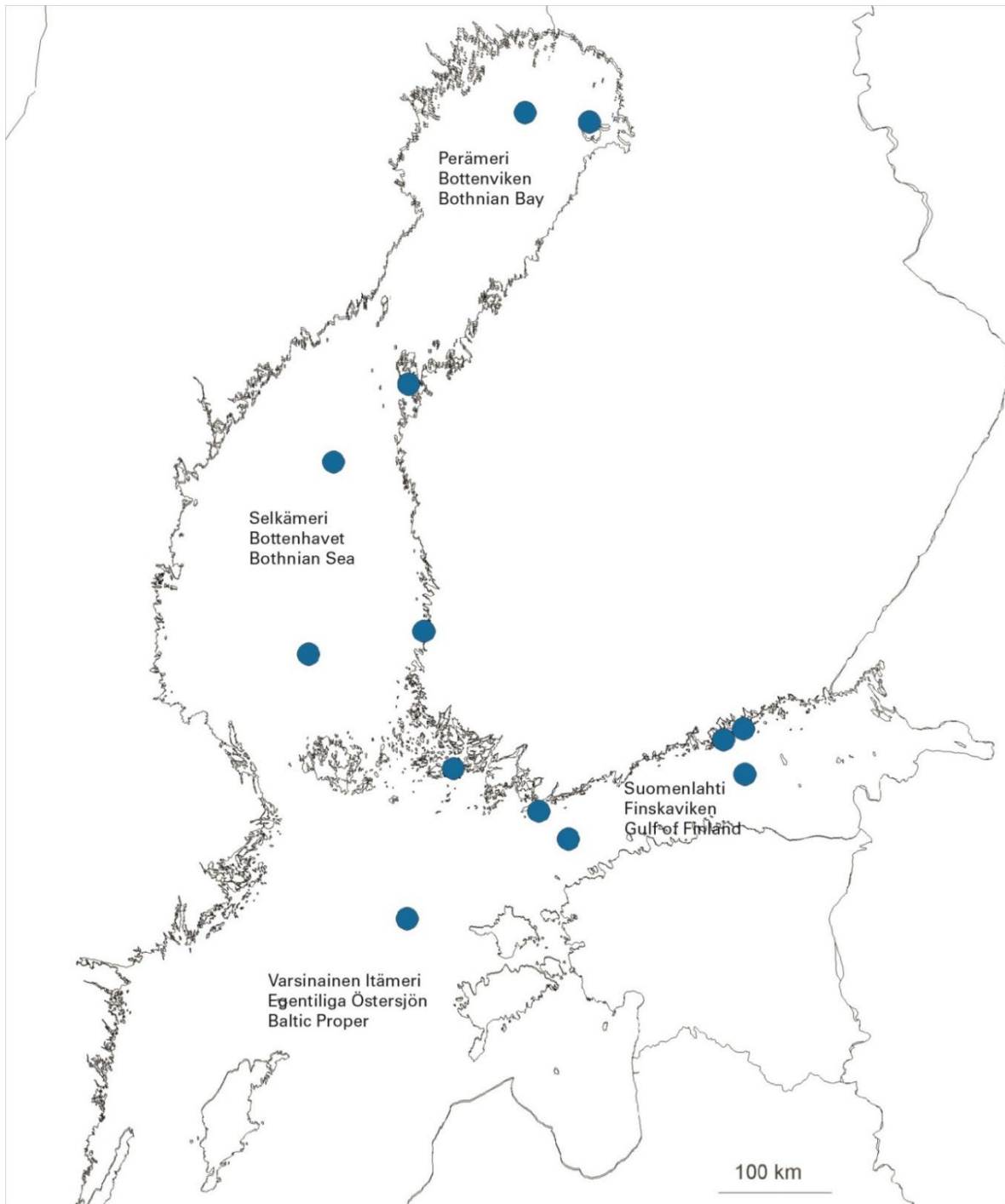
Results

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.

