

KESKKONNA IONISEERIVA KIIRGUSE SEIRE 2005. AASTA TULEMUSED

EESSÕNA

Ioniseeriva kiirguse seire (edaspidi kiirgusseire) käigus kogutakse informatsiooni kõigi keskkonnasfääride radioaktiivsuse tasemete kohta. Kiirgusseire esmaseks ülesandeks on avastada ja jälgida inimtegevuse poolt esile kutsutud radioaktiivsuse tõusu, pannes pearõhu tehislise radioisotoopide leviku uurimisele. Oluliseks väljundiks on hoiatava informatsiooni andmine keskkonna radioaktiivse saastumise kohta võimalike tuumaavariide korral naaberriikides. Keskkonna kiirgusseire tulemused on oluliseks taustinformatsiooniks kiiritustasemeid reguleerivate normatiivide väljatöötamisel ning kasutatavad ka keskkonnateaduslikes uuringutes.

Kiirgusseire teostamisel arvestatakse, et radioaktiivseid isotoope sisaldavad ained liiguvad looduskeskkonna eri sfäärides küllalt erinevalt. Näiteks tuumaavariides satub radioaktiivne saaste eelkõige atmosfääri, kus ta viibib küll lühiajaliselt, kuid võib siiski kanduda üle laialdase maa-ala. Hüdroosfääri 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 otseselt organismi. Ohtlik on ka inimese toiduahelaga seotud biosfääri ja hüdroosfääri saastumine. Radioaktiivsete ainete erinev mobiilsus keskkonnasfäärides ja ohtlikkuse määra on seega olulisteks teguriteks keskkonna kiirgusseire strateegia väljatöötamisel ning meetodite valikul.

Euroopa Liidu maades on keskkonna kiirgusseires rakendatud ühtne meetodika, mis on kirjeldatud Euroopa Komisjoni soovitusel 2000/473/Euratom 8. juunist 2000. Vastavalt nendele jälgitakse kunstlike radioisotoopide ^{137}Cs ja ^{90}Sr sisaldust atmosfääris, pinna- ja joogivees, piimas ning inimtoidu keskmises päevaratsioonis. Kiirguskeskuse poolt teostatavas keskkonna kiirgusseire programmis arvestatakse nimetatud soovitusi aastast 2002. Kuna Eesti osaleb Läänemere Keskkonnakaitsekomisjoni (HELCOM) mereseire programmis, siis on kiirgusseiresse lülitatud ka merekeskkonna jälgimine. Üldise taustinfo saamiseks analüüsitakse ka Eestis kasvavate metsamarjade ja -seente radioaktiivsust.

Kiirguskeskuse koostööpartneriks olid atmosfääriseire võrgu tehnilisel teenindamisel Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut, piimaproovide võtmisel Veterinaar- ja Toiduamet ning merekeskkonna proovide võtmisel TÜ Mereinstituut ning FIE Mart Saarso. Kõik radionukliidide analüüsid on teostatud Kiirguskeskuse laboratooriumis.

Kiirgusseire tugineb järgmistele seadusandlikele ja rahvusvahelistele alusdokumentidele:

Kiirguseadus;

Keskkonnaseire seadus;

EURATOM Asutamislepingu artikkel 35 ja 36;

EÜ Nõukogu direktiiv 96/29/EURATOM;

EÜ Nõukogu direktiiv 87/600/EURATOM;

HELCOME soovitus nr 18/1.

KOKKUVÕTE

Keskkonna kiirgusseire programmi raames jälgiti summaarse gammakiirguse doosikiirust, õhukandeliste osakeste ja aerosoolide radioaktiivsust ning kunstlike radionukliidide sisaldust pinna- ja joogivees, piimas, inimese päevases toiduratsioonis, metsmarjades ja -seentes, metslooma lihas ja Soome lahe piires võetud merekeskkonna proovides.

Gammakiirguse doosikiirust jälgiti atmosfääri võimaliku radioaktiivse saastumise kiireks avastamiseks ööpäevaringselt automaatjaamade abil 10 vaatlusjaamas. Automaatjaamade võrgu poolt saadud tulemused on kättesaadavad Kiirguskeskuse interneti koduleheküljel (www.kiirguskeskus.ee). Gammakiirgus doosikiiruse aasta keskmine üle vaatlusvõrgu oli 65 nSv/h, mis on lähedane viimaste aastate keskmisele. Selline kiirgusfoon põhjustab inimesele aastas umbes 0,6 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi. Gammakiirgus pärineb valdavalt looduslikest radionukliididest. Kunstlike radionukliidide tekitatud doosikomponent jäi arvutusvigade piirimaile ja moodustas vähem kui 10% summaarsest doosikiirusest. Varase hoiatamise süsteemis ette antud alarmi taset (300 nSv/h) ületavaid väärtusi ei fikseeritud üheski jaamas. Gammakiirguse kõrgendatud väärtused üksikutel päevadel on põhjustatud sademete poolt atmosfäärist välja pestud peamiselt looduslikest radionukliididest.

Õhukandeliste osakeste radioaktiivsust mõõdeti Narva-Jõesuus, Harkus ning Tõraveres. Üldistatult võib Narva-Jõesuu ja Harku filtrite analüüsitulemuste põhjal järeldada, et nende piirkondade õhus oli ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon 2005. aasta keskmisena vastavalt $3,9 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³ ja $0,9 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³. Sellise õhu sissehingamisel on ^{137}Cs poolt saadav oodatav kiirgusdoos marginaalse suurusega jäädes allapoole taset 1 nSv aastas. ^7Be aktiivsuskontsentratsioon aasta keskmisena oli Harkus $2,3 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ ja Narva-Jõesuus $2,9 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³. Atmosfääri kiirgusseire tulemused kinnitavad, et Eesti lähiümbruses asuvates tuumaelektrijaamades pole toimunud olulist radionukliidide pihkumist. Väga väikene ^{137}Cs sisaldus õhus on tingitud peamiselt atmosfääri globaalsest saastumisest, kuid Kirde-Eestis kevad-suvisel ajal teatud määral ka Tsernobõli katastroofist pärinevast maapinnale sadestunud radioaktiivsest saastest.

Pinnavete seireks valiti Narva ja Pärnu jõgi kui suurima voluhulgaga Balti merre suubuvad jõed. ^{137}Cs sisaldus jõgede vees oli väiksem kasutatud meetodi määramistundlikkusest, so väiksem kui 4-5 Bq/m³, mis on üldiselt suurusjärg madalam Soome lahe pinnavee keskmisest.

^{137}Cs eriaktiivsus joogivees oli kõigis uuritud proovides allpool määramistundlikkuse taset, mis on umbes tuhat korda väiksem Euroopa Liidu Joogiveedirektiiviga määratletud jälgimistasemest. Kambrium-Vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees oli raadiumi isotoopide ^{226}Ra ja ^{228}Ra nukliidide sisaldus Maardus linnas vastavalt u 0,28-0,82 Bq/l ja 0,51-0,62 Bq/l. Sellise joogivee aastane tarbimine (tarbides nimetatud joogivett 2 liitrit päevas) põhjustab täiskasvanud inimesele kuni 0,6 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi, mis on kuni kuus korda suurem sotsiaalministri 31. juuli 2001. a. määrusega nr. 82 (Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid) kehtestatud piirväärtusest 0,10 mSv aastas.

