

# KESKKONNA IONISEERIVA KIIRGUSE SEIRE

## 2009. AASTA TULEMUSED

### EESSÕNA

Keskkonna ioniseeriva kiirguse seire (kiirgusseire) üldiseks eesmärgiks on informatsiooni kogumine kõigi keskkonnasfääride radioaktiivsuse tasemete kohta eesmärgiga kaitsta inimest ja elusloodust ioniseeriva kiirguse kahjuliku mõju eest. Keskkonna kiirgusseire tulemused on oluliseks taustinformatsiooniks kiiritustasemeid reguleerivate normatiivide väljatöötamisel ning kasutatavad ka keskkonnateaduslikes uuringutes.

Euroopa Liidu liikmesriigina on meil kohustus järgida Euroopa Aatomienergiaühenduse EURATOM Asutamislepingu artiklite 35 ja 36 nõudeid. Artikkel 35 sätestab, et liikmesriik peab looma vajalikud vahendid õhu, vee ja pinnase radioaktiivsustaseme pidevseireks ja põhstandardite järgimiseks. Artikli 36 kohaselt tuleb esitada andmed kontrollide kohta etteantud vormis perioodiliselt Euroopa Komisjonile, et komisjon oleks teadlik elanikkonnale mõjuva radioaktiivsuse tasemest.

Eestis on EURATOM asutamislepingu kiirguskaitse nõuete praktiliseks täideviijaks alates veebruarist 2009 Keskkonnaamet (varem Kiirguskeskus). Kiirgusseiret korraldatakse igaaastase seireprogrammi alusel.

Euroopa Liidu maades on keskkonna kiirgusseires rakendatud ühtne meetoodika, mis on kirjeldatud Euroopa Komisjoni soovitusel 2000/473/Euratom 8. juunist 2000. Eestis teostatavas keskkonna kiirgusseire programmis arvestatakse nimetatud soovitusi 2002. aastast. Lisaks tugineb kiirgusseire järgmistele seadusandlikele ja rahvusvahelistele alusdokumentidele: Kiirgusseadus, Keskkonnaseire seadus, EN direktiiv 96/29/EURATOM, EN direktiiv 87/600/EURATOM, HELCOME soovitus nr 18/1.

Arvestades, et Eesti pindala on väike ning looduskeskkond võib saada reostatud mõnes naaberriigis toimunud ulatusliku kiirgushädaolukorra või tuumavarii tagajärjel, vaadeldakse seireprogrammis Eestit ühe geograafilise regioonina. Seirejaamade võrk on üles ehitatud hõrevõrgu põhimõttel ning proovide analüüsiks kasutatakse kõrge tundlikkusega meetodeid.

Kiirgusseire esmaseks ülesandeks on avastada ja jälgida inimtegevuse poolt esile kutsutud radioaktiivsuse tõusu, pannes pearõhu kunstlike radioisotoopide leviku uurimisele. Oluliseks väljundiks on hoiatava informatsiooni andmine keskkonna radioaktiivse saastumise kohta võimalike tuumaavariide korral naaberriikides jt õnnetuste korral, mille tagajärjel toimub radioaktiivse materjali vabanemine keskkonda. Kuna Eesti lähialadel paikneb mitu tuumajaama (Loviisa Soomes, Sosnovõi Bor Venemaal ja Ignalina Leedus) on keskkonna kiirgustaseme seire igati õigustatud. Kokkupuudet looduslike kiirgusallikatega kontrollitakse enamasti teadusuuringutega, kui on alust arvata, et looduslikud radionukliidid põhjustavad elanike kiirituse olulist suurenemist (nt radoon ja joogivees esinevad looduslikud radionukliidid). Uuringute tulemused on esitatud vastavates aruannetes.

Kiirgusseire teostamisel arvestatakse, et radionukliide sisaldavad ained liiguvad looduskeskkonna eri sfäärides küllalt erinevalt. Näiteks tuumaavariides satub radioaktiivne saaste eelkõige atmosfääri, kus viibib lühiajaliselt, kuid võib kanduda üle laialdase maa-ala. Hüdrofääri satub radioaktiivne saaste eelkõige atmosfääri kaudu, tuumaobjektide vahetus

läheduses olevad veekogud võivad saastuda ka otseselt. Radioaktiivsete ainete viibimisaeg hüdroosfääris on oluliselt pikem. Maapind, veekogude põhjasetted ja osa elusloodusest toimivad radioaktiivsete ainete deponeerijatena, kuigi ka seal toimub radionukliidide migratsioon. Inimesele otseselt mõjuva ioniseeriva kiirguse ohtlikkuse seisukohalt on nimetatud sfäärid samuti erinevad. Kõige kriitilisem (kuigi kõige lühiajalisema mõjuga) on selles aspektis atmosfäär, kuna õhu sissehingamisel satuvad radioaktiivsed saasteained organismi. Ohtlik on ka inimese toiduahelaga seotud biosfääri ja hüdroosfääri saastumine. Radioaktiivsete ainete erinev mobiilsus keskkonnasfäärides ja ohtlikkuse määr on olulisteks teguriteks keskkonna kiirgusseire strateegia väljatöötamisel ning meetodite valikul.

## MÕISTED

**Aktiivsus** – tuumasiirete toimumise kiirus radioaktiivses aines. Kasutatakse radionukliidi hulga mõõtmiseks. Ühik bekerell, sümbol Bq. 1 Bq on üks spontaanne tuumasiire sekundis.

**Efektivdoos** – doosisuurus, mis väljendab kiirguse poolt tekitatavat kahju. Saadakse kui ekvivalentdoos igale koele või organile korrutatakse läbi vastava koefaktoriga ning summeeritakse. Ühik siivert, sümbol Sv.

**Ekvivalentdoos** – doos koele või organile, mis väljendab koele või organile tekitatud kahju suurust. Saadakse kui neeldunud doos korrutatakse kiirgusfaktoriga, mis võimaldab arvesse võtta erinevate kiirgusliikide erinevat tervisekahjulikkust koele.

**Ioniseeriv kiirgus** – kiirgus, mis on võimeline tekitama kiirguskaitse seisukohalt bioloogilistes materjalides ioonpaare. Näited on alfaosakeste kiirgus, beetakiirgus, gammakiirgus, röntgenkiirgus ja neutronite kiirgus.

**Kiirgushädaolukord** - radioaktiivsete ainetega või ioniseeriva kiirgusega seotud mistahes olukord, millega kaasneb keskkonna ulatuslik saastumine või mis võib põhjustada elanikukiirituse piirmäärade ületamist.

**Radioaktiivsus** – aatomituumade omadus iseeneslikult laguneda, mille tulemusena vabaneb energia ja üldjuhul tekivad uued tuumad. Protsessiga kaasneb tavaliselt ka kiirguse emissioon.

**Radionukliid** - radioaktiivne nukliid ehk aatomituum, mis on võimeline iseeneslikult lagunema ja mida eristatakse massi ja aatomnumbri järgi.

**Kiiritus** – inimese mõjutamine ioniseeriva kiirgusega, kusjuures kiirituse toimet mõõdetakse doosi suurusega.

**Neeldunud doos** – energia hulk, mille ioniseeriv kiirgus annab üle aine – näiteks inimkoe massiühikule, seda väljendatakse ühikuga grei, Gy.

**Radioaktiivne saastumine** – radioaktiivsete ainete esinemine esemete või inimkeha sees või pinnal või sellises kohas, kus nad on ebasoovitavad või kahjulikud.