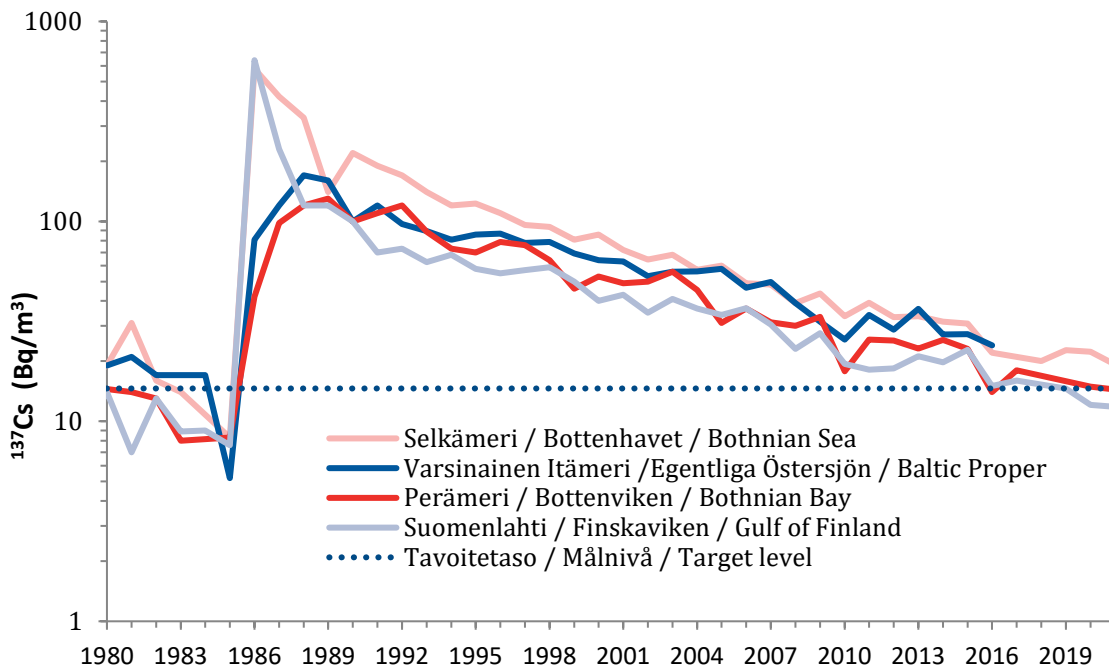
In 2021, the ^{137}Cs concentrations of surface water varied from 9 to 20 becquerel per cubic metre (Bq/m^3). Even though the ^{137}Cs concentrations in seawater have decreased with time (Fig. 12.2), the Baltic Sea is still the most contaminated sea in the world with respect of ^{137}Cs . Tritium concentrations in sea water varied $< 1,0 - 3$ (Bq/l). The highest tritium concentrations were measured in vicinity of nuclear power plants. The ^{90}Sr concentration in sea water varied between 4,7 – 6,0 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 17 – 360 Bq/kg . The total amounts of ^{137}Cs in bottom sediments were 5400 – 37900 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: 1700 – 5000 Bq/m^2 . According to a recent evaluation, the total inventory of ^{137}Cs in the Baltic Sea sediments was about $2,5 \times 10^{15}$ Bq (2,5 tera becquerel), and more than half of this was bound in the seabed of the Gulf of Bothnia.

In 2021, the cesium concentrations varied 4 – 7 Bq/kg in pikes caught on Finnish coasts (Fig. 12.3), while in Baltic herrings they were 2,4 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 2021.