Eestis toodetud piimas on praegusel ajal kunstlike radionukliidide aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning nad tekitavad inimestes ainult tühise oodatava kiiritusdoosi, mille maksimumväärtus väikelapsel võib ulatuda 0,004 mSv aastas. Analoogiline on olukord ka täiskasvanud inimese keskmise päevase toiduratsiooniga, millise tarbimisel aasta vältel saadakse oodatav kiiritusdoos alla 0,004 mSv.

Merekeskkonna seires jälgiti kunstlike radionukliidide aktiivsuskontsentratsiooni HELCOM-i mereseire programmi raames Eestile määratud viies statsionaarses jaamas. 2005. aasta andmete järgi on pindmisesmerevees ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon muutunud vähe, kuid pikemas perspektiivis võib täheldada mõõdukat langustendentsi. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon kalades ja põisadrus on viimaste aastate jooksul aeglaselt vähenenud.

SUMMARY

In the framework of the programme for monitoring of environmental ionizing radiation the total gammadose rate, radioactivity of airborne particles and aerosols, and content of artificial radionuclides in the river and drinking water, in the milk produced in Estonia, in the wild berries and mushrooms, in the meat of wild animal, in the total diet and in the marine samples from the Gulf of Finland were surveyed.

The total gammadose rate was observed on-line in 10 monitoring stations by means of automatic equipment. The data measured by this network is available for review at the webpage of the Estonian Radiation Protection Centre (www.kiiruskeskus.ee). The annual average for the network was 65 nSv/h which is comparable with the dose rate level of recent years. The value of the dose components corresponding to artificial isotopes remains close to the errors of calculations and was less than 10% of the total gammadose rate. No gammadose rate values above the alarm level for the early warning system (300 nSv/h) were detected in any station. There were observed short periods of increased values of gammaradiation caused mainly by natural radionuclides scavenged down from atmosphere.

In 2005 the radioactivity of airborne particles and aerosols was measured at Narva-Jõesuu, Harku and Tõravere. At Narva-Jõesuu the mean activity of ^{137}Cs in the air was $3,9 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$ and at Harku $0,9 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$. Other artificial radioisotopes indicating a substantial release of radioactive material from a nuclear power plant in a neighbour country have not been detected. The trivial concentration of ^{137}Cs in the atmosphere is caused by the global fallout, however, in the eastern part of country the peak activity values were caused by the Chernobyl contamination re-suspended to the atmosphere.

The ^{137}Cs content in water of the Narva and Pärnu river was monitored. In case of both rivers, the content was less than $4\text{-}5 \text{ Bq/m}^3$, the sensitivity level of the method used, and it is less by the order of magnitude of the content in the surface water of the Gulf of Finland.

The ^{137}Cs activity concentration in all drinking water samples was below the detection level of analytical method, i.e. less than $3\text{-}4 \text{ Bq/m}^3$. The concentration of ^{226}Ra and ^{228}Ra in drinking water consumed by inhabitants in town Maardu was considerable, $0,28\text{-}0,82$ and $0,51\text{-}0,62 \text{ Bq/l}$, respectively. Annual use of that water will cause the committed effective dose of about $0,6 \text{ mSv}$.

In the milk produced in Estonia the ^{137}Cs content is very low. At the maximum ^{137}Cs content the committed dose for infant due to the annual use of milk is around $0,004 \text{ mSv}$. The concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the daily diet is also very low, the mean daily intake of these nuclides is less than $0,9$ and $0,06 \text{ Bq}$, respectively. The maximum committed dose from the annual intake of food is around $0,004 \text{ mSv}$.

Samples from marine environment were taken in five monitoring stations scheduled for Estonia in the frame of HELCOM MORS programme. The activity of ^{137}Cs in the surface water of Gulf of Finland decreased in the year 2004 insignificantly, though general trend of decrease is still observable. The committed dose received by inhabitants due to the use of such fish for food during a year will be around $0,017 \text{ mSv}$.

ATMOSFÄÄRI KIIRGUSSEIRE

Atmosfääri seiret teostatakse teistest riikidest lähtuva võimaliku radioaktiivse saastumise varaseks avastamiseks, mis võimaldab teha õigeaegselt otsuseid vastuabinõude kohta. Sellest lähtuvalt pandi seirevõrgu rajamisel rõhk operatiivsusele ja arvestati vajadusega haarata seire alla eelkõige Eesti piirialad ning suuremate linnade ümbrus. Kiirguskeskuse seirealases tegevuses on see suund kõige olulisema tähtsusega, kuna peale rahvusvahelise eelhoiatuse on see ainuke kiire moodus varakult avastada Eesti kohale kanduvat radioaktiivset saastet.

Rahvusvahelise praktika järgi toimub tegevus kahes suunas:

- automaatjaamadega jälgitakse avatud maastikul atmosfääri gammakiirguse doosikiirust reaalajas;
- radioaktiivsete isotoopide sisaldust jälgitakse nii õhu tahketes osakestes ja aerosoolides, analüüsides õhu filtreerimise teel saadud proove.

Võimaliku radioaktiivse saaste leviku varajases hoiatussüsteemis need kaks suunda täiendavad teineteist. Pidevalt töötavad automaatjaamad reageerivad operatiivselt õhu radioaktiivsuse tõusule, mis võib näiteks juhtuda Eestile lähedal toimuvate tuumaõnnetuste korral ja mida iseloomustab sündmuste kiire dünaamika. Saadav informatsioon on aluseks elanikkonna teavitamisele kiirgusohust ja kiirguskaitsealaste kiireloomuliste meetmete rakendamisele. Kaugemal toimuvate tuumaõnnetuste puhul saaste hajub atmosfääris ja jõuab meie territooriumi kohale teatud viivitusega, andes seega ajalise reservi õhuproovide kogumiseks ja filtrite gamma-spektromeetriliseks analüüsiks. Õhuproovide mõõtmisega on võimalik identifitseerida kunstlike radionukliidide väga väikest (suurusjärgus mõni $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) kontsentratsiooni tõusu õhus. Filtrite mõõtetulemusi saab kasutada Eesti territooriumi radioaktiivse saastumise pikaajalise prognoosi koostamiseks, mis on aluseks eelkõige inimese toiduahelale suunatud kiirguskaitsemeetmete väljatöötamisele.

Üldine gammakiirgus

Atmosfäärist ja mõõtejaama lähiümbruse maapinnast lähtuvat gammakiirgust jälgiti automaatanduritega reaalajas, kusjuures mõõdeti nii summaarset doosikiirust kui ka erinevate radioisotoopide gruppide poolt tekitatud doosikiiruse komponente.