## Kiirgusseire 2009. aastal

2009. aastal jälgiti atmosfääri üldise gammakiirguse taset ja atmosfääri õhusakeste radioaktiivsust, mõõdeti pinnavee, joogivee, Eestis toodetud toorpiima, inimese üldise toiduratsiooni ning erinevate toiduainete (sh metsamarjade ja-seente) radioaktiivsust. Kuna Eesti osaleb Läänemere Keskkonnakaitsekomisjoni (HELCOM) mereseire programmis, siis on kiirgusseiresse lülitatud ka merekeskkonna jälgimine, mille käigus määrati merevee radioaktiivsus. Inimtegevuse mõju hindamisel jälgiti Eesti suurema ohuga kiirgustegevuskohtade ümbruses looduskeskkonna radioaktiivsuse taset.

2009. aasta seireprogrammis jätkatakse Eesti kultuurökosüsteemidest toodetud toiduainete ja looduskeskkonnas kasvanud seente ja marjade radioaktiivsuse seiret ning inimese päevase toiduratsiooni seiret. Samuti jätkub AS A.L.A.R.A ja AS Silmet kiirgustegevuskohtade lähialade keskkonnaseire, mida tehakse sõltumatult kiirgustegevusoperaatori poolt teostatavast seiret.

Kiirgusseire programmi täitmise käigus määrati proovides kunstlike radionukliidide  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , looduslike radionukliidide  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ja  $^{228}\text{Ra}$  ning  $^3\text{H}$  aktiivsuskontsentratsioon. Täpsema ülevaate proovide arvu, neis analüüsitud radionukliidide ja proovivõtmise sageduse kohta annab järgnev tabel (vt Tabel 1).

Tabel 1. 2009. aastal võetud proovide iseloomustavad andmed.

Proovi liik	Sagedus	Proovivõtu kohtade arv	Proovide arv aastas	Analüüsitud nukliidid	Ühik
Jõgede vesi	1 kord kvartalis	2	8	$^{137}\text{Cs}$	Bq/m <sup>3</sup>
Joogivesi	2 korda aastas	2	4	$^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^3\text{H}$ , $^{226}\text{Ra}$ , $^{228}\text{Ra}$	Bq/m <sup>3</sup>
Inimese päevane toiduratsioon	2 korda aastas	2	4	$^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{90}\text{Sr}$	Bq/proov
Piim	1 kord kvartalis	3	12	$^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{90}\text{Sr}$	Bq/l
Metsamarjad	1 kord aastas	2	2	$^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$	Bq/kg
Metsaseened	1 kord aastas	1	1	$^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$	Bq/kg
Toiduained	1 kord aastas	2	6	$^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$	Bq/kg
Ulukiliha	1 kord aastas	1	1	$^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$	Bq/kg
AS A.L.A.R.A kontrollpuurkaevude vesi	1 kord kvartalis	4	16	$^3\text{H}$	Bq/l
Õhusakesed	1 kord nädalas	3	156	$^{137}\text{Cs}$ , $^7\text{Be}$	Bq/m <sup>3</sup>
Gammakiirguse doosikiirus	pidev	10 jaama	pidev	Gammakiirguse doosikiirus	nSv/h

Radionukliidid satuvad õhust ja veest pinnasesse ning toiduainetesse ja võivad sel moel mõjutada ka inimest.

Looduslike radionukliidide allikaks on kosmiline kiirgus, gammakiirgus maapinnast, radooni lagunemisproduktid õhus, ja erinevad radionukliidid, mis esinevad looduslikult toidus ja

joogis. Kõik inimesed puutuvad loodusliku kiirgusega suuremal või vähemal määral kokku. Üldiselt ollakse seisukohal, et see ei kujuta märkimisväärset ohtu tervisele.

Tehislike radionukliidide allikaks on radioaktiivne saaste, mis tekib tuumarelvade katsetamisel atmosfääris, tuumatööstuse radioaktiivsete jäätmete vabanemine keskkonda, tööstuslik gammakiirgus, ja muud tekitajad nagu näiteks tarbekaubad. Lisaks võivad radioaktiivsed ained sattuda keskkonda õnnetuse tagajärjel tuumaelektrijaamas, militaarrajatistest, uurimisasutustest ning haiglatest.

Keskkonnaameti koostööpartneriks olid atmosfääriseire võrgu tehnilisel teenindamisel Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut, piimaproovide võtmisel Veterinaar- ja Toiduamet, merekeskkonna proovide võtmisel TÜ Mereinstituut ning inimese päevase toiduratsiooni proovide võtmisel haiglate köögipersonal. Ülejäänud proovid koguti Keskkonnaameti kiirgusosakonna spetsialistide poolt.

## ATMOSFÄÄRI KIIRGUSSEIRE

Atmosfääri seire põhieesmärgiks on teistest riikidest lähtuva radioaktiivse saastumise varane avastamine, mis võimaldab õigeaegselt vastu võtta otsuseid vastuabinõude kohta. Selleks jälgitakse kümne automaatjaamaga reaajas atmosfääri summaarset gammakiirgust üle kogu Eesti territooriumi. Lisaks mõõdetakse süstemaatiliselt õhuga kanduvate osakeste radioaktiivsust kolmes filterjaamas. Seirevõrku on haaratud Eesti piirialad ning suuremate linnade ümbrus. Peale rahvusvahelise eelhoiatuse on see ainuke kiire moodus varakult avastada Eesti kohale kanduv radioaktiivne saaste. Saadav informatsioon on aluseks elanikkonna teavitamisele kiirgusohust ja kiirguskaitsealaste kiireloomuliste meetmete rakendamisele.

Kõik vaatlusjaamad va Tallinna jaam asuvad meteoroloogiajaamades. Mõõtmised toimuvad avatud maastikul 2-3 meetri kõrgusel maapinnast. Mõõtejaamade asukohad ja täpsed koordinaadid on esitatud tabelis (vt Tabel 2).

Tabel 2. Atmosfääri radioaktiivsuse seire vaatlusvõrk

Nr.	Vaatlusjaam	gamma-kiirguse doosikiiruse seire	Õhuosakesed ja Aerosoolid	Koordinaadid	
				Põhjalaius	Idapikkus
1.	Harku		<b>F</b>	59 23 50	24 35 58
2.	Kunda	<b>A</b>		59 31 05	26 32 44
3.	Kärdla	<b>A</b>		58 59 38	22 49 19
4.	Mustvee	<b>A</b>		58 51 55	26 57 09
5.	Narva-Jõesuu	<b>A</b>	<b>F</b>	59 27 46	28 02 45
6.	Pärnu	<b>A</b>		58 22 53	24 30 00
7.	Sõrve	<b>A</b>		57 54 45	22 03 25
8.	Tallinn	<b>A</b>		59 26 55	22 43 00
9.	Tõravere		<b>F</b>	58 15 53	26 27 42
10.	Türi	<b>A</b>		58 48 34	25 24 35
11.	Valga	<b>A</b>		57 47 18	26 02 00
12.	Võru	<b>A</b>		57 50 43	27 01 10

**A** - gamma-kiirguse doosikiiruse mõõtmine reaajas,

**F** - õhuosakeste ja aerosoolide kogumine filterseadmete abil.

## Gammakiirguse doosikiiruse seire

Atmosfäärist ja maapinnast lähtuvat üldise gammakiirguse taset jälgiti reaajas kahe sõltumatu automaatvõrgu abil.

Vanem alamvõrk koosneb kolmest Soome päritolu AAM-95 tüüpi jaamast (asukohaga Sõrve, Türi, Võru). Nimetatud süsteem mõõdab Geiger-Müller detektoriga ainult summaarse gammakiirguse doosikiirust.

