

KESKKONNA IONISEERIVA KIIRGUSE SEIRE

2007. 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.

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. Tähelepanu on pööratud eelkõige Eesti lähialadel paiknevatele tuumajaamadele - Loviisa Soomes, Sosnovõi Bor Venemaal ja Ignalina Leedus.

Looduslike kiirgusallikatega tingitud kiirgusdoose elanikkonnale uuritakse eelkõige teadusuuringute käigus ja juhtudel kui on alust arvata, et looduslikud radionukliidid põhjustavad elanike kiirituse olulist suurenemist (nt radoon pinnases ja hoonete sisõhus ja joogivees esinevad looduslikud radionukliidid).

Kiirgusseire teostamisel arvestatakse, et radionukliide sisaldavad ained liiguvad looduskeskkonna eri sfäärides küllalt erinevalt. Näiteks tuumaavariides satub radioaktiivne saaste eelkõige atmosfääri, kus viibimise periood varieerub ning võib kanduda üle laialdase maa-ala. Hüdroosfääri satub radioaktiivne saaste eelkõige sadenedes atmosfäärist. Radioaktiivsete ainete viibimisaeg hüdroosfääris on oluliselt pikem kui atmosfääri puhul. 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.

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 põhistandardite järgimiseks. Artikli 36 kohaselt tuleb seireandmed edastada etteantud vormis perioodiliselt Euroopa Komisjonile tagamaks võimaluse elanikkonna kiirguskoormuse hindamiseks. Euroopa Liidu liikmesriikides on keskkonna kiirgusseires rakendatud ühtne meetodika, mida on kirjeldatud Euroopa Komisjoni soovitus 2000/473/Euratom 8. juuni 2000. Lisaks on kiirgusseire alusdokumentideks kiirgusseadus, keskkonnaseire seadus, EN direktiiv 96/29/EURATOM, EN direktiiv 87/600/EURATOM, HELCOM soovitus nr 18/1.

Eestis on EURATOM asutamislepingu kiirguskaitset puudutavate nõuete praktiliseks täideviijaks Kiirguskeskus. Kiirguskeskuse poolt teostatavas keskkonna iga-aastases kiirgusseire programmis arvestatakse Euroopa Komisjoni soovitusi alates 2002. aastast.

Arvestades Eesti pindala väiksust ning looduskeskkonna reostumise võimalust 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.

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 mis tahes 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.

Kiirgustegevus - mis tahes tegevus, mis suurendab või võib suurendada inimese kiiritust tehisallikate kiirgusest või looduslikest kiirgusallikatest, kui looduslikke radionukliide töödeldakse nende radioaktiivsuse, lõhustatavuse või tuumasünteesi omaduste pärast.

Kiirgusseire 2007. aastal

2007. 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. Inimtegevuse mõju hindamisel jälgiti Eesti suurema ohuga kiirgustegevuskohtade ümbruses looduskeskkonna radioaktiivsuse taset.

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

Tabel 1. 2007. 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}Cs	Bq/m ³
Joogivesi	2 korda aastas	2	4	^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , ^{226}Ra , ^{228}Ra	Bq/m ³
Inimese päevane toiduratsioon	2 korda aastas	2	4	^{137}Cs , ^{40}K , ^{90}Sr	Bq/proov
Piim	1 kord kvartalis	3	12	^{137}Cs , ^{40}K , ^{90}Sr	Bq/l
Metsamarjad	1 kord aastas	6	9	^{137}Cs , ^{40}K	Bq/kg
Metsaseened	1 kord aastas	7	15	^{137}Cs , ^{40}K	Bq/kg
Toiduained	1 kord aastas	kaubandus-võrk	10	^{137}Cs , ^{40}K	Bq/kg
Ulukiliha	1 kord aastas	1	1	^{137}Cs , ^{40}K	Bq/kg
AS A.L.A.R.A kontrollpuurkaevude vesi	1 kord kvartalis	3	9	^3H	Bq/l
Õhusakesed	1 kord nädalas	3	156	^{137}Cs , ^7Be	Bq/m ³
Gammakiirguse doosikiirus	pidev	10 jaama	pidev	Gammakiirguse doosikiirus	nSv/h

Kiirguskeskuse koostööpartneriks olid atmosfääri seire 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 toitlustusteenistuse töötajad. Ülejäänud proovid koguti Kiirguskeskuse 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 reaalajas 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 v.a. 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 mõõtmine reaalajas	Õhuosakeste ja aerosoolide kogumine filterseadmete abil	Koordinaadid	
				Põhjalaius	Idapikkus
1.	Harku		X	59 23 50	24 35 58
2.	Kunda	X		59 31 05	26 32 44
3.	Kärdla	X		58 59 38	22 49 19
4.	Mustvee	X		58 51 55	26 57 09
5.	Narva-Jõesuu	X	X	59 27 46	28 02 45
6.	Pärnu	X		58 22 53	24 30 00
7.	Sõrve	X		57 54 45	22 03 25
8.	Tallinn	X		59 26 55	22 43 00
9.	Tõravere		X	58 15 53	26 27 42
10.	Türi	X		58 48 34	25 24 35
11.	Valga	X		57 47 18	26 02 00
12.	Võru	X		57 50 43	27 01 10