Seirevõrk koosnes 2005. aastal 10 automaatjaamast, mis on võimelised mõõtetulemusi esialgselt analüüsima ja alarminfot avaliku telefonivõrgu kaudu iseseisvalt edastama. Mõõteandmete ülekandmine andmekogusse toimub Kiirguskeskuses asuva päringuserveri abil normaalolukorras üks kord ööpäevas, kuid saastumise ilmnemisel vastavalt vajadusele tihedamini. Minimaalne mõõteperiood on 10 minutit. Seirevõrgu kirjeldus on toodud tabelis 1.

Kolmes jaamas – Türil, Võrus ja Sõrves – toimus γ -kiirguse jälgimine reaalajas allsüsteemi AAM-95 SYSTEM abil. Nimetatud süsteemis mõõdetakse GM detektoritega ainult summaarse gammakiirguse doosikiirust. Mõõtmistel saadakse integreeritud doosikiirused 10- ja 60-minutiliste perioodide kohta.

Tabel 1. Atmosfääri kiirgusseire vaatlusvõrk: määratavad parameetrid ning jaamade koordinaadid

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

A - γ -kiirguse doosikiiruse mõõtmise reaalajas.

F - Õhuosakeste ja aerosoolide kogumine filterseadmete abil.

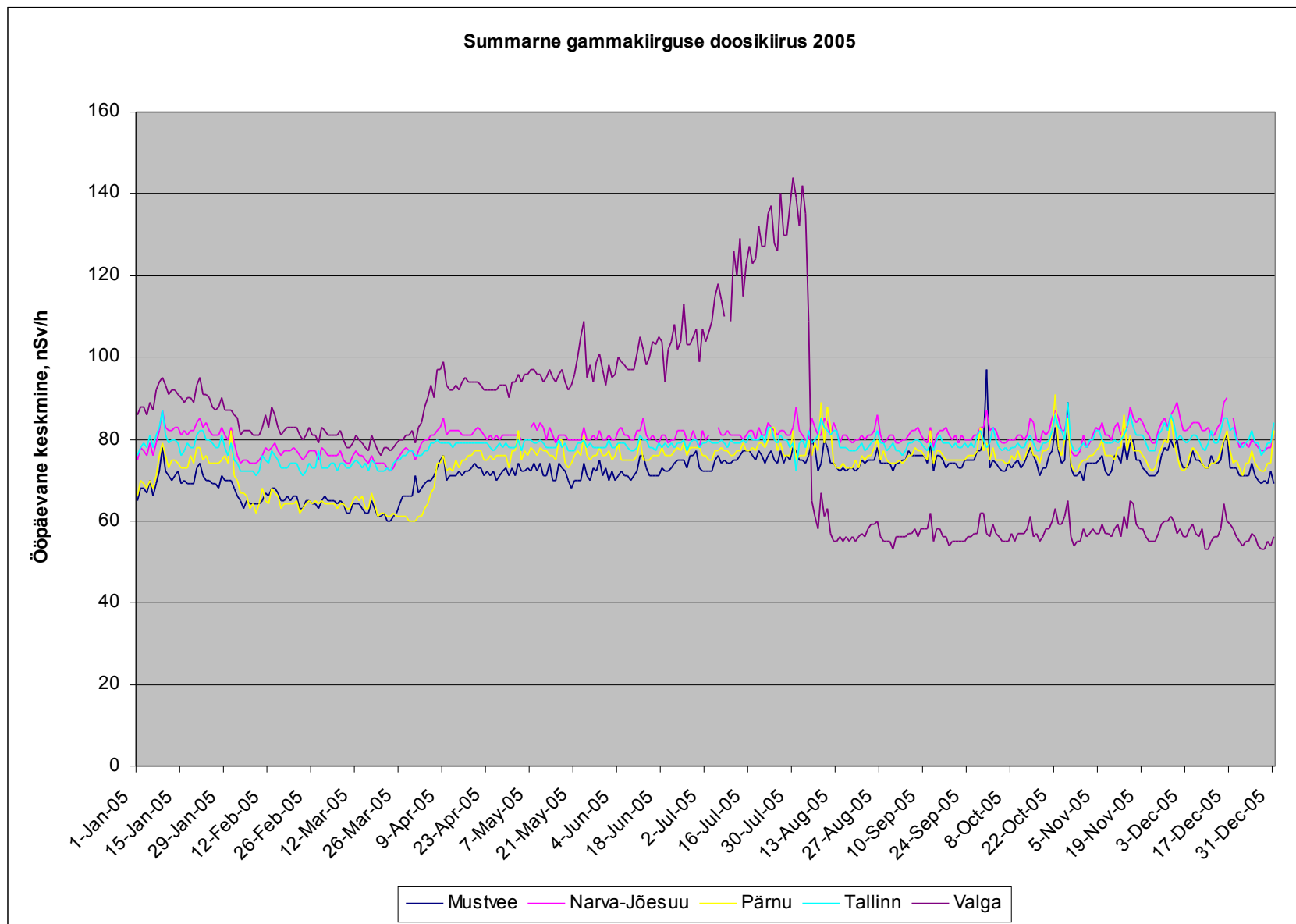
Narva-Jõesuu, Kunda, Mustvee, Valga, Kärdla, Pärnu ja Tallinna (Kopli) jaamades on rakendatud uue põlvkonna gammakiirguse mõõtmise PMS tüüpi automaatjaamad. PMS jaamades kasutatakse kahte tüüpi detektoreid, milledest üks mõõdab summaarse gammakiirguse doosikiirust ning teine, NaI(Tl) kristallil baseeruv detektor, gammakiirgust spektraalsel kujul. Viimane võimaldab identifitseerida üksikuid isotoope ja arvutada erinevaid doosikomponente. PMS jaam registreerib summaarse doosikiiruse väärtuse samuti nii 10-minutilise kui ka ühetunnise intervalli kohta.