Üleriigilise võrgu uuem osa koosneb seitsmest Taani päritolu täisautomaatselt PMS-jaamast (*Permanant Measuring Station*, asukohaga Tallinn, Pärnu, Narva-Jõesuu, Mustvee, Valga, Kunda, Kärkla), kus on kasutusel kahte tüüpi detektorid. Geiger-Müller detektor mõõdab summaarse gammakiirguse doosikiirust ning NaI(Tl) kristallil baseeruv detektor gammakiirgust spektraalsel kujul. Viimane võimaldab teha vahet loodusliku ja tehisliku päritoluga radionukliidide poolt tekitatud doosikiirusel ja identifitseerida radionukliide. Lisaks on PMS-jaamad varustatud vihmadetektori, temperatuurisensori ja niiskussensoriga. PMS-jaamad töötavad pidevalt reaajas alates 1997. aastast.

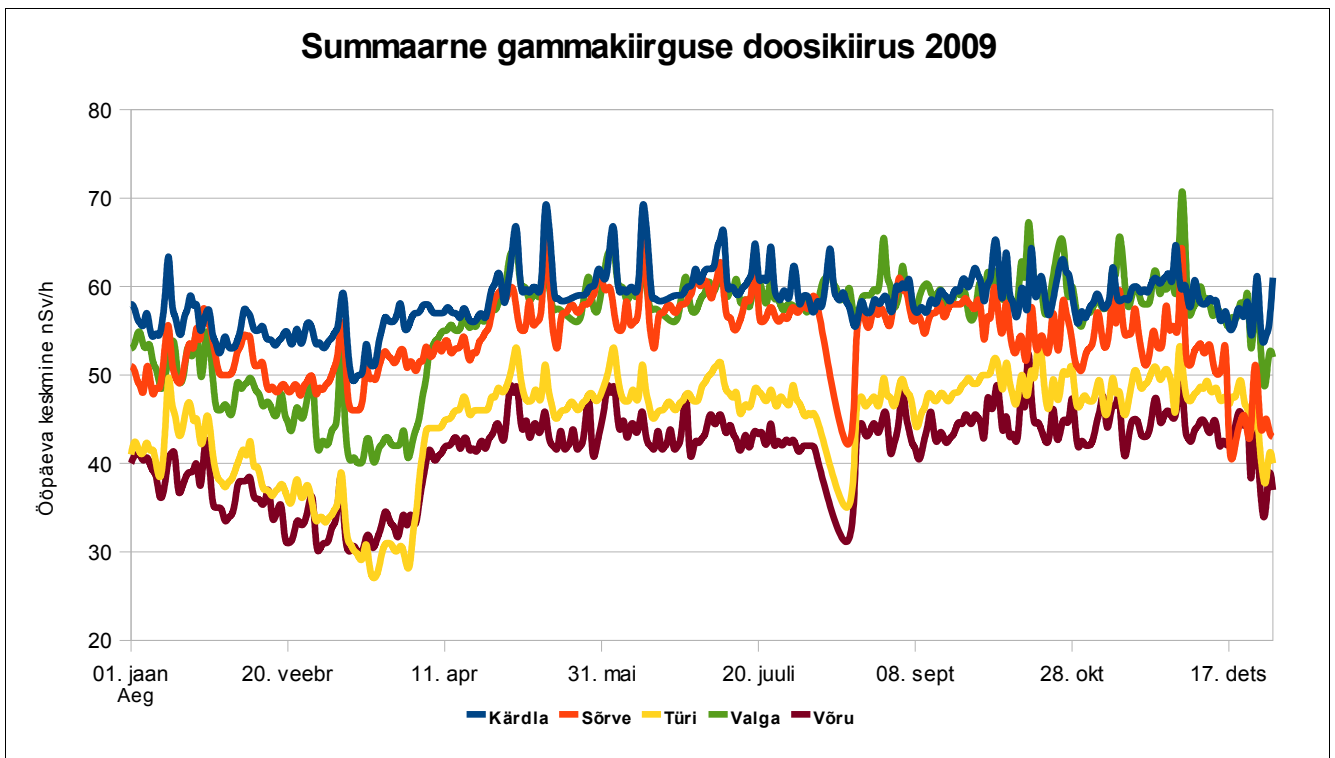
Tavaolukorras edastatakse seireandmed jaamadest telefonivõrgu kaudu üks kord ööpäevas Kiirguskeskuse serverisse, hädaolukorras vastavalt vajadusele tihemini. Igas jaamas on võimalik reguleerida mõõtmiste integratsiooniaega ja andmete edastamise intervalli. Minimaalne mõõteperiood on 10 minutit. Kindlaks määratud tasemest kõrgema väärtuse avastamisel saadab jaam keskserverile häireteate.

Andmed edastatakse iga kümne minuti tagant ka Itaalias Ispras asuvale EURDEP-andmebaasi, kus need on kättesaadavad asutustele ja elanikele üle kogu Euroopa.

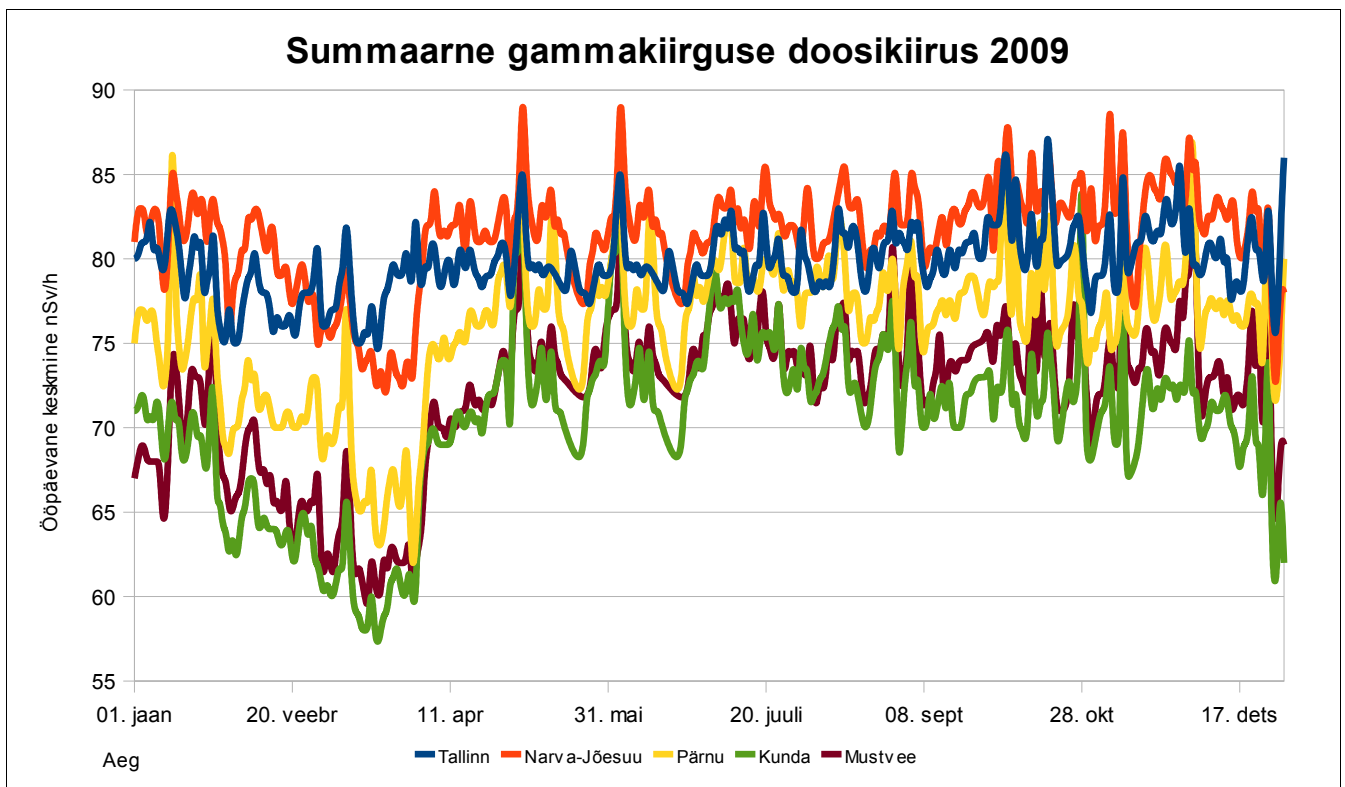
Kuude keskmised gammakiirguse doosikiiruse väärtused 2009. aastal jäid Eesti erinevates piirkondades automaatjaamade poolt mõõdetud andmete põhjal vahemikku 38–84 nSv/h. Aasta keskmised tulemused olid järgmised: Kärklal 59 nSv/h, Kundas 69 nSv/h, Mustvees 72 nSv/h, Narva-Jõesuus 82 nSv/h, Pärnus 76 nSv/h, Sõrves 54 nSv/h, Tallinnas 80 nSv/h, Türil 45 nSv/h, Valgas 56 nSv/h, ja Võru jaamas 41 nSv/h. Aasta keskmine gammakiirguse doosikiirus üle kogu vaatlusvõrgu oli 63 nSv/h, mis on lähedane viimaste aastate keskmisele tulemusele. Selline kiirgusfoon põhjustab inimesele aastas kesmiselt 0,6 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi. Kõrgeimaks tulemuseks mõõdeti 91 nSv/h. Selline tulemus saadi nii Narva-Jõesuu kui Pärnu jaamas mitmel korral aasta jooksul. Gammakiirguse doosikiiruse looduslik varieeruvus üldiselt on kuni 300 nSv/h.