Gammakiirguse doosikiiruse seire

Atmosfäärist ja maapinnast lähtuvat üldise gammakiirguse taset jälgiti reaalajas kahe sõltumatu automaatvõrgu abil. Vanem alamvõrk koosneb kolmest Soome päritolu AAM-95 tüüpi jaamast (asukohaga Sõrve, Türi, Võru). Nimetatud süsteem mõõdab Geiger-Müller detektoriga 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, Kärdla), 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 tehisluku päritoluga radionukliidide poolt tekitatud doosikiirusel ja identifitseerida radionukliide. Lisaks on PMS-jaamad varustatud vihmadetektori, temperatuurisensori ja niiskussensoriga. PMS-jaamad töötavad pidevalt reaalajas alates 1997. aastast.

Tavaolukorras edastatakse seireandmed jaamadest telefonivõrgu kaudu üks kord ööpäevas Kiirguskeskuse serverisse, vajadusel on võimalust andmete edastamist sagedamaks muuta, näiteks hädaolukorras. Kõigis jaamades on võimalik reguleerida mõõtmiste integratsiooniaega

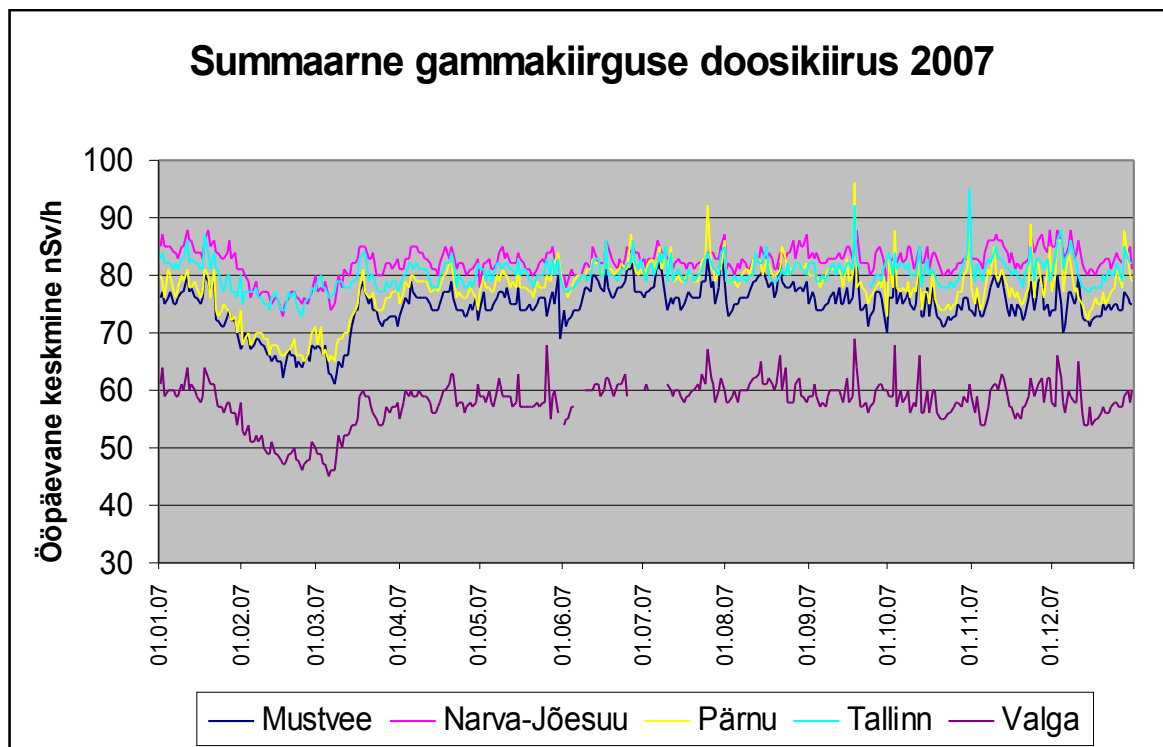
ja andmete edastamise intervalli. Minimaalne mõõteperiood on 10 minutit. Kindlaksmääratud tasemest kõrgema väärtuse avastamisel saadab jaam keskserverile häireteate. Automaatjaamade poolt genereeritud alarmteadete edastamiseks on rakendatud operatiivne infosüsteem, mis tagab Kiirguskeskuse valvemeeskonna kohese teavitamise.

Õhuseire andmed edastatakse iga kümne minuti tagant ka Itaalias Ispras asuvale EURDEP-andmebaasi (*EURDEP- European Radiological Data Exchange Platform*), kus need on kättesaadavad teistele asutustele ja ka Euroopa avalikkusele - <http://eurdep.jrc.it/>. Automaatjaamade poolt mõõdetud tulemused on esitatud ka Kiirguskeskuse koduleheküljel (www.kiirguskeskus.ee), kus on jälgitav andmete pikaajaline arhiiv.