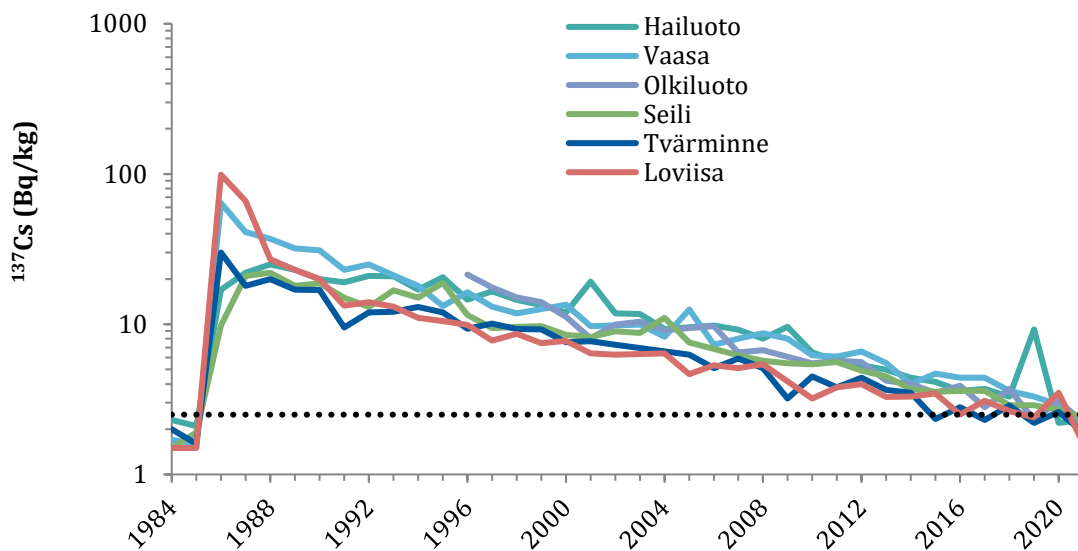
Kuva 12.1. Näytteenottopisteet merivedelle, pohjasedimentille, kaloille ja muulle biotalle.
Bild 12.1. Provtagningsplatserna för havsvatten, botten sediment, fisk och annan biota.
Fig. 12.1. Sampling stations and areas for sea water, bottom sediment, fish and other biota.



Kuva 12.2. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/m^3) merivedessä vuosina 1980 – 2021.

Bild 12.2. ^{137}Cs -halter (Bq/m^3) i ytvatten år 1980 – 2021.

Fig. 12.2. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/m^3) in seawater during 1980 – 2021.



Kuva 12.3. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/kg) Itämerestä pyydystetyssä silakassa 1984 – 2021.

Bild 12.3. ^{137}Cs -halter (Bq/kg) i fisk (strömmingar) i Östersjön år 1984 – 2021.

Fig. 12.3. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/kg) in fish (herring) in the Baltic Sea during 1984 – 2021.

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, Marjo Perälä

Valtaosa suomalaisen säteilyaltistumisesta tulee oman kodin sisäilman radonista (^{222}Rn). Kuntien terveys- ja suojeluviranomainen 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 radonpitoisen maaperän huokosilman pääsy sisätiloihin. Radonkorjauksiin löytyy tehokkaita keinoja. 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 tietokanta. Tunnettujen korkeiden radonpitoisuuksien alueella tehdään rakennuksissa enemmän mittauksia, joten tietokanta ei täysin edusta koko Suomen rakennuksia. STUKissa tehdyt asuntojen sisäilman radonmittausten tulokset sekä kaikkien radonmittauksia tarjoavien toimijoiden työpaikkojen radonmittausten tulokset kerätään kansalliseen radontietokantaan, 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.*

Tehokkaimmin radonia torjutaan rakennusvaiheen toimenpiteillä; rakentamalla alapohjarakenteet tiiviiksi ja asentamalla lattialaatan alle radonputkisto. Radonpitoisuudet ovat alkaneet laskea pientaloissa 1980-luvun puolivälistä alkaen (kuva 13.2). 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. Radontorjuntaan kuuluu myös radonpitoisuuden mittaaminen ja tarvittaessa radonputkiston aktivoiminen, mitkä jäävät useimmiten tekemättä. Radonpitoisuuksien valtakunnallista kehittymistä on seurattava, koska tapa rakentaa muuttuu ja kehittyy koko ajan ja sillä voi olla merkittäviä vaikutuksia sisäilman radonpitoisuuksiin.