Kõrgendatud väärtused üksikutel päevadel on põhjustatud sademete poolt atmosfäärist välja pestud peamiselt looduslikest radionukliididest. Doosikiiruse miinimum talvisel ajal sõltub lumikatte paksusest ja kestvusest antud piirkonnas. Gammakiirguse doosikiiruse kõikumine 2009. aastal erinevates jaamades on ära toodud joonisel (vt Joonis 1a ja Joonis 1b).

Joonis 1a: Summaarne gammakiirguse doosikiirus



Joonis 1b: Summaarne gammakiirguse doosikiirus.



Gammakiirgus on PMS tüüpi jaamade andmetel põhjustatud valdavalt looduslikest radionukliididest. Tehislike radionukliidide tekitatud doosikomponent jäi spektri töötlemise arvutusvigade piirimaile ja moodustas vähem kui 10 % summaarsest doosikiirusest. Varase hoiatamise süsteemis ette antud alarmi taset ületavaid väärtusi ei fikseeritud üheski jaamas.

## Õhuosakeste seire

Atmosfääriosakeste ja aerosoolide radioaktiivsuse seiret viiakse läbi kolmes jaamas: Harkus, Narva-Jõesuus ja Tõraveres. Jaamades eksponeeritakse filtreid mõõteajaga 1 nädal ning analüüsitakse seejärel gammaspektromeetriliselt Kiirguskeskuse laboris. Eesmärgiks on täpselt identifitseerida radionukliidid ning määrata nende minimaalseid sisaldusi õhus. Võrreldes tasemetega, millele reageerivad doosikiirust mõõtvad automaatjaamad, võimaldab suurte õhukoguste filtreerimine ja filtrite gamma-spektromeetriline analüüs avastada õhus kaks kuni kolm suurusjärku väiksemaid aktiivsuskontsentratsioone.

Praegusel ajal on atmosfääri radioaktiivsus väga madal ning kasutatav seiremeetod võimaldab usaldusväärselt mõõta ainult loodusliku kosmogeense isotoobi  $^7\text{Be}$  ja kunstliku isotoobi  $^{137}\text{Cs}$  nukliidide aktiivsuskontsentratsiooni. Radioaktiivset saastumist väljendavate teiste võimalike indikaatorisotopide ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{103,106}\text{Ru}$  jt) ja looduslike terrestriliste radioisotopide nukliidide sisaldus oli väiksem meetodi tundlikkuse lävest. Atmosfääri radioaktiivsuse saaste kõige olulisemaks indikaatorisotobiks on  $^{137}\text{Cs}$ , mida leidub õhus väga väikesel määral ka praegusel ajal. Alati leidub atmosfääris looduslikku radioisotoopi  $^7\text{Be}$ .

Harkus on alates 1995. aastast kasutusel TA Konstrueerimisbüroo poolt valmistatud suure võimsusega õhu proovide filterseade, kus pumbatakse õhk läbi Petrianovi filtri (õhuvoolumaht u 2600 m<sup>3</sup>/h).

1996. aasta lõpus paigaldati Narva-Jõesuusse suure võimsusega õhuproovide filterseade Snow White JL-900 (Senya OÜ, Soome), eesmärgiga avastada võimalikult vara õhu saastumine juhul, kui peaks toimuma avarii Leningradi Aatomielektrijaamas Sosnovõi Boris, mis asub umbes 60 km kaugusel Eesti piirist. Seade kogub õhuosakesi ja aerosooli klaasfiiber filtrile.

1997. aastal paigaldati Kagu-Eestisse Tõraverre väiksema võimsusega õhuproovide filterseade Hunter JL-150 (Senya OÜ, Soome). Jaamas on kasutusel klaasfiiber filtrid.

$^7\text{Be}$  ja  $^{137}\text{Cs}$  aktiivsuskontsentratsiooni väärtused Harku filterjaama õhus ulatusid 2009. aastal maksimaalselt vastavalt kuni  $3,87 \cdot 10^{-3}$  Bq/m<sup>3</sup> ning kuni  $1,32 \cdot 10^{-6}$  Bq/m<sup>3</sup>. Aasta keskmised tulemused nimetatud jaama poolt mõõdetuna olid vastavalt  $1,91 \cdot 10^{-3}$  Bq/m<sup>3</sup> ja  $5,34 \cdot 10^{-7}$  Bq/m<sup>3</sup>.

Narva-Jõesuu filterjaama õhus oli  $^7\text{Be}$  aktiivsuskontsentratsioon maksimaalselt kuni  $6,69 \cdot 10^{-3}$  Bq/m<sup>3</sup> ning  $^{137}\text{Cs}$  väärtus kuni  $2,89 \cdot 10^{-6}$  Bq/m<sup>3</sup>. Aasta keskmised tulemused olid vastavalt  $3,05 \cdot 10^{-3}$  Bq/m<sup>3</sup> ja  $1,44 \cdot 10^{-6}$  Bq/m<sup>3</sup>.