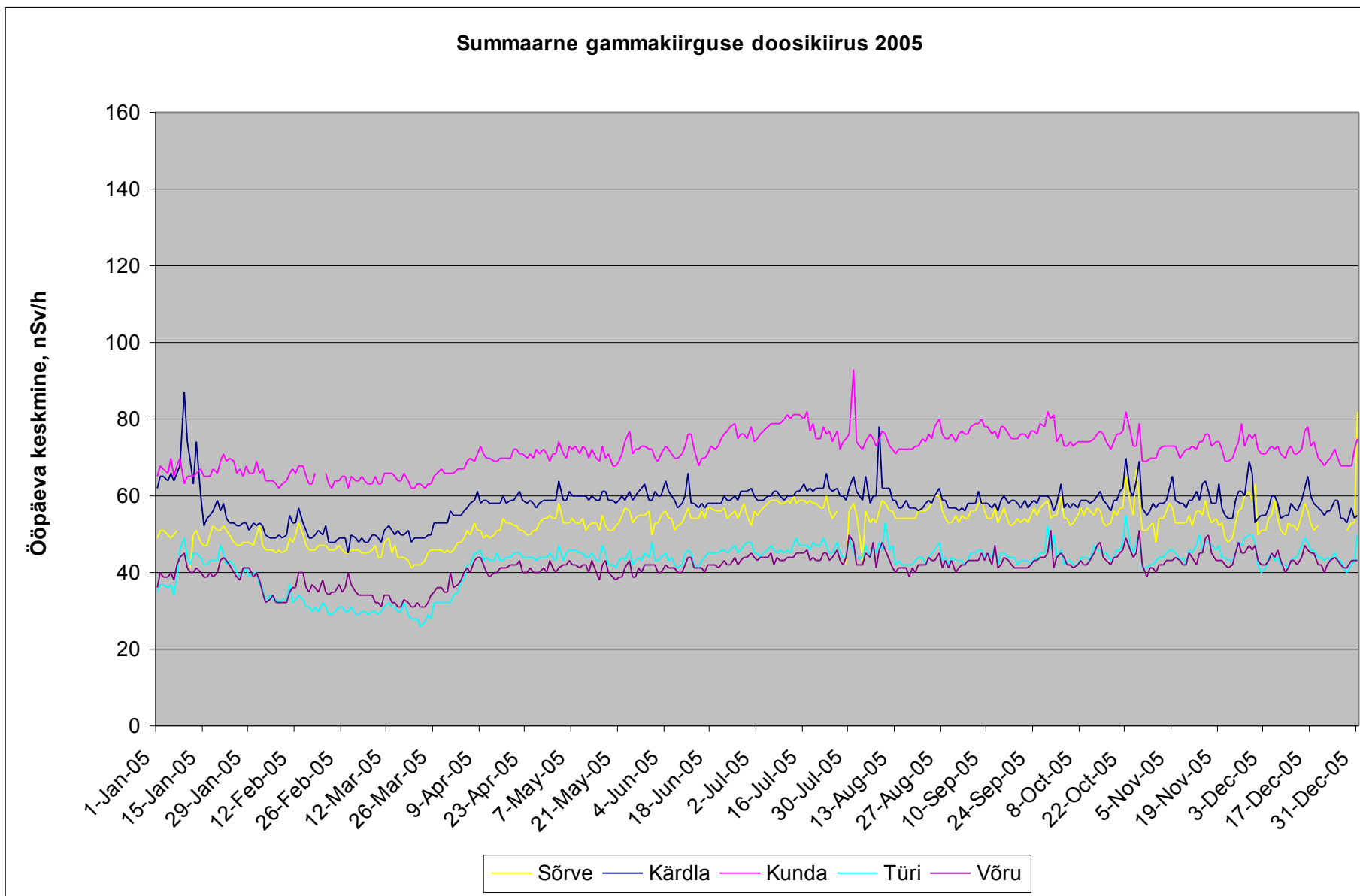
Automaatjaamade poolt genereeritud alarmteadete edastamiseks on rakendatud operatiivne infosüsteem, mis tagab Kiirguskeskuse töötajate kohese teavitamise ja võimaldab spetsialistidel juba 10-15 min jooksul alustada olukorra analüüsiga.

Üldistatud tulemuste näitena summaarse gammakiirguse doosikiiruse kohta 2005. aastal on joonistel 1a ja 1b toodud andmed 10. vaatlusjaamast. Jooksvalt esitatakse automaatjaamade poolt saadud tulemused Kiirguskeskuse interneti koduleheküljel aadressiga www.kiirguskeskus.ee. Jaamade asukohad on toodud Eesti skemaatilisel kaardil aktiivsete ikoonidena, jälgitav on ka andmete pikaajaline arhiiv.

Kuude keskmised gammakiirguse doosikiirguse väärtused jäid vahemikku 57,9-71,9 nSv/h (varieeruvus oleneb pinnase tüübist, aastaajast ja ilmastikutingimustest). Gammakiirgus doosikiiruse aasta keskmine üle vaatlusvõrgu oli 65 nSv/h, mis on lähedane viimaste aastate keskmisele. Selline kiirgusfoon põhjustab inimesele aastas umbes 0,6 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi. 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.

Gammakiirgus on PMS tüüpi jaamade andmetel põhjustatud valdavalt looduslikest radionukliididest. Kunstlike radionukliidide tekitatud doosikomponent jäi spektri töötlemise arvutusvigade piirimaile ja moodustas vähem kui 10% summaarsest doosikiirusest. Varase hoiatamise süsteemis ette antud alarmi taset (300 nSv/h) ületavaid väärtusi ei fikseeritud üheski jaamas.





Õhukandeline radioaktiivsus

Selle tegevussuuna eesmärgiks on täpselt identifitseerida kunstlikke radioisotoope ning määrata nende nukliidide minimaalseid sisaldusi õhus. Võrreldes tasemetega, millele reageerivad doosikiirust mõõtvad automaatjaamad, võimaldab suurte õhukoguste filtreerimine ja filtrite gamma-spektromeetiline analüüs avastada õhus kaks kuni kolm suurusjärku väiksemaid aktiivsuskontsentratsioone.

Selle seireliigi raames jälgiti radionukliidide sisaldust õhuga kanduvates tahketes osakestes ja aerosoolides aastaringselt kolmes vaatlusjaamas (vt tabel 1):

Harkus võeti proove õhu pumpamise teel läbi FPP tüüpi filtri (~2000 m³ õhku tunnis), mis võimaldab filtreerida põhiliselt õhuosakesi ning mõnevõrra väiksema saagisega ka aerosoole (vt joonis 2);

-Narva-Jõesuus, kus on kasutusel suure võimsusega (900 m³ õhku tunnis) filterseade *Snow White*, mis kogub õhuosakesi ja aerosoole klaasfiiber filtrile (vt joonis 3);