13.1 Radonpurkkimittaukset

Kansalliseen radontietokantaan on tallennettu yhteensä 259166 radonmittaustulosta asunnoissa, joista 3054 on tehty vuoden 2021 aikana. Useissa Suomen kunnissa korkeat radonpitoisuudet ovat yleisiä (kuva 13.1). Radontietokantaan kirjattujen asuntojen radonpitoisuuksien mediaani oli 109 Bq/m^3 . 16 %:ssa STUKin purkeilla tehdyistä asuntomittauksista radonpitoisuuden vuosikeskiarvo oli suurempi kuin viitearvo 300 Bq/m^3 .

Radontietokantaan tallennetut tiedot pitoisuuksista yliarvioivat koko Suomen radonpitoisuuksia, sillä tunnetuilla korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin muualla.

13.2 Radonviestintä

STUK viesti monin tavoin vuoden 2021 aikana asuntojen sisäilman radoniin liittyen. Viranomaisten radontyöryhmä (osallistujat: STUK, STM, Valvira, YM, AVI/Terveysturvatoimisto ja työsuojelu, Kuntaliitto, Rakennustarkastusyhdistys ry) laati radonriskiviestintäsuunnitelman, jonka mukaan jokainen työryhmän osallistujataho toteuttaa kuukausittaista radonviestintää. STUK toteuttaa viestintää omalta osaltaan. STUK mm. esitteli radontietovarantoja Tulanetin järjestämässä

webinaarissa, joka oli suunnattu kuntapäätäjille. Lisäksi STUK järjesti yhteistyössä Sometehtas Oy:n kanssa minisomekampanjan Facebookissa, Instagramissa sekä LinkedInissä, jossa kohderyhmille pyrittiin nostamaan aiemmin laadittuja animaatiovideoita, jotka käsittelevät asuntojen radonmittaamista sekä -korjauksia.

STUK järjesti yhdessä Valviran ja STM:n kanssa webinaarin asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonista. Webinaari oli suunnattu terveydensuojeluviranomaisille. STUK järjesti radonkorjausklinikka-webinaarin asukkaille ja taloyhtiön edustajille. Lisäksi STUK julkaisi kattavan verkkokoulutusmateriaalin radonmittauksista (koulutus-radonin-mittaaminen.stuk.fi). Radonuutiskirjeitä julkaistiin neljä.

Säteilylain mukaisessa kansallisessa toimintasuunnitelmassa radonriskien ehkäisemiseksi (KATORRE) esitettyjä toimintasuositusten toimeenpanoa seurattiin STUKissa ja viranomaisten radontyöryhmässä.

13 Radon i inomhusluften

Päivi Kurttio, Katja Kojo, Marjo Perälä

Finländarna får den största strålningsexponeringen genom radonet (^{222}Rn) i inomhusluften i deras egna hem. 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 jordluft tränger in i huset. Det finns effektiva metoder för radonsanering. STUK upprätthåller enligt 19 § i strålsäkerhetslagen ett register över radonhalter i bostäder och andra vistelseutrymmen och på arbetsplatser. Tack vare sin egen radonmättningsverksamhet har STUK en omfattande databas av radonhalterna i inomhusluften som ständigt kompletteras. I områden där man vet att radonhalten är hög görs fler mätningar i byggnader, så databasen är inte helt representativ för byggnader i hela Finland. Resultaten från mätningarna av radonhalterna i inomhusluften i bostäder som gjorts vid STUK samt resultaten från radonmätningarna på arbetsplatser, gjorda av alla leverantörer, samlas till den nationella radondatabasen som utnyttjas vid allokering av myndighetstillsynen, 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.