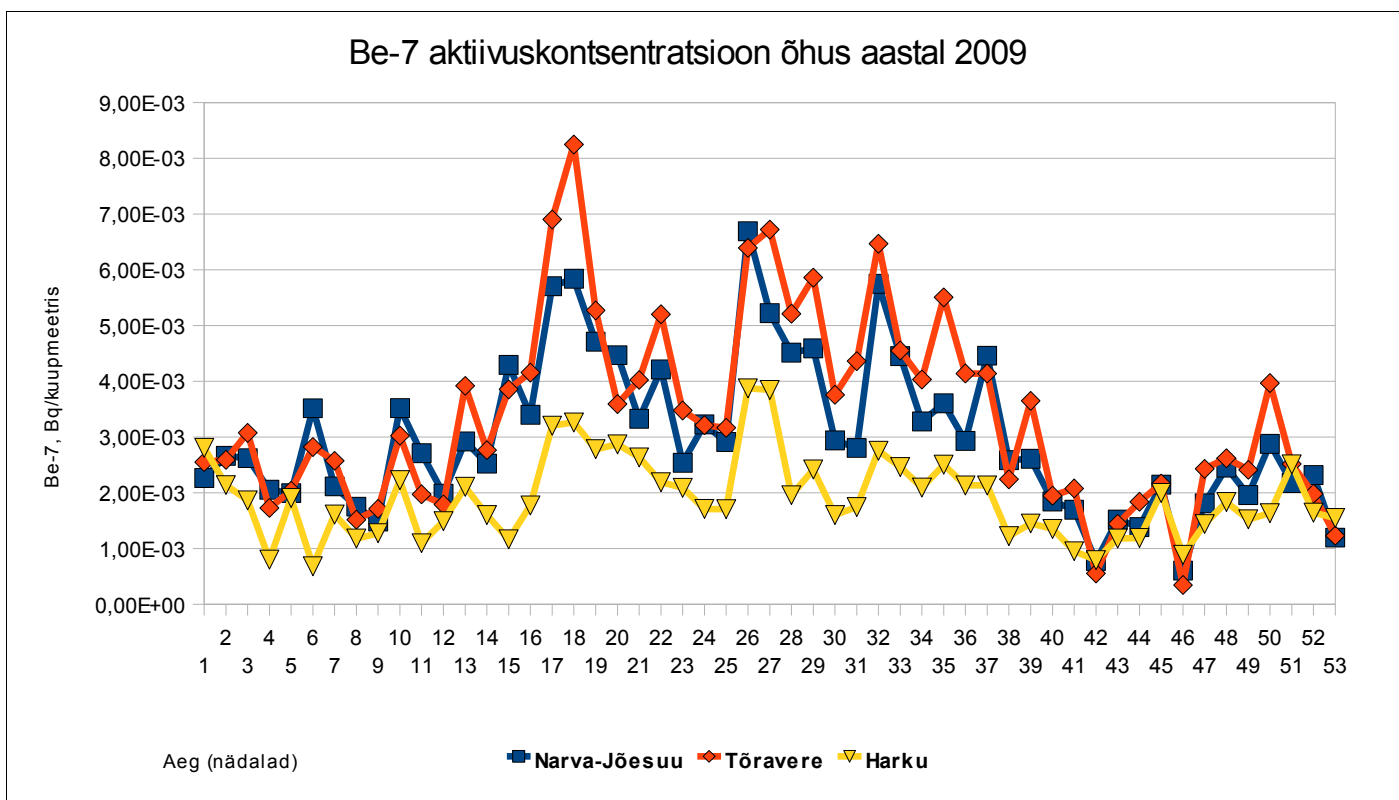
Tõravere filterjaamas mõõdeti  $^7\text{Be}$  maksimaalne tulemus  $8,25 \cdot 10^{-3}$ , aasta keskmine väärtus oli  $3,43 \cdot 10^{-3}$  Bq/m<sup>3</sup>. Tõravere filtritel oli  $^{137}\text{Cs}$  maksimaalne tulemus  $2,45 \cdot 10^{-6}$ . Aasta keskmine väärtus oli  $1,30 \cdot 10^{-6}$  Bq/m<sup>3</sup>.

Mõõdetud tulemused on lähedased eelmiste aastate keskvaartustega neist seirejaamadest. Sellise õhu sissehingamisel on  $^{137}\text{Cs}$  poolt saadav oodatav efektiivdoos marginaalse suurusega jäädes allapoole taset 1 nSv aastas.

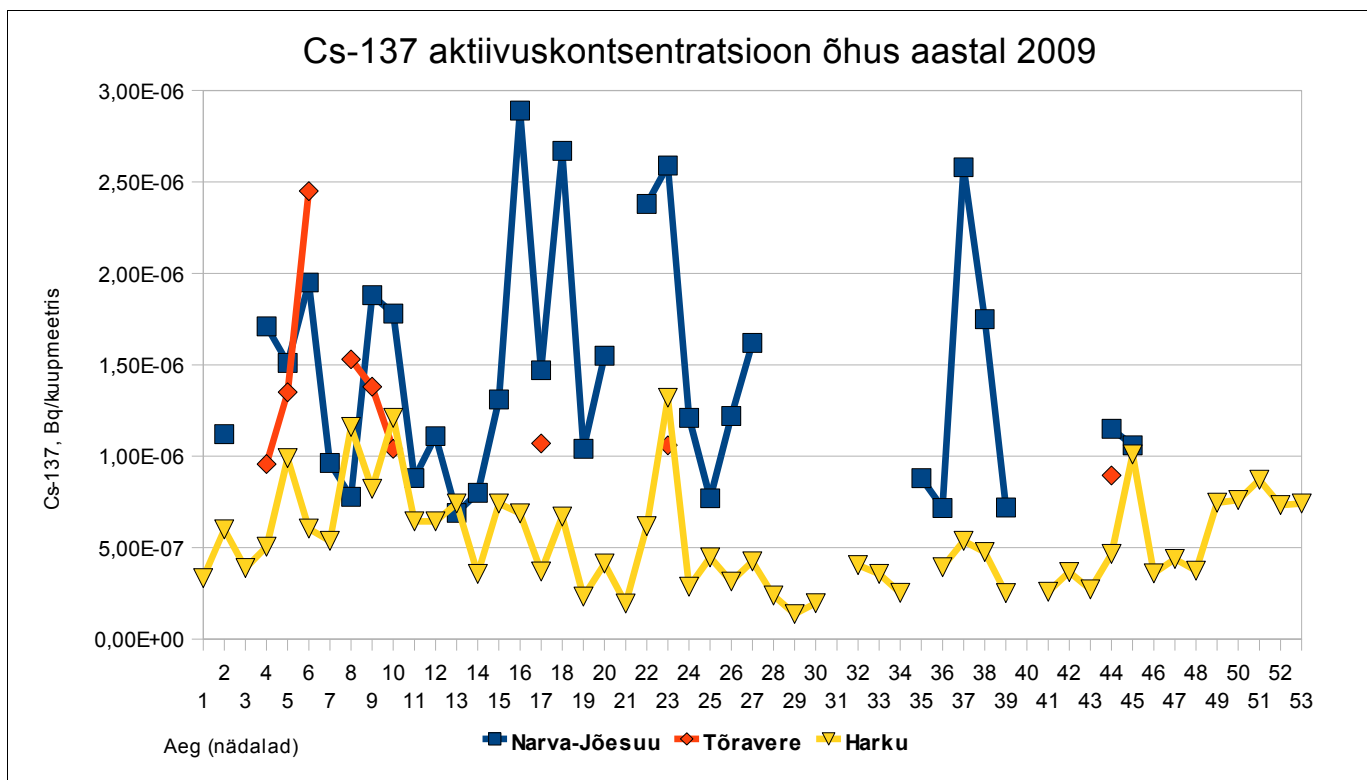
Tulemuste põhjal võib järeldada, et viimasel ajal ei ole toimunud Eesti naaberaladel tehisradionukliidide olulist pihkumist atmosfääri. Õhuproovides sisalduv  $^{137}\text{Cs}$  pärineb peamiselt kahest järgnevast allikast: intensiivsete tuumakatsetuste ajast pärinevast atmosfääri globaalsest saastumisest ja maapinnale sadenenud Tšernobõli päritoluga radioaktiivsest aineist, mida tuultega, aga ka metsa- ja rabapõlengute käigus uuesti atmosfääri paisatakse. Sellega on seletatav ka paarikordne erinevus Narva-Jõesuu, Harku ja Tõravere õhu  $^{137}\text{Cs}$  sisalduses.