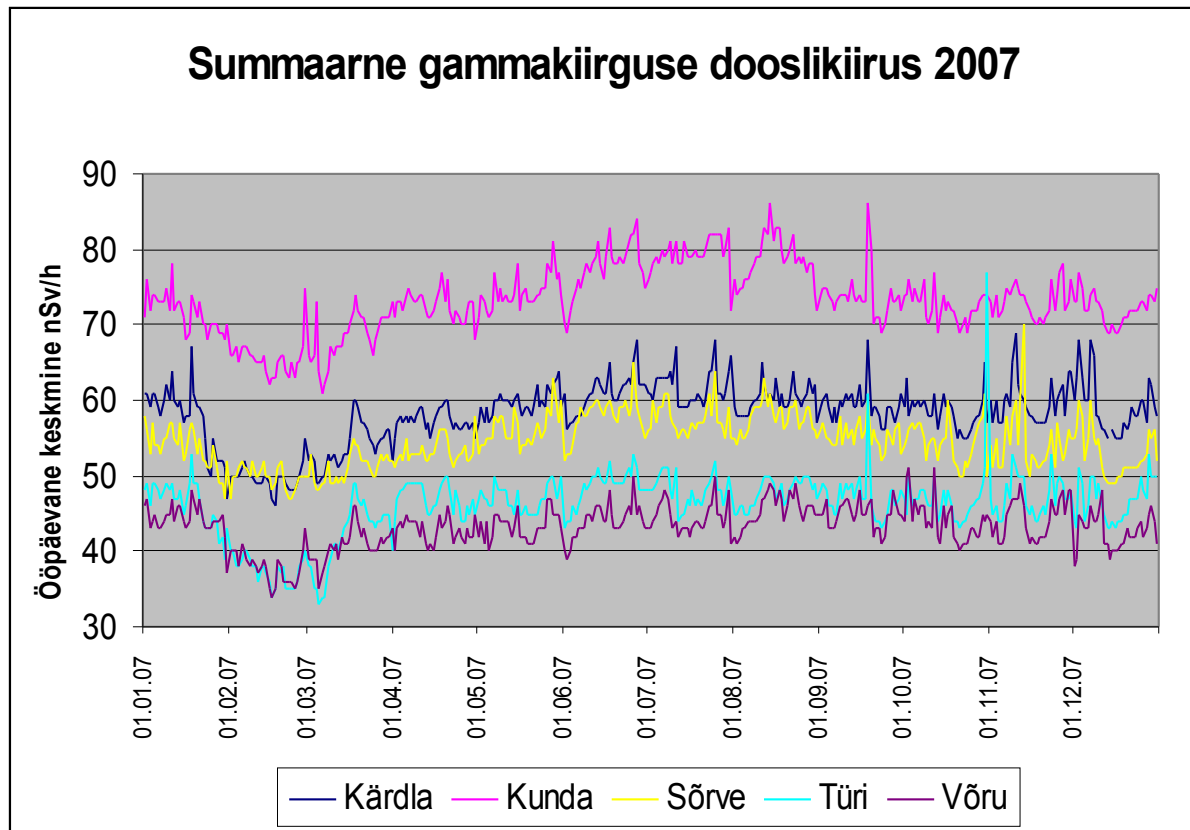
Kuude keskmised gammakiirguse doosikiiruse väärtused 2007. aastal jäid Eesti erinevates piirkondades automaatjaamade poolt mõõdetud andmete põhjal vahemikku 38–85 nSv/h. Aasta keskmised tulemused olid järgmised: Mustvees 75 nSv/h, Narva-Jõesuus 82 nSv/h, Pärnus 78 nSv/h, Tallinnas 80 nSv/h, Valgas 58 nSv/h, Kärldlas 58 nSv/h, Kundas 73 nSv/h, Sõrves 55 nSv/h, Türil 46 nSv/h ja Võru jaamas 43 nSv/h. Aasta keskmine gammakiirguse doosikiirus üle kogu vaatlusvõrgu oli 65 nSv/h, mis on lähedane viimaste aastate keskmisele tulemusele. Selline kiirgusfoon põhjustab inimesele aastas kesmiselt 0,7 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi. Kõrgeim tulemus mõõdeti 31. oktoobril Tallinna jaamas - 95 nSv/h. Gammakiirguse doosikiiruse looduslik varieeruvus võib ulatuda kuni 300 nSv/h.

Kõrgendatud väärtused üksikutel päevadel on põhjustatud eelkõige sademetest, mis „pesevad“ atmosfäärist välja looduslikke radionukliide. Doosikiiruse miinimum talvisel ajal on tingitud lumikattest. Gammakiirguse doosikiiruse kõikumine 2007. aastal erinevates seirejaamades on ära toodud joonisel (vt Joonis 1a ja Joonis 1b).

Joonis 1a: Summaarne gammakiirguse doosikiirus 2007. aastal.



Joonis 1b: Summaarne gammakiirguse doosikiirus 2007. aastal.