Det effektivaste sättet att bekämpa radon är genom åtgärder under byggtiden; genom att bygga en tät konstruktion i det nedre bjälklaget och montera ett radonrörverk under golvplattan. Radonhalterna har sedan mitten av 1980-talet börjat minska i småhus (bild 13.2). 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. Till radonbekämpning hör även mätning av radonhalten och vid behov aktivering av ett radonrörverk, åtgärder som oftast försummas. Den nationella utvecklingen av radonhalterna måste följas upp, eftersom byggmetoderna hela tiden förändras och utvecklas, vilket kan ha betydande inverkan på radonhalten i inomhusluften.

13.1 Radonmätning med burk

I den nationella radondatabasen har sammanlagt 259166 radonmättningsresultat för bostäder sparats, varav 3054 har genomförts under 2021. 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/m³. I 16 procent av mätningarna i bostäder med STUKs burkar var årsmedelvärdet för radonhalten högre än referensvärdet 300 Bq/m³.

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.

13.2 Information om radon

STUK informerade på många sätt om radon i inomhusluften i bostäder under 2021. Myndigheternas radonarbetsgrupp (deltagare: STUK, SHM, Valvira, MM, RFV/Hälsoskydd och arbetarskydd, Kommunförbundet, Rakennustarkastusyhdistys ry utarbetade en kommunikationsplan för radonrisker. Enligt den ska alla instanser som ingår i arbetsgruppen informera om radon månatligen. STUK informerar för sin del. STUK presenterade bland annat radoninformationslagren under ett webinarium som ordnades av Tulanet och som var riktat till kommunala beslutsfattare. Dessutom ordnade STUK i samarbete med Sometehdas Oy en minikampanj på Facebook, Instagram och LinkedIn, där man försökte lyfta fram tidigare utarbetade animationsvideor om radonmätning och -reparationer av bostäder för målgrupperna.

STUK ordnade tillsammans med Valvira och SHM ett webinarium om radon i bostäder och andra vistelseutrymmen. Webbinariet var riktat till hälsoskyddsmyndigheterna. STUK ordnade ett webinarium om radonsanering för invånarna och bostadsaktiebolagets representanter. Dessutom publicerade STUK ett omfattande webbutbildningsmaterial om radonmätningar (koulutus-radonin-mittaaminen.stuk.fi). Fyra nyhetsbrev om radon publicerades.

Verkställandet av verksamhetsrekommendationerna i den nationella handlingsplanen för förebyggande av radonrisker (KATORRE) enligt strålskyddslagen följdes upp av STUK och i myndigheternas radonarbetsgrupp.

13 Radon in indoor air

Päivi Kurttio, Katja Kojo, Marjo Perälä

Most of the radiation exposure of Finns comes from the radon (²²²Rn) 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 rock material containing uranium in the soil. High radon concentrations especially occur in homes whose foundations are not sufficiently well sealed to prevent the entry of radon-carrying soil air. There are effective methods for radon mitigation. According to Section 19 of the Radiation Act, STUK maintains a register of the radon concentration values of dwellings, other premises used by people and workplaces. As a result of its own radon measurement activities, STUK has a comprehensive database of radon concentrations in indoor air that is constantly updated. In areas with known high radon concentrations, more measurements are taken in buildings, so the database is not fully representative of all buildings in Finland. At STUK, the results of the radon measurements of the indoor air of dwellings and the radon measurement results of all operators offering radon

measurements at workplaces are collected into the national radon database, which is utilized in targeting regulatory control, compiling 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/m³. 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/m³. Information on radon surveillance results at workplaces is provided in STUK's annual report Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta (Use of radiation and other practices that cause radiation exposure).

Radon is most effectively prevented by measures taken at the construction stage: building the base floor structures to be leak-tight and installing radon piping under the floor slab. Radon concentration values in detached and semi-detached houses have been on the decline since the mid-1980s (Figure 13.2). 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. Radon prevention also includes the measurement of radon concentration and, if needed, the activation of radon piping, which are often neglected. 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.