Aktiivsuskontsentratsiooni kõikumised 2009. aasta jooksul erinevates filterjaamades on toodud joonisel (vt Joonis 2a ja Joonis 2b. Puuduvate andmete puhul on tegu kontsentratsioonidega mis jäävad allapoole detekteerimise piiri).

**Joonis 2a:**  $^7\text{Be}$  aktiivsuskontsentratsioon õhus 2009. a.



Joonis 2b:  $^{137}\text{Cs}$  aktiivuskontsentratsioon õhus 2009. a.



## Jõgede vee seire

Pinnavete kiirgusseire raames jälgiti Soome lahte suubuva Narva jõe ja Liivi lahte suubuva Pärnu jõe kui suurimate Balti merre suubuvate jõgede radioaktiivsust. Neist esimese vesi iseloomustab väga ulatuslikku valgala, kuhu jäävad ka Eesti ning Loode-Venemaa Tšernobõli tuumakatastroofi käigus saastunud alad. Pärnu jõe valgala on deponeerunud põhiliselt globaalsest atmosfäärisaastumisest pärinevad radioisotoobid.

Seirejaamad jõgedel on valitud selliselt, et proovides oleks välistatud merevee mõju. Pärnu jõe vee proov võetakse Sindi maantee sillal vahetust lähedusest. Narva jõest võetakse veeproov umbes 7 km kauguselt jõe suudmest ülesvoolu Narva ja Narva-Jõesuu vahelise maantee äärest. Jõe vee proovid (mahuga 30 liitrit) koguti kord kvartalis.

Jõgede vee radioaktiivsuse jälgimine võimaldab hinnata maismaalt merre kantavate radioaktiivsete ainete koguhulka. Peamist huvi pakuvad kunstlikud isotoobid, mille merekeskkonda koormav koguaktiivsus sõltub jõgede valgala radioaktiivse saastumise tasemest ja merre kantavast veehulgast.

$^{137}\text{Cs}$  aktiivsuskontsentratsioon jõgede vees on osutunud väga madalaks, jäädes allapoole analüüsimeetodi tundlikkuse läve (vt Tabel 3). Viimane on kaks suurusjärku väiksem Euroopa Komisjoni soovituslikust informeerimistasemest, mis on 1 Bq/l. Arvestades jõgede keskmisi aastasi vooluhulki, kantakse nende poolt merre vähem kui 50 GBq  $^{137}\text{Cs}$  aastas. Soome lahes on  $^{137}\text{Cs}$  aktiivsuskontsentratsioon vees viimastel aastatel 20-40 Bq/m<sup>3</sup>, mis ületab umbes suurusjärgu võrra vastavaid väärtusi pinnavees.

Tabel 3.  $^{137}\text{Cs}$  aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Narva ja Pärnu jõe vees.

Jõgi	Seirejaama koordinaadid		Proovivõtu kuupäev	Analüüsitud proovi kogus (l)	$^{137}\text{Cs}$ aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l)
	Põhjalaius	Idapikkus			
Narva jõgi	59 25 50	28 07 41	27.03.2009	32,4	<0,004
			01.06.2009	32,4	<0,004
			17.08.2009	32,4	<0,004
			16.11.2009	32,4	<0,004
Pärnu jõgi	58 25 02	24 40 16	27.03.2009	32,4	<0,004
			01.06.2009	32,4	<0,004
			17.08.2009	32,4	<0,004
			12.10.2009	32,4	<0,005

Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

## Joogivee seire

Joogivee seire võimaldab hinnata inimeste poolt sissevõetud radionukliidide hulka ja sellest tingitud oodatavat efektiivdoosi. Joogivee kiirgusseire raames jälgiti kord poolaastas kunstlike radionukliidide  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{90}\text{Sr}$  ning  $^3\text{H}$  nukliidide sisaldust pinnaveest toodetud joogivees (Ülemiste Veepuhustusjaamast väljastatavas joogivees). Lisaks jälgiti Kambrium-Vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees loodusliku päritoluga raadiumi isotoopide  $^{226}\text{Ra}$  ja  $^{228}\text{Ra}$  sisaldust Maardu linnas. Kõik joogivee proovid võeti lõpptarbija juures kraanist (PERH Mustamäe korpuse ja Maardu perearstikeskuse veekraanist).

Joogivee proovides oli  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  ja  $^3\text{H}$  aktiivsuskontsentratsioon allpool kasutatud meetodi määramistundlikkuse taset (vt Tabel 4). Võrdluseks võib nimetada, et määramistundlikkusele vastavad  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{90}\text{Sr}$  sisaldused on umbes tuhat korda väiksemad Maailma Tervishoiuorganisatsiooni poolt soovitatud jälgimistasemetest.  $^3\text{H}$  sisaldus on märgatavalt väiksem Eesti seadusandluses nimetatud nukliidile kohaldatud piirtasemest, mis on 100 Bq/l.

Tabel 4. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) pinnaveest toodetud joogivees .

Proovi nimetus	Proovivõtu kuupäev	Analüüsitud proovi kogus (l)	$^{137}\text{Cs}$ (Bq/l)	$^{90}\text{Sr}$ (Bq/l)	$^3\text{H}$ (Bq/l)
AS Tallinna Vesi, Ülemiste Veepuhustusjaamast väljastatav joogivesi	06.02.2009	32,4	<0,003	<0,003	<3
	17.11.2009	23,4	<0,004	<0,003	<3

Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

Kambrium-vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees Maardu linnas on Kiirguskeskuse poolt läbi viidud seire kohaselt raadiumi isotoopide  $^{228}\text{Ra}$  ja  $^{226}\text{Ra}$  sisaldused olnud märkimisväärsed, vastavalt kuni 0,63 Bq/l ja 0,80 Bq/l (vt Tabel 5). Sellise joogivee aastane tarbimine põhjustab inimestel kuni 0,4 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi (eeldades, te inimene tarbib sellist joogivett 730 liitrit aastas), mis ületab tunduvalt Eesti seadusandluses joogiveele kohaldatavat piirsisaldust. Kõrge raadiumi isotoopide sisaldus Kambrium-Vendi põhjavees on seotud geoloogiliste iseärasustega. Teiste veekomplekside põhjavees on raadiumi sisaldus tehtud uuringute põhjal enamasti märgatavalt väiksem.

Tabel 5. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Kambrium-Vendi põhjaveest toodetud joogivees.

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	$^{228}\text{Ra}$ (Bq/l)	$^{226}\text{Ra}$ (Bq/l)	$^3\text{H}$ (Bq/l)
Kambrium-Vendi joogivesi puurkaevust kat. nr.-ga 379, Maardu, ringi tn. 13a	06.02.2009	0,58±0,07	0,77±0,10	<3*
	12.10.2009	0,53±0,06	0,69±0,06	<3*

Viga väljendab radiomeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist hälvet.

\* Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

## Piima seire

Piima proovid koguti kuude keskmiste proovidena, mis iseloomustavad Harjumaal ja Järvemaal kokku ostetud toorpiima ning Ida-Virumaal toodetud toorpiima. Kuude keskmised proovid ühendati vastava kvartali keskmiseks prooviks, mida analüüsi. Andmed piima radioaktiivsuse kohta on toodud tabelis (vt Tabel 6).