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 üks nädal ning analüüsitakse seejärel gammaspektromeetriliselt Kiirguskeskuse laboris. Eesmärgiks on täpselt identifitseerida radionukliidid ning määrata nende sisaldus õhus. Võrreldes automaatjaamade poolt fikseeritud tasemetega võimaldab suurte õhukoguste filtreerimine ja filtrite gamma-spektromeetriline analüüs avastada õhus kaks kuni kolm suurusjärku väiksemaid aktiivsuskontsentratsioone.

Atmosfääri radioaktiivsus väga madal ning kasutatav seiremeetod võimaldab usaldusväärselt mõõta ainult loodusliku kosmogeense isotoobi ^7Be , mida leidub atmosfääris alati ja kunstliku isotoobi ^{137}Cs nukliidide aktiivsuskontsentratsiooni. Radioaktiivset saastumist väljendavate teiste võimalike indikaatorisotopide (^{60}Co , $^{103,106}\text{Ru}$ jt) ja looduslike terestriiliste radioisotopide nukliidide sisaldus oli väiksem meetodi tundlikkuse lävest.

Harkus on alates 1995. aastast kasutusel TA Konstrueerimisbüroo poolt valmistatud suure võimsusega õhu proovide filterseade, kus pumbatakse õhk läbi Petrianovi filtri (õhuvoolumaht u 2600 m³/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 Peterburi tuumaelektrijaamas Sosnovõi Boris, mis asub umbes 60 km kaugusel Eesti piirist. Seade kogub õhuosakesi ja aerosoole klaasfiiber filtrile.

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

⁷Be ja ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsiooni väärtused Harku filterjaama õhus ulatusid 2007. aastal maksimaalselt vastavalt kuni 4,0*10⁻³ Bq/m³ ning kuni 2,0*10⁻⁶ Bq/m³. Aasta keskmised tulemused nimetatud jaama poolt mõõdetuna olid vastavalt 2,1*10⁻³ Bq/m³ ja 7,4*10⁻⁷ Bq/m³.

Narva-Jõesuu filterjaama õhus oli ⁷Be aktiivsuskontsentratsioon maksimaalselt kuni 6,0*10⁻³ Bq/m³ ning ¹³⁷Cs väärtus kuni 5,3*10⁻⁶ Bq/m³. Aasta keskmised tulemused olid vastavalt 2,9*10⁻³ Bq/m³ ja 1,9*10⁻⁶ Bq/m³.

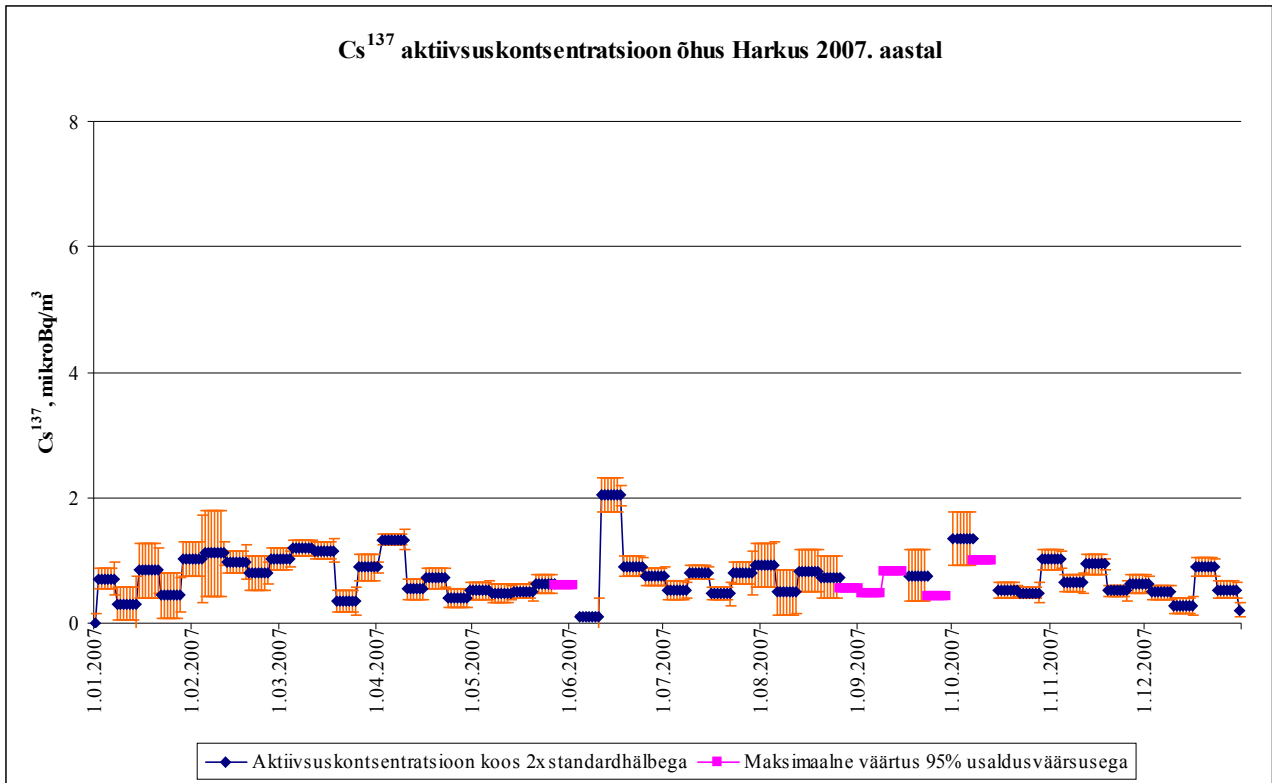
Tõravere filterjaamas mõõdeti ⁷Be maksimaalne tulemused 7,0*10⁻³. Aasta keskmine väärtus oli 3,5*10⁻³ Bq/m³. Tõravere filtritel oli ¹³⁷Cs sisaldus enamasti terve aasta jooksul madalam meetodi tundlikkuse piirist. See on tingitud asjaolust, et Tõravere filterseadme pumpamisvõimsus on 6 korda väiksem kui näiteks Narva-Jõesuus.