13.1 Measurements with alpha track radon detectors

A total of 259166 radon measurements carried out in dwellings have been recorded in the national radon database, of which 3054 have been carried out in 2021. High radon concentration values are common in several Finnish municipalities (Figure 13.1). The median radon concentrations of dwellings recorded in the national radon database was 109 Bq/m³. 16% of dwellings measured with STUK detectors had radon levels above the reference value for radon in dwellings of 300 Bq/m³.

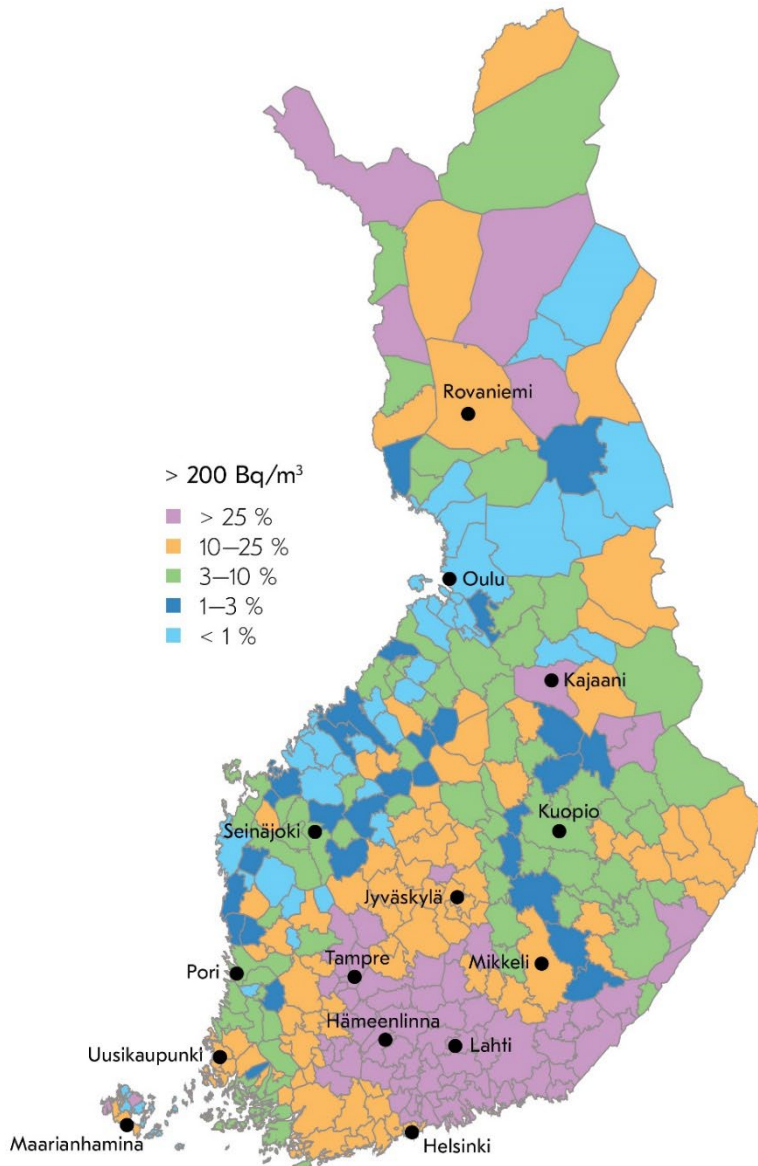
The concentration data recorded in the radon database overestimate the radon concentrations of all Finland, because dwellings are measured more frequently in areas known for high radon concentration values than elsewhere.