Tabel 6. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Eestis toodetud piimas.

Proovi esinduspiirkond	I kvartal			II kvartal			III kvartal			IV kvartal		
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K
Raplamaa	0,34±0,15*	<0,03	41,3±6,2*	<0,14	<0,03	39,3±5,1*	<0,20	<0,03	37,6±5,5*	<0,22	<0,02	40,5±6,2*
Pärnumaa	<0,18	<0,03	38,9±5,3*	<0,17	<0,03	46,4±5,7*	<0,15	<0,03	39,7±5,8*	<0,16	<0,2	38,4±5,1*
Viljandimaa	<0,18	<0,03	41,0±5,6*	<0,15	<0,03	39,3±5,1*	<0,16	<0,03	38,5±5,0*	<0,23	<0,2	39,7±5,9*

Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

\* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Andmetest järeldub, et praegusel ajal on Eestis toodetud piimas tehislise radionukliidide <sup>137</sup>Cs ja <sup>90</sup>Sr aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning põhjustavad inimestes ainult tühise efektiivdoosi. Näiteks saab väikelaps, kes tarvitab aastas 180 liitri lehmapiima, nimetatud isotoopide sissevõttust oodatava efektiivdoosi kuni 0,0006 mSv. See moodustab ainult umbes ühe tuhandiku aastasest efektiivdoosist, mida põhjustavad loodusliku päritoluga radionukliidid. <sup>137</sup>Cs ja <sup>90</sup>Sr sisalduse jälgimine piimas on siiski väga oluline baasandmete saamisel, kuna need isotoobid migreeruvad kiiresti toiduainetesse.

Loodusliku päritoluga <sup>40</sup>K annab 180 liitri aastase piima tarbimise juures väikelapsele kuni 0,4 mSv suuruse aastase efektiivdoosi ning täiskasvanule sama koguse tarbimise juures 0,07 mSv suuruse doosi.

## Toiduratsiooni seire

Inimese päevase toiduratsiooni proovina käsitleti toidukogust, mille statsionaaris olev haige saab päeva jooksul, kaasa arvatud leivatooted ja joogid. Toiduratsiooni proovides jälgiti kunstlike radionukliidide <sup>137</sup>Cs ja <sup>90</sup>Sr ja loodusliku radionukliidi <sup>40</sup>K sisaldust. Proovid võeti kahel korral aastas SA Põhja-Eesti Regionaal-haigla Mustamäe korpuse ja SA TÜ Kliinikumi köögist.

Määrangute järgi sisaldas päevane toiduratsioon <sup>137</sup>Cs ja <sup>90</sup>Sr nukliide vastavalt vähem kui 0,18 Bq ja 0,03 Bq ning <sup>40</sup>K vähem kui 80 Bq (vt Tabel 7).

Tabel 7. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/päevas) inimese poolt päevas sissesöödavas toiduratsioonis.

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	<sup>137</sup> Cs (Bq/proovis)	<sup>90</sup> Sr (Bq/proovis)	<sup>40</sup> K (Bq/proovis)
Inimese ühe päeva kogu toit, SA PERH Mustamäe korpuses	12.02.2009	0,09±0,05*	<0,024**	100±11*
	17.11.2009	<0,16**	<0,02**	63,3±7,1*
Inimese ühe päeva kogu toit, Tartu Ülikooli Kliinikum	10.02.2009	<0,1**	0,04±0,013*	80,3±8,4*
	16.11.2009	<0,13**	<0,02**	82,0±9,0*

\* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

\*\*Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

Uuritud proov esindab Eesti elanike keskmist toidu tarbimist ja arvatud oodatav efektiivdoos väljendab seega toiduga saadavat keskmist sisekiiritust. Juhul, kui lisaks tavatoiduainetele tarbitakse loodusest korjatud marju ja seeni, võib sissevõttust tingitud kiiritusdoos olla ülaltoodust mõnevõrra suurem, jäädes siiski mitu suurusjärku allapoole märgatavat tervisekahjustust põhjustavat taset.

### Seente ja marjade seire

Looduskeskkonnas kasvanud seente ja marjade seires jälgiti gammakiirgust emiteeriva radioisotoobi <sup>137</sup>Cs aktiivsuskontsentratsiooni Kirde-Eestis Tšernobõli katastroofi käigus saastunud aladelt korjatud metsamarjades ning lisaks ka Edela-Eestist korjatud metsaseentest ja -marjadest. <sup>137</sup>Cs aktiivsuskontsentratsioon marjades oli kuni 10,2 Bq/kg ning seentes kuni 6,4 Bq/kg (vt Tabel 8).

Tabel 8. <sup>137</sup>Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) metsaseentes- ja majades.

Proovi tüüp	Päritolu	Proovivõtmise kuupäev	<sup>137</sup> Cs (Bq/kg)	<sup>40</sup> K (Bq/kg) määrgkaalu kohta
Metsaseened (kukeseened)	Edela-Eesti (Abja)	21.09.2009	6,4±0,5	130±16
Metsamarjad (pohlad)	Edela-Eesti	21.09.2009	6,7±0,4	17,7±5,4
Metsamarjad (Jõhvikad)	Kirde-Eesti (Isaku)	12.10.2009	10,2±0,5	8,7±4,7

Tulemused esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

## Uluki liha seire

Uluki (põdra) lihas, lastud Pärnumaal, analüüsiti  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{40}\text{K}$  sisaldus. Tulemused on toodud tabelis (vt Tabel 9).

Tabel 9.  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{40}\text{K}$  aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l) uluki lihas.

Proovi nimetus	Proovi esitamise kuupäev	$^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg) märgkaalu kohta	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg) märgkaalu kohta
Metssealiha	05.16.2009	27,9±1,1	102±12

Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

## Toiduainete seire

Analüüsiti Eestis toodetud ja enimtarbitavate toiduainete radioaktiivsust. Tulemused on toodud tabelis (vt Tabel 10). Proovid koguti kaubandusvõrgust.

Tabel 10:  $^{137}\text{Cs}$  ja  $^{40}\text{K}$  aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) erinevates toiduainetes.

Proovi tüüp	Päritolu	Proovi võtmise kuupäev	$^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
Kanaliha	Eesti	05.06.2009	< 0,10**	110±12*
Lambaliha	Eesti	05.06.2009	5,1±0,3*	88±10*
Sealiha	Eesti	05.06.2009	< 0,16**	66±8*
Veiseliha	Eesti	05.06.2009	0,65±0,12*	95±11*
Kartul	Eesti	21.09.2009	< 0,20**	116±14*
Teravili	Eesti	21.09.2009	< 0,16**	82±10*

\*Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

\*\*Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

Uuritud toiduainete tarbimisest saadav efektiivdoos on väike. Tehislike radionukliidide poolt põhjustatud doosikomponent jääb mõõdetud tulemuste põhjal alla 6 %.

## Kiirgustegevuskohtade lähialade seire

Kiirgustegevus on mis tahes tegevus, millest võib suureneda inimese kiiritusdoos tehislimest või teatud juhtudel ka looduslikest kiirgusallikatest.

2009. aastal seiras Keskkonnaamet, sõltumatult kiirgustegevusloa omajast, ühe Eesti suurema kiirgustegevuskoha lähialasid. Analüüsi objektide lähiümbruse kontrollpuurkaevude vees  $^3\text{H}$  ja  $^{226}\text{Ra}$  sisaldust.