Mõõdetud tulemused on lähedased eelmiste aastate keskväärtustega neist seirejaamadest. Sellise õhu sissehingamisel on ¹³⁷Cs poolt saadav oodatav efektiivdoos marginaalse suurusega jäädes allapoole taset 1 nSv aastas.

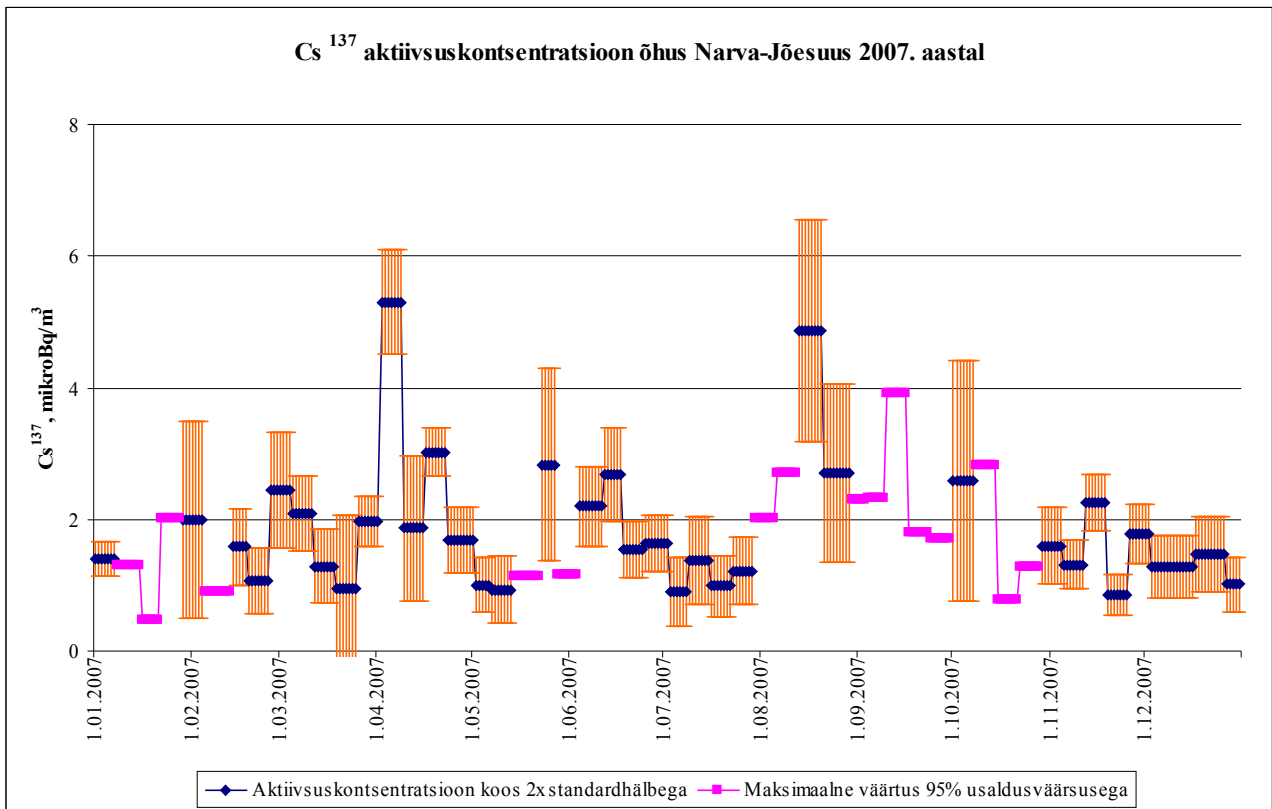
Tulemuste põhjal võib järeldada, et viimasel ajal ei ole toimunud Eesti naaberaladel tehisradionukliidide pihkumist atmosfääri. Õhuproovides sisalduv ¹³⁷Cs pärineb peamiselt kahest allikast: kuuekümnendatel läbiviidud tuumakatsetustest põhjustatud atmosfääri globaalne saastumine ja maapinnale sadenenud Tšernobõli päritoluga radioaktiivne saaste, mida näiteks ilmastikutingimuste, aga ka metsa- ja rabapõlengute käigus uuesti atmosfääri paisatakse. Sellega on eelkõige seletuseks Narva-Jõesuus ja Harkus mõõdetud õhu ¹³⁷Cs sisalduste mitmekordsele erinevusele.

¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsiooni kõikumised 2007. aasta jooksul erinevates filterjaamades on toodud joonisel (vt Joonis 2a, Joonis 2b, Joonis 2c). Graafikutel toodud "maksimaalsed väärtused" väljendavad olukorda, kui radionukliidide olemasolu ei detekteeritud ja selle tegelik sisaldus proovis oli väiksem kui toodud väärtus. Võrdluseks on ära toodud ka ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsiooni kõikumine Narva-Jõesuu jaama õhus 1996.-2007. aastal (vt Joonis 3).

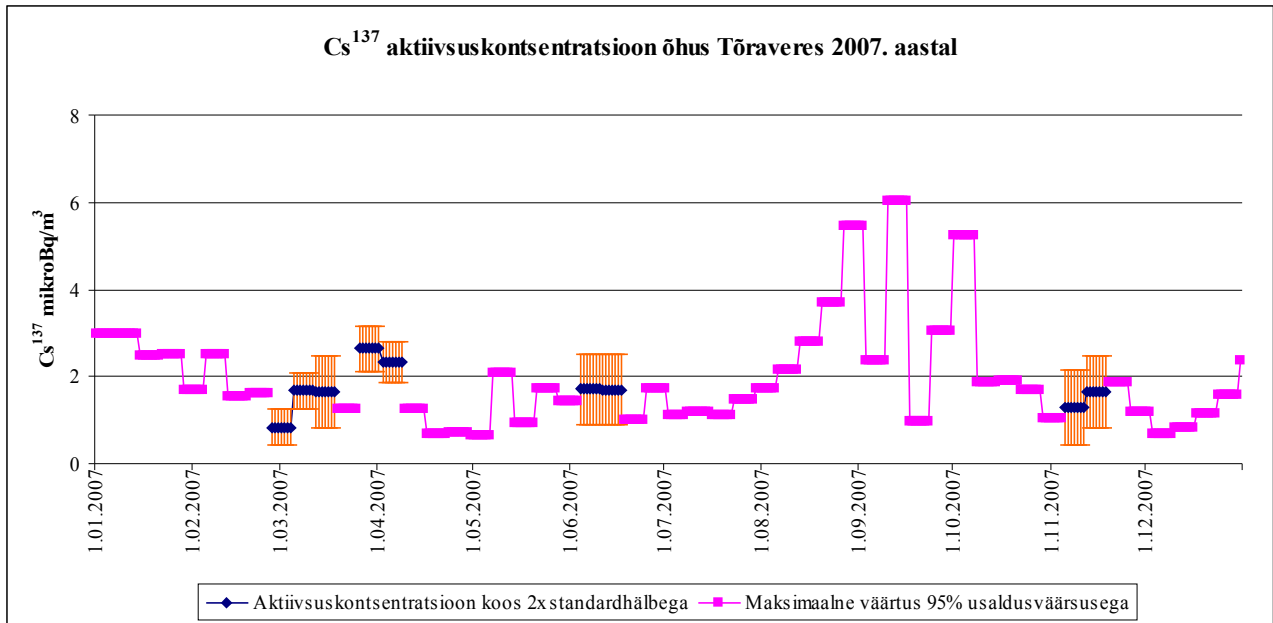
Joonis 2a: ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon õhus, Harku 2007. aastal.