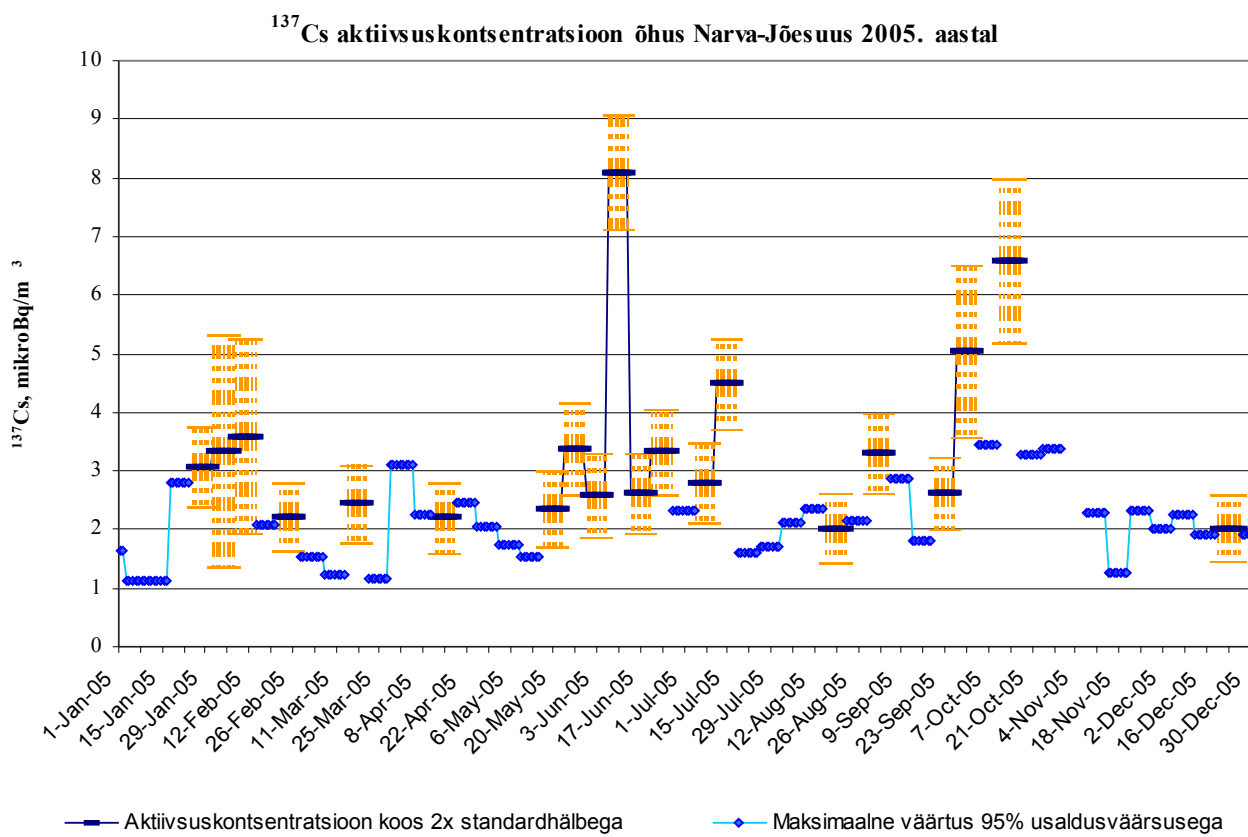
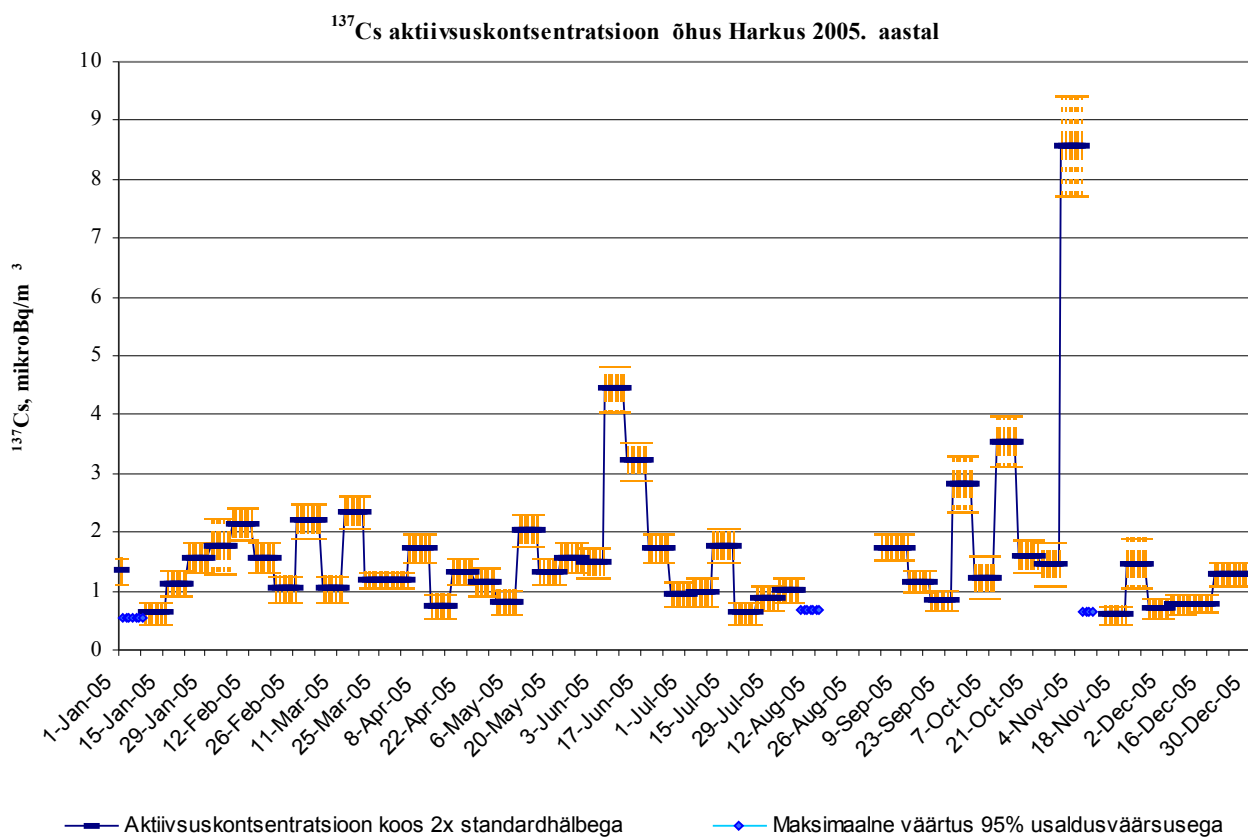
-Tõraveres, kus rakendati väiksema võimsusega (150 m³ õhku tunnis) *The Hunter* tüüpi filterseadet, mis kasutab samuti klaasfiiber filtrit (vt joonis 4);