Lisaks teostavad kiirgustegevuskohtade operaatorid ka iseseisvalt seiret, milleks on neil sõlmitud erinevate äriühingutega koostöölepingud. Aruanded esitatakse Keskkonnaministeeriumile ja kohalikele keskkonnateenistustele.

Silmet Grup AS tegeleb Sillamäel haruldaste muldmetallide ja metallide tootmisega. See on ainsaks tegevuseks Eestis, mis on seotud looduslike radionukliidide sisaldavate ainete suurte kogustega. Kunagi asus Sillamäel ka uraani kaevandamise ja rikastamise tehas, mille tegevus on nüüdseks lõpetatud. Uraani tootmisel tekkinud radioaktiivsed jäätmed ladustati tehase kõrvale asuvasse suurde jäätmehoidlasse, mis asub Läänemere vahetus läheduses. Lõppenud on jäätmehoidla laiaulatuslik saneerimisprojekt, mille eesmärgiks oli kindlustada radioaktiivset materjali sisaldav jäätmehoidla ja kaitsta keskkonda, eelkõige Läänemerd.

Teatud kogus radioaktiivseid aineid võib sattuda keskkonda ka AS A.L.A.R.A Paldiski endise tuumaobjektil jätkuva desaktiveerimise ja demontaažitööde käigus. Kõige tõenäolisem tuumaobjektilt pärinevate radionukliidide allikas on nõrgvesi. Seetõttu võeti proovid (mahuga 1,5 l) kord kvartalis kolmest Paldiski objekti ja ühest Tammiku objekti kontrollpuuraugust, kus analüüsi  $^3\text{H}$  sisaldus.  $^3\text{H}$  kontsentratsioon mõlema objekti territooriumi kontrollpuuraugu vees oli kuni 243 Bq/l. Mitmes proovis jäi  $^3\text{H}$  kontsentratsioon alla määramistundlikkuse taset (vt Tabel 11). Saasteainete olemasolul nende sattumine linna joogivette oleks vähe tõenäoline, kuna kohalikku joogivett ammutatakse põhjaveekihi, mis ei ole ühenduses pinnaveekihtidega. Kiirguskeskus on määranud eelnevatel aastatel ka Pakri poolsaarel  $^{137}\text{Cs}$  sisaldust vetikates, merevees, setetes ja kalades. Tulemused ei anna põhjust muretsemiseks.

Tabel 11.  $^3\text{H}$  aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l) AS A.L.A.R.A objektide kontrollpuuraukude vees.

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	$^3\text{H}$ (Bq/l)
Paldiski objekt vesi puuraugust PA 1	16.03.2009	4,7±1,6**
	15.06.2009	< 3
	21.09.2009	4,5±1,6**
	02.12.2009	< 3
Paldiski objekt vesi puuraugust PA 6	16.03.2009	< 3
	15.06.2009	< 3
	21.09.2009	< 3
	02.12.2009	< 3



Paldiski objekt vesi puuraugust PA 9	16.03.2009	< 3
	15.06.2009	< 3
	21.09.2009	< 3
	02.12.2009	< 3
Tammiku objekt vesi puuraugust PA 5	16.03.2009	10,3±1,7**
	15.06.2009	4,1±1,5**
	21.09.2009	51±3**
	02.12.2009	243±6**

Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

\*\*Määramatus väljendab kahekordset statistilist hälvet

## Mere seire

2009. aasta merekeskkonna seire raames koguti Mereinstituudi poolt Läänemerest kaks meretaimede proovi ja veeproovid (mahuga 50 l) viiest HELCOM mereseire programmi raames Eestile määratud stantsionaarsest jaamast. Proovid koguti 01.-18. juuni 2009. aastal vee pinnakihist. Kontsentreeritud proovides määrati <sup>137</sup>Cs sisaldus, kasutades selleks gamma-spektromeetrit. <sup>137</sup>Cs sisaldus merevees jäi vahemikku 5-30 Bq/m<sup>3</sup> (vt Tabel 13).

Merevee radioaktiivsuse kohta Eesti seirejaamades on andmeid alates 1997. aastast. Nendele ja naaberriikide andmetele toetudes saab üldise seaduspärasusena välja tuua <sup>137</sup>Cs sisalduse suurenemise idast läände. Ilmselt on see tingitud madalama <sup>137</sup>Cs sisaldusega vee sissekandest suurte jõgede poolt lahe idaosas. Kuigi andmed samades jaamades on aastate lõikes muutlikud, võib pikemas perspektiivis täheldada mõõdukat <sup>137</sup>Cs sisalduse vähenemist. Suurimad kõikumised esinevad Narva lahes, mis on osaliselt tingitud Narva jõe poolt merre kantud puhtama vee erinevast segunemisastmest mereveega eri aastatel.

Tabel 13a. <sup>137</sup>Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/m<sup>3</sup>) Soome lahe pinnavees.

Proovivõtu kuupäev	Proovivõtu jaama koordinaadid	Üldine sügavus (m)	Temp. (°C)	Soolsus (%)	Cs-137 (Bq/m <sup>3</sup> )
16.06.09	59°18,3' N, 23°17,3' E	78	9,3	5,86	30±3
01.06.09	59°43,0' N, 25°01,0' E	106	13,5	4,85	21±2
18.06.09	59°22,8' N, 24°09,0' E	21	11,51	5,34	27±3
18.06.09	59°20,08' N, 24°02,0' E	20	11,29	5,54	30±3
11.06.09	59°28,5 N, 28°00,5 E	13,1	13,54	1,37	5±2

\* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Tabel 13b. <sup>137</sup>Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/m<sup>3</sup>) Soome meretaimedes.

Proovivõtu kuupäev	Proovivõtu jaama koordinaadid	Jaama asukoht	Üldine sügavus(m)	Cs-137 (Bq/m <sup>3</sup> )
26.08.09	59°20'48" N, 23°46'19" E	Paldiski	0,7	17,7±1,3
27.10.09	59°32'13" N, 26°40'39" E	Narva	0	15,5±1,3

## LÕPPSÕNA

Keskkonna kiirgusseire programmi raames jälgiti 2009. aastal summaarse gammakiirguse doosikiirust, õhukandeliste osakeste ja aerosoolide radioaktiivsust ning radionukliidide sisaldust pinna- ja joogivees, piimas, inimese päevases toiduratsioonis, erinevates toiduainetes, metsmarjades ja -seentes, metslooma lihas ning Soome lahe pinnavees. Lisaks teostati ühe Eesti suurima ohuga kiirgustegevuskoha lähiala puurkaevude vees keskkonnaseiret.

Gammakiirgus on automaatjaamade andmetel põhjustatud valdavalt looduslikest radionukliididest. Tehislike radionukliidide sisaldust looduskeskkonnas võib pidada väikeseks. Automaatjaamadele ette antud alarmi taset ületavaid väärtusi ei fikseeritud üheski jaamas. Gammakiirguse tase automaatjaamade lõikes ei ole aastatega kuigivõrd muutunud. Olulisi muutusi ei ole ka  $^{137}\text{Cs}$  sisalduses õhukandelistes osakestes. Analüüsitulemused näitavad, et Eesti naaberaladel ei ole toimunud olulisi tehisradionukliidide pihkumist atmosfääri. Aegajalt mõõdetakse kõrgemaid tulemusi mis võivad olla seotud lähialadel toimuvate suurte metsapõlengutega. Nende seoste uurimisega praegu tegeletakse.

2009. aastal analüüsitud proovide radionukliidide sisaldust võib pidada väikeseks va radiumi sisaldus kambrium-vendi põhjavees, mis ületab selle 730 liitrise aastase tarbimise juures seadusega kehtestatud efektiivdoosi piirmäära.