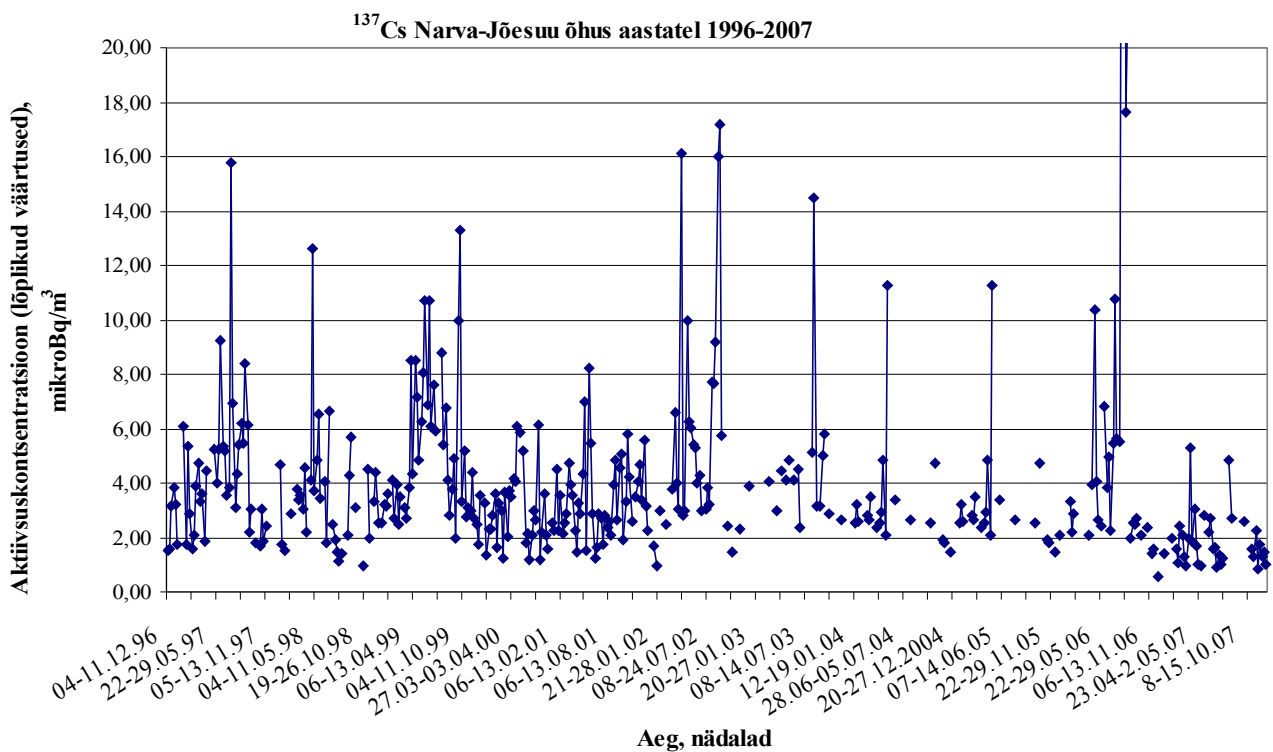
Joonis 2b: ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon õhus, Narva-Jõesuu 2007. aastal.



Joonis 2c: ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon, Tõravere 2007. aastal.



Joonis 3: ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon Narva-Jõesuu õhus 1996.-2007. aastal.



Pinnavete 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 maanteevõllil 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}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}Cs aastas. Soome lahes on ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon vees viimastel aastatel 20-50 Bq/m³, mis ületab umbes suurusjärgu võrra vastavaid väärtusi pinnavees.

Tabel 3. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Narva ja Pärnu jõe vees 2007. aastal.

Proovi nimetus	Seirejaama koordinaadid		Proovivõtu kuupäev	Analüüsitud proovi kogus (l)	^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l)
	Põhjalaius	Idapikkus			
Narva jõe vesi	59 25 50	28 07 41	23.03.2007	32,4	<0,005
			25.05.2007	32,4	<0,004
			28.08.2007	34,2	<0,004
			31.10.2007	34,2	<0,004
Pärnu jõe vesi	58 25 02	24 40 16	26.03.2007	32,4	<0,004
			23.05.2007	32,4	<0,004
			15.08.2007	33,8	<0,004
			31.10.2007	32,4	<0,004

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}Cs ja ^{90}Sr ning ^3H sisaldust pinnaveest toodetud joogivees (Ülemiste Veepuhastusjaamast väljastatavas joogivees). Lisaks jälgiti Kambrium-Vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees loodusliku päritoluga raadiumi isotoopide ^{226}Ra ja ^{228}Ra sisaldust

Maardu linnas. Kõik joogivee proovid (mahuga 50 l ja 10 l) võeti lõpptarbija juures kraanist (PERH Mustamäe korpuse ja Maardu perearstikeskuse veekraanist).

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

Tabel 4. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) pinnaveest toodetud joogivees 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovivõtu kuupäev, koht	Analüüsitud proovi kogus (l)	^{137}Cs (Bq/l)	Analüüsitud proovi kogus (l)	^{90}Sr (Bq/l)	^3H (Bq/l)
AS Tallinna Vesi, Ülemiste Vee-puhastusjaamast väljastatav joogivesi	27.04.07. Sütiste tee 19, Tallinn	34,2	<0,003	8	<0,003	<3
	24.10.07. Sütiste tee 19, Tallinn	34,2	<0,004	8	<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}Ra ja ^{226}Ra sisaldused olnud vastavalt kuni 0,62 Bq/l ja 0,75 Bq/l (vt Tabel 5). Eeldades, et inimene tarbib 730 liitrit joogivett aastas põhjusta aastane tarbimine kuni 0,5 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi, mis ületab tunduvalt Eesti seadusandluses joogiveele kohaldatavat piirtaset. 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 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovi võtu kuupäev, koht	^{228}Ra (Bq/l)	^{226}Ra (Bq/l)
Kambrium-Vendi joogivesi puurkaevust kat. nr. 379, Maardu, ringi tn. 13a	26.04.07. Haigla 2, Maardu	0,62±0,10*	0,75±0,10*
Kambrium-Vendi joogivesi puurkaevust kat. nr. 379, Maardu, ringi tn. 13a	30.10.07. Haigla 2, Maardu	0,54±0,10*	0,67±0,11*

* Viga väljendab radiomeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist hälvet

Piima seire

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 (vt Tabel 6).