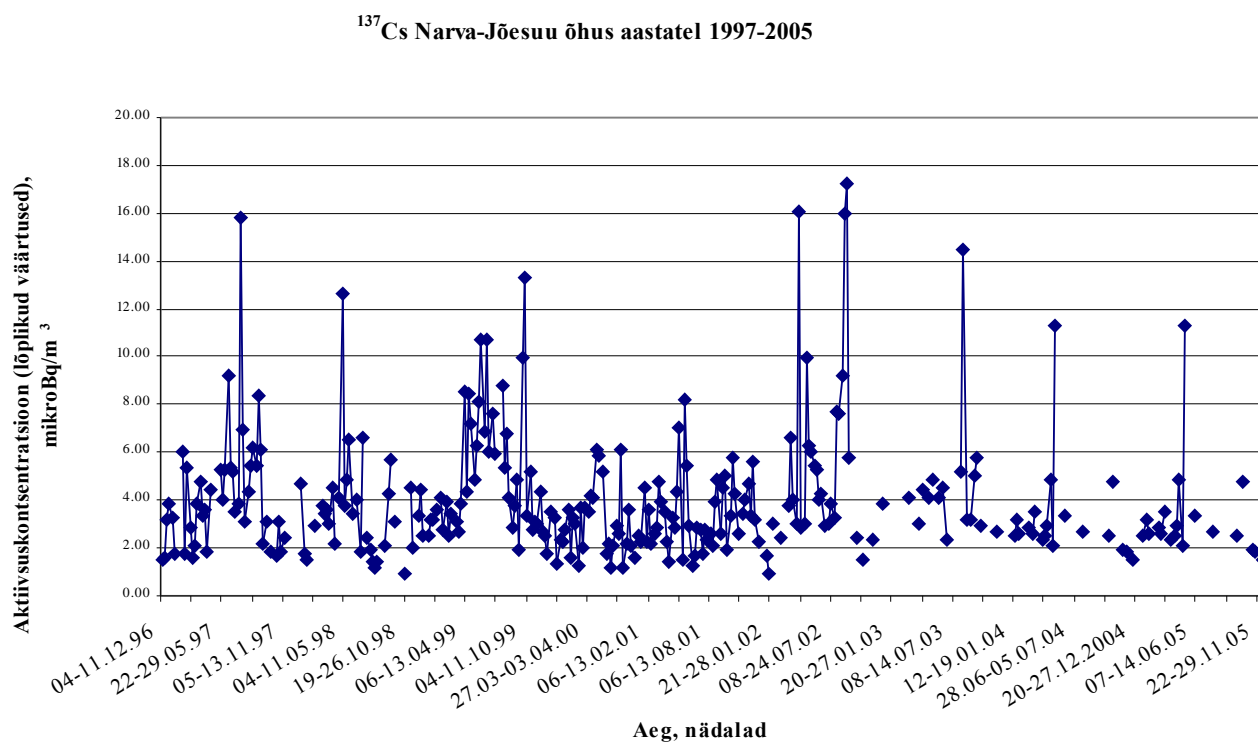
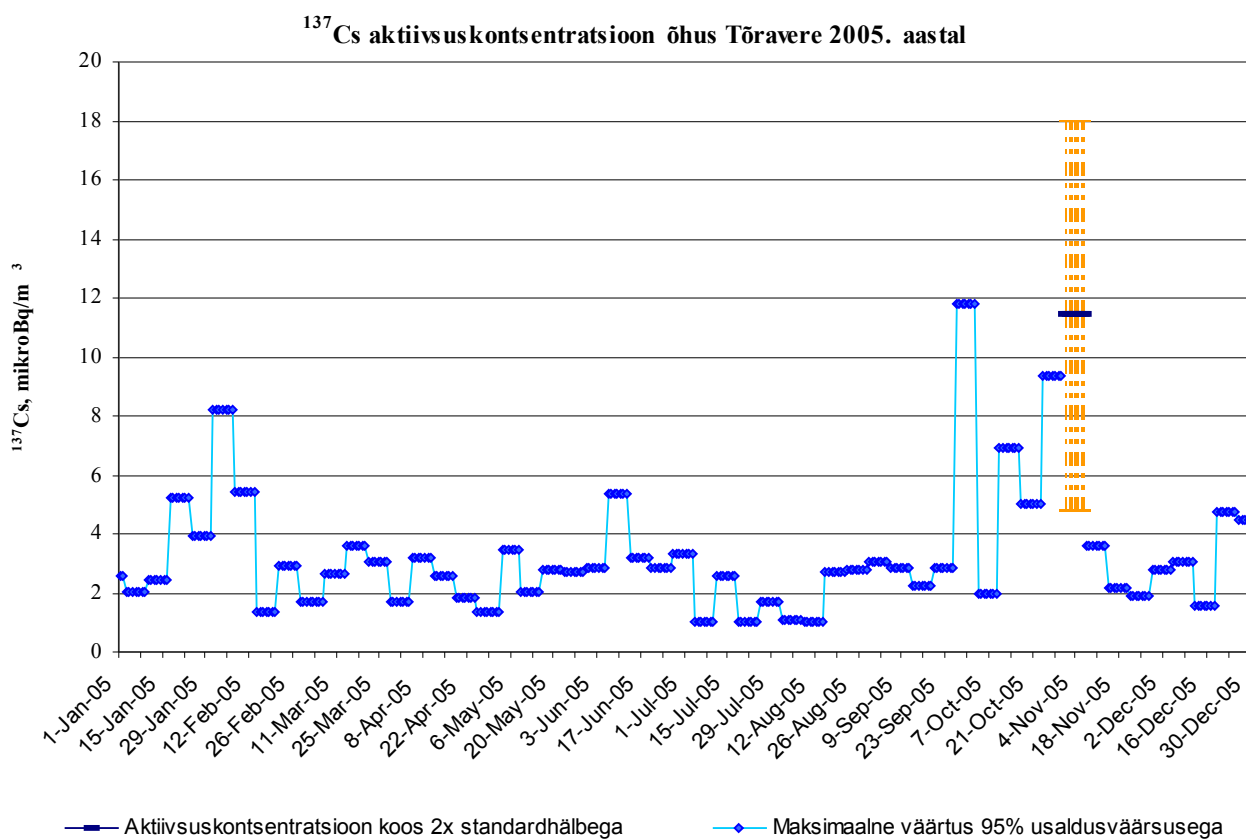
Filtrite ekspositsiooniaeg oli üks nädal. Indikaatorisotoopide nukliidide kontsentratsiooni olulisel tõusul oleks vajadusel filtreid eksponeeritud lühemat aega ja teostatud nende operatiivne analüüs.

Praegusel ajal on atmosfääri radioaktiivsus väga madal ning kasutatav seiremeetod võimaldab filtritel usaldusväärselt mõõta ainult loodusliku kosmogeense isotoobi ⁷Be ja kunstliku isotoobi ¹³⁷Cs nukliidide aktiivsuskontsentratsiooni. Radioaktiivset saastumist väljendavate teiste võimalike indikaatorisotoopide (⁶⁰Co, ^{103,106}Ru jt) ja looduslike terestriiliste radioisotoopide nukliidide sisaldus oli väiksem meetodi tundlikkuse lävest. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioonid 2005. aastal Harkus, Narva-Jõesuus ja Tõraveres on toodud joonistel 2-4. Graafikutel toodud "Maksimaalsed väärtused" väljendavad olukorda, kui radionukliidide olemasolu ei detekteeritud ja tema tegelik sisaldus proovis on väiksem kui toodud väärtus.

Kokkuvõtvalt võib Narva-Jõesuu ja Harku filtrite analüüsitulemuste põhjal järeldada, et nende piirkondade õhus oli ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon 2005. aasta keskmisena vastavalt $3,9 \cdot 10^{-6}$ ja $0,9 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³. Keskmised on lähedased eelmiste aastate keskvaartustega neist seirejaamadest. Sellise õhu sissehingamisel on ¹³⁷Cs poolt saadav oodatav kiirgusdoos marginaalse suurusega jäädes alla taset 1 nSv aastas. Tõravere filtritel oli ¹³⁷Cs sisaldus pea terve aasta jooksul madalam meetodi tundlikkuse piirist. See on tingitud asjaolust, et Tõravere filterseadme pumpamisvõimsus on 6 korda väiksem kui Narva-Jõesuus.

Atmosfääriosakeste seire tulemused kinnitavad, et Eestit ümbritsevates tuumaelektrijaamades pole toimunud olulist radioisotoopide pihkumist. Väga väikene ¹³⁷Cs sisaldus õhus on tingitud peamiselt atmosfääri globaalsest saastumisest. Kirde-Eestis võib siiski teatud ¹³⁷Cs sisalduse tõusu kevad-suvisel ajal põhjustada ka Tšernobõli katastroofist pärineva maapinnale sadestunud radioaktiivse saaste kandumine atmosfääri tuulte mõjul aga ka metsa- ja rabatulekahjude käigus. Need efektid on hästi jälgitavad mitmeaastasel andmereal Narva-Jõesuu kohta, mis on esitatud joonisel 5.