13.2 Radon communications

STUK provided information related to radon in the indoor air of dwellings in various ways in 2021. The authorities' radon working group (participants: STUK, Ministry of Social Affairs and Health, National Supervisory Authority for Welfare and Health, Ministry of the Environment, AVI/Health and Occupational Safety and Health, Association of Finnish Local and Regional Authorities, Finnish Society of Building Inspectors) prepared a radon risk communication plan, according to which each party involved in the working group will communicate about radon monthly. STUK carries out communications for its part. For instance, STUK presented its radon data resources in a webinar organised by Tulanet, which was aimed at municipal decision-makers. STUK also organised a mini social media campaign in cooperation with Sometehdas Oy on Facebook, Instagram and LinkedIn. The aim was to display previously created animation videos concerning radon measurements and repairs in dwellings for target groups.

STUK organised a webinar on radon in dwellings and other premises used by people together with Valvira and the Ministry of Social Affairs and Health. The webinar was aimed at health protection authorities. STUK organised a radon repair clinic webinar for residents and housing company representatives. STUK also published extensive online training material on radon measurements (koulutus-radonin-mittaaminen.stuk.fi). Four newsletters on radon were published.

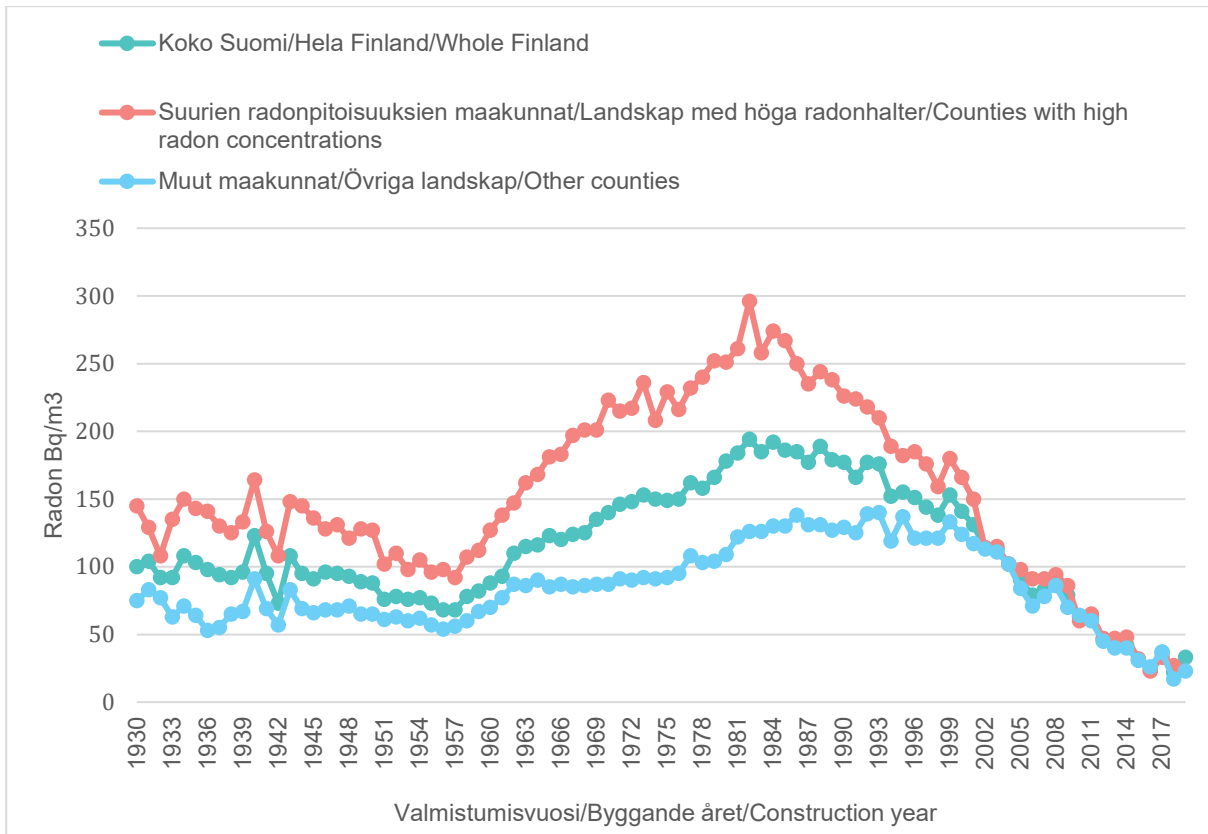
The implementation of the measures recommended in the National Radon Action Plan (KATORRE) under the Radiation Act was monitored at STUK and in the authorities' radon working group.