PINNAVETE KIIRGUSSEIRE

Jõgede vee radioaktiivsuse jälgimine võimaldab hinnata maismaalt merre kantavate radioaktiivsete ainete koguhulka. Ka siin pakuvad peamist huvi kunstlikud isotoobid, mille merekeskkonda koormav koguaktiivsus sõltub jõgede valgalade radioaktiivse saastumise tasemest ja merre kantavast veehulgast. Veeproove võeti kord kvartalis Soome lahte suubuvatest Narva jõest ning Liivi lahte suubuvast Pärnu jõest. Neist esimese vesi iseloomustab väga ulatuslikku valgala, kuhu jäävad ka Eesti ning Loode-Venemaa Tšernobõli tuumakatastroofi käigus saastunud alad. Pärnu jõe valgalal on deponeerunud põhiliselt globaalsest atmosfäärisaastumisest pärinevad radioisotoobid. Seirejaamad jõgedel on valitud selliselt, et proovides oleks välistatud merevee mõju (tabel 2).

Tulemustest järeldub, et ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon jõgede vees on väga madal, olles kaks suurusjärku väiksem Euroopa Komisjoni soovituslikust informeerimistasemest. Arvestades jõgede keskmisi aastasi vooluhulki, kantakse nende poolt merre vähem kui 50 GBq ^{137}Cs aastas. Soome lahes on ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon vees viimastel aastatel 20-50 Bq/m³, mis ületab umbes suurusjärgu võrra vastavaid väärtusi pinnavees.

Tabel 2. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Narva ja Pärnu jõe vees

Jõgi	Seirejaama koordinaadid		Proovivõtu kuupäev	Analüüsitud proovi kogus (l)	^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l)
	Põhjalaius	Idapikkus			
Narva jõgi	59 25 50	28 07 41	30.03.05	30	<0.005
			16.06.05	30	0.003±0.0014**
			24.08.05	30	<0.004*
			16.12.05	30	<0,006*
Pärnu jõgi	58 25 02	24 40 16	22.04.05	30	<0.003*
			10.06.05	30	<0.004*
			14.09.05	30	<0.003*
			08.12.05	30	<0,005*

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

*Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

JOOGIVEE, PIIMA JA INIMESE PÄEVASE TOIDURATSIOONI SEIRE NING LOODUSKESKONNAS KASVAVATE SEENTE JA MARJADE NING ULUKILIHA SEIRE

Joogivee ja toidu seire võimaldab hinnata inimeste poolt sissevõetud radionukliidide hulka ja sellest tingitud oodatavat kiiritusdoosi. Joogivee kiirgusseire raames jälgiti kord poolaastas kunstlike radioisotoopide ^{137}Cs ja ^{90}Sr ning tritiumi nukliidide sisaldust Eesti suuremates linnades, kus joogivett toodetakse pinnaveest. Kambrium-Vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees jälgiti raadiumi isotoopide ^{226}Ra ja ^{228}Ra nukliidide sisaldust Maardus linnas. Kõik joogivee proovid võeti lõpptarbija juures kraanist. Inimese päevases toiduratsioonis määrati kord poolaastas ^{137}Cs ja ^{90}Sr ning piimas lisaks ka ^{40}K aktiivsuskontsentratsioonid.

Joogivee proovides oli ^{137}Cs , ^{90}Sr ja tritiumi aktiivsuskontsentratsioon allpool kasutatud meetodi määramistundlikkuse taset (vt tabel 3a). Võrdluseks võib nimetada, et määramistundlikkusele vastavad ^{137}Cs ja ^{90}Sr sisaldused on umbes tuhat korda väiksemad Maailma Tervishoiuorganisatsiooni (WHO) poolt soovitatud jälgimistasemetest.

Tabel 3a. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) pinnaveest toodetud joogivees

Proovi nimetus	Proovivõtu kuupäev, koht	Analüüsitud proovi kogus (l)	^{137}Cs (Bq/l)	^{90}Sr (Bq/l)	^3H (Bq/l)
AS Tallinna Vesi, Ülemiste Vee-puhastusjaamast väljastatav joogivesi	26.05.05., Sütiste tee 19, Tallinn	50	<0,004*	<0,003*	<5,3*
	21.12.05., Sütiste tee 19, Tallinn	50	<0,004*	0,004±0,001**	<5,5*

* maksimaalne väärtus 95% usaldusväärsusega.

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

Tabelis 3b toodud raadiumi nukliidide sisaldus kambrium-vendi veelademest pärit joogivees on märkimisväärne. Sellise joogivee aastane tarbimine (tarbides 2 l joogivett päevas) põhjustab inimestel kuni 0,6 mSv suuruse oodatava kiiritusdoosi, mis on kuni kuus korda suurem sotsiaalministri 31. juuli 2001. a. määrusega nr. 82 (Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid) kehtestatud piirväärtusest 0,10 mSv aastas.

Tabel 3b. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Kambrium-Vendi põhjaveest toodetud joogivees

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	^{228}Ra (Bq/l)	^{226}Ra (Bq/l)
Kambrium-Vendi joogivesi puurkaevust kat. nr.-ga 379, Maardu, ringi tn. 13a	17.05.05.	0,51*	0,82±0,13**
Kambrium-Vendi joogivesi puurkaevust kat. nr.-ga 379, Maardu, ringi tn. 13a	06.12.05.	0,62*	0,278±0,042**

*Hinnanguline tulemus (etalonainena kasutatud RGTh-1 referentsmaterjali).

** Antud radiomeetrilise mõõtmise kahekordse standardhälbega.

Piimaproovid koguti kuude keskmiste proovidena, mis iseloomustavad Harjumaal ja Järvamaal kokku ostetud toorpiima ning Ida-Virumaal toodetud toorpiima. Kuude keskmised proovid ühendati vastava kvartali keskmiseks prooviks, mida analüüsiti. Andmed piima radioaktiivsuse kohta on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Eestis toodetud piimas

Proovi esinduspiirkond	I kvartal			II kvartal			III kvartal			IV kvartal		
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K
Harjumaa	0,2±0,08*	<0,024**	60,01±6,84*	0,15±0,04*	-	56,43±6,08*	0,15±0,04*	<0,02**	55,81±6,01*	0,16±0,10**	<0,02**	59,98±6,82*
Järvamaa	0,12±0,06*	<0,03**	57,68±6,45*	0,19±0,04*	<0,02**	52,12±5,62*	<0,11**	<0,02**	56,39±6,08*	0,21±0,05**	<0,02**	62,4±6,8*
Ida-Virumaa	0,08±0,04*	<0,01**	47,74±5,13*	0,08±0,02*	<0,01**	46,66±4,95*	0,18±0,07*	<0,02**	56,25±6,25*	<0,12**	<0,02**	58,92±6,72*

* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

** Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

***Määramatusvahemik väljendab gamma-spektromeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist standardhälvet.

Andmetest järeldub, et praegusel ajal on Eestis toodetud piimas kunstlike radionukliidide aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning nad põhjustavad inimestes tühise kiiritusdoosi. Näiteks saab väikelaps, kes tarvitab aastas 180 l lehmapiima, nimetatud isotoopide sissevõttust oodatava kiiritusdoosi 0,004 mSv. See moodustab umbes ühe tuhandiku aastasest looduslikust kiiritusdoosist. ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr sisalduse jälgimine piimas on oluline baasandmete saamisel, kuna need isotoobid migreeruvad väga kiiresti toiduainetesse.