Kuva 13.1. Uusille rakennuksille asetetun suunnittelu- ja rakentamisen radonpitoisuuden viitearvon 200 Bq/m³ ylitysten osuudet kunnittain pientaloissa kansallisen radontietokannan 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 den nationella radondatabasen.

Fig. 13.1. Percentages exceeding the reference level of 200 Bq/m³ set for the design and construction of new buildings in detached and semi-detached dwellings according to national radon database.



Kuva 13.2. Pientaloissa mitattujen radonpitoisuuksien mediaanit rakennusvuoden mukaan maakunnissa, joissa tiedetään olevan suuria radonpitoisuuksia (Etelä-Karjala, Kanta-Häme, Kymenlaakso, Pirkanmaa, Päijät-Häme ja entinen Itä-Uusimaa) ja muissa maakunnissa sekä koko Suomessa. Aineistona on kansalliseen radontietokantaan tallennetut tiedot.

Bild 13.2. Medianer för radonhalter som uppmätts i småhus enligt byggår i landskap där man vet att radonhalterna är höga. (Södra Karelen, Egentliga Tavastland, Kymmenedalen, Birkaland, Päijänne-Tavastland och före detta Östra Nyland) och i de övriga landskapen samt i hela Finland. Materialet består av uppgifter som lagrats i den nationella radondatabasen.

Fig. 13.2. Median radon concentrations measured in detached and semi-detached houses by year of construction in counties known to have high radon concentrations. (Southern Karelia, Tavastia Proper, Kymenlaakso, Pirkanmaa, Päijänne Tavastia and the former Eastern Uusimaa), in other regions, and all of Finland. Data obtained from the national radon database.

Taulukko 13.1. STUKin radonmittauspurkeilla mitattuja radonpitoisuuksia asunnoissa vuosina 2015 – 2021. Ko. haku on rajattu seuraavasti: Mittauksen lopetuspäivämäärä 1.1. – 31.12.

Tabell 13.1. Radonhalter i bostäder som uppmätts med STUKs radonmättningsburkar åren 2015 – 2021. Sökningen är begränsad enligt följande: Slutdatum för mätningen 1.1 – 31.12.

Table 13.1. Radon concentrations measured by STUK using alpha track radon detectors in dwellings, 2015 – 2021. The data search has been limited as follows: Final date of the measurement 1 Jan –31 Dec.

Vuosi- keskiarvo Bq/m ³	Asuntomittausta (kpl)						
	v. 2015	v. 2016	v. 2017	v. 2018	v. 2019	v. 2020	v. 2021
≤ 300	5338	4478	7499	6096	4022	3049	2577
> 300	1175	924	1242	1131	887	520	477
> 1500	73	66	67	53	52	23	27
Yhteensä	6513	5402	8741	7227	4909	3569	3054

Vuosi- keskiarvo Bq/m ³	STUKin tekemistä asuntomittauksista (%)						
	v. 2015	v. 2016	v. 2017	v. 2018	v. 2019	v. 2020	v. 2021
≤ 300	82	83	86	84	82	85	84
> 300	18	17	14	16	18	15	16
> 1500	1	1	1	1	1	1	1



Kuva 13.3. Asunnon sisäilman radonpitoisuuden mittaus käynnissä mittauspurkillä.

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.