Inimese päevase toiduratsiooni proovina käsitleti toidukogust, mille statsionaaris olev haige saab päeva jooksul, kaasa arvatud joogid. Toiduratsiooni proovides jälgiti ainult kunstlike radionukliidide ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr sisaldusi. Tulemused on toodud tabelis 5.

Tabel 5. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/päevas) inimese poolt päevas sissesöödavas toiduratsioonis

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/päevas)	⁹⁰ Sr (Bq/päevas)
Päeva toiduratsioon SA Põhja-Eesti Regionaalhaigla Mustamäe korpuse köögist	26.05.05.	0,80±0,12*	0,068±0,015**
Päeva toiduratsioon SA Põhja-Eesti Regionaalhaigla Mustamäe korpuse köögist	21.12.05.	0,91±0,07*	<0,023**

* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Määramatusvahemik väljendab gamma-spektromeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist standardhälvet.

Määrangute järgi sisaldab päevane toiduratsioon ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr nukliide vastavalt vähem kui 0,9 Bq ja 0,07 Bq. Aasta jooksul sellise isotoopse koostisega toidu söömisel saab täiskasvanud inimene vähem kui 0,004 mSv suuruse oodatava kiiritusdoosi.

Uuritud proov esindab Eesti elanike keskmist toidu tarbimist ja arvatud oodatav kiiritusdoos 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.

Looduskeskkonnas kasvavate seente ja marjade seires jälgiti gammakiirgust emiteeriva radioisotoobi ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsiooni Kirde-Eestis Tšernobõli katastroofi käigus saastunud aladelt korjatud metsaseentes ja -marjades ning lisaks ka Tallinna „Kajaka“ turult ostetud seentes ja marjades. Tulemused on toodud tabelis 6. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon marjades oli kuni 18,9 Bq/kg ning seentes kuni 776 Bq/kg. Näiteks, kui inimene sööb selliseid seeni aasta jooksul umbes 5 kg põhjustab see oodatavaks efektiivdoosiks kuni 0,05 mSv ning süües sellised marju aastas umbes 5 kg on oodatavaks aastaseks efektiivdoosiks kuni 0,001 mSv.

Tabel 6. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) metsaseentes- ja majades

Proovi tüüp	Proovi nimetus	Proovivõtmise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/kg)
Metsamarjad (korjatud Kirde-Eestist)	Kurtna pohlad	24.08.05.	7,9±0,5*
	Narva-Jõesuu pohlad	24.08.05.	16,7±1,0*
	Kurtna mustikas	24.08.05.	12,2±1,2*
	Narva-Jõesuu mustikas	24.08.05.	18,9±1,2*
Metsaseened (korjatud Kirde-Eestist)	Kurtna pilvikud	24.08.05.	173,7±5,5*
	Narva-Jõesuu pilvikud	24.08.05.	117,5±4,3*
	Narva-Jõesuu võiseen	24.08.05.	776±34**
Metsamarjad (ostetud „Kajaka“ turult)	Jõhvikad	28.09.05.	5,8±0,7*
	Pohlad	13.09.05.	8,04±0,46*
Metsaseened (ostetud „Kajaka“ turult)	Kukeseened	28.09.05.	31,3±1,2

*Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Määramatus väljendab radiomeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist hälvet.

Uluki (metssea) lihas, lastud Harju- või Raplamaa piirkonnas, analüüsiti ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr sisaldust. Tulemused on toodud tabelis 7.

Tabel 7. ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l) uluki lihas

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	¹³⁷Cs (Bq/kg) määrgkaalu kohta	⁹⁰Sr (Bq/kg) määrgkaalu kohta
Ulukiliha	07.10.05	55,2±2,0*	<0,02**

*Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

MEREKESKKONNA KIIRGUSSEIRE

Merekeskkonna seires jälgiti gamma-spektromeetriliselt määratavate kunstlike radionukliidide aktiivsuskontsentratsiooni HELCOM mereseire programmi raames Eestile määratud viies statsionaarses jaamas, millede koordinaadid, aga samuti kogutud proovide tüübid ja analüüsitulemused, on toodud tabelis 8.

Tabel 8. Merekeskkonna seire vaatlusjaamade võrk ja tulemused

Proovi tüüp	Proovivõtu aeg	Vaatlusjaam	Koordinaadid		¹³⁷ Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/m ³)
			Põhjalaius	Idapikkus	
Merevesi pinnalt	28.05.05	EE38	59 24 40	27 47 00	21±3
	27.05.05	EE17	59 43 00	25 01 00	34±5
	26.05.05	PE	59 22 80	24 09 30	38±5
	26.05.05	PW	59 20 50	24 02 00	39±5
	26.05.05	EE22	59 26 00	23 09 00	36±5
Kalad (räim)	17.11.05	Paldiski	59 22 00	24 10 00	6,9±0,3 (Bq/kg märgkaalu kohta)
	14.12.05	Sillamäe	59 28 00	27 45 00	6,8±0,3 “
Meretaimed (põisadru)	03.10.05	Paldiski	59 22 40	24 08 10	17,5±1,2 (Bq/kg kuivkaalu kohta)
	14.11.05	Sillamäe	59 25 80	27 31 20	17,3±0,7 “

* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Merevee radioaktiivsuse kohta Eesti seirejaamades on andmeid alates 1997. aastast (joonis 6). Nendele ja naaberriikide andmetele toetudes saab üldise seaduspärasusena välja tuua ¹³⁷Cs sisalduse suurenemise idast läände. Ilmselt on see tingitud madalama ¹³⁷Cs sisaldusega vee sissekandest suurte jõgede poolt lahe idaosas (vt. tabel 2). Kuigi andmed samades jaamades on aastate lõikes muutlikud, võib pikemas perspektiivis täheldada mõõdukat ¹³⁷Cs sisalduse vähenemist. Suurimad kõikumised esinevad Narva lahes, mis on osaliselt tingitud Narva jõe poolt merre kantud puhtama vee erinevast segunemisastmest mereveega eri aastatel.

¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon kalades ja põisadrus on aastate jooksul aeglaselt vähenenud. Sarnaselt mereveega on üldiselt täheldatav, et ¹³⁷Cs sisaldus biotas on Soome lahe idaosas madalam võrreldes läänepoolse osaga.

Kuna räim on eestlastele väga oluline toidukala, siis pakub huvi, kui suure ¹³⁷Cs põhjustatud kiiritusdoosi võivad inimesed saada. Võttes aluseks väga äärmusliku toitumisharjumuse, kui inimene tarbib iga päev 0,5 kg Soome lahest pütud räime (fileena), võib öelda, et aasta jooksul söödud kalast saadav oodatav kiiritusdoos on u 0,017 mSv.