Tabel 6. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Eestis toodetud piimas 2007. aastal.

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	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	0,23±0,10* <0,06** 58,6±6,8*	0,22±0,04* <0,03** 53,4±5,5*	0,20±0,13* <0,03** 49,6±5,9*	0,25±0,07* <0,03** 50,6±5,5*				
Järvamaa	<0,16* <0,03** 53,7±6,0*	<0,20* <0,03** 63,9±7,2*	<0,20* <0,03** 60,5±7,0*	<0,13 <0,03** 55,7±6,1*				
Ida-Virumaa	<0,18* <0,03** 60,1±6,8*	<0,19 <0,03** 68,1±7,5*	<0,12* <0,03** 54,2±6,3*	<0,11* <0,03** 52,3±5,4*				

* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

** Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

Andmetest järeldub, et praegusel ajal on Eestis toodetud piimas tehislise radionukliidide ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning põhjustavad inimestes ainult tühise efektiivdoosi. Näiteks saab väikelaps, kes tarvitab aastas 180 liitri lehmapiima, nimetatud isotoopide sissevõtmist oodatava efektiivdoosi kuni 0,0006 mSv. ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr sisalduse jälgimine piimas on siiski väga oluline baasandmete saamiseks, mida kasutada näiteks hädaolukordades, kuna need isotoobid migreeruvad kiiresti keskkonnast toiduainetesse.

Loodusliku päritoluga ⁴⁰K 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 leivatooded ja joogid. Toiduratsiooni proovides jälgiti kunstlike radionukliidide ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr ja loodusliku radionukliidi ⁴⁰K sisaldust. Proovid võeti kahel korral aastas SA Põhja-Eesti Regionaalhaigla Mustamäe korpuse ja SA TÜ Kliinikumi köögist.

Määrangute järgi sisaldas päevane toiduratsioon ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr nukliide vastavalt vähem kui 0,23 Bq ja 0,03 Bq ning ⁴⁰K vähem kui 116 Bq (vt Tabel 7).

Tabel 7. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/päevas) inimese poolt päevas sissesöödavas toiduratsioonis 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/päevas)	⁹⁰ Sr (Bq/päevas)	⁴⁰ K (Bq/päevas)
Inimese ühe päeva kogu toit, SA PERH	27.04.2007	0,19±0,07*	<0,03**	103±11*
Mustamäe korpuses	25.10.2007	<0,23**	0,035±0,014***	105±11*
Inimese ühe päeva kogu toit, TÜ Kliinikum	26.04.2007	0,12±0,07*	0,031±0,016***	107±11*
	30.10.2007	<0,23**	<0,03*	116±13*

* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

*** Viga väljendab radiomeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist hälvet.

Aasta jooksul sellise isotoopse koostisega toidu söömisel saab täiskasvanud inimene tehilike radionukliidide arvelt vähem kui 0,004 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi ning ⁴⁰K arvelt kuni 0,26 mSv suuruse doosi.

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 kunstliku radioisotoobi ¹³⁷Cs ja loodusliku päritolu ⁴⁰K aktiivsuskontsentratsiooni Kirde-Eestis Tšernobõli katastroofi käigus saastunud aladelt korjatud metsaseentes ja -marjades ning Tallinna „Kajaka“ turult ostetud seentes ja marjades, mis kasvanud Eesti eri piirkondadest. Lisaks analüüsiti Paljassaare metsades kasvavate seente radioaktiivsust. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon marjades oli kuni 19 Bq/kg ning seentes kuni 309 Bq/kg (vt Tabel 8). Näitena võib tuua, et kui inimene sööb selliseid seeni aasta jooksul umbes 5 kg on kunstlike radionukliidide poolt põhjustatud oodatavaks efektiivdoosiks kuni 0,02 mSv ning tarbides sellised marju aastas umbes 5 kg on oodatavaks aastaseks efektiivdoosiks 0,001 mSv.

Tabel 8. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) metsaseentes- ja marjades 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovivõtukoht	Proovivõtmise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)
Metsamarjad (Pohlad)	Kirde-Eesti (Narva-Jõesuu)	15.08.2007	7,8±0,7*	26,5±9,4*
Metsamarjad (Mustikad)	Kirde-Eesti (Narva-Jõesuu)	15.08.2007	4,7±0,5**	21,6±7,8**
Metsamarjad (Pohlad)	Kaubandusvõrk „Kajaka turg“	28.09.2007	15,0±1,1*	22,5±10,4*
Metsamarjad	Kaubandusvõrk „Kajaka turg“	28.09.2007	7,0±0,7*	14,5±8,8*
Metsamarjad (Pohlad)	Ida-Virumaa (Uueküla)	15.08.2007	19,0±1,2*	39,1±11,8*
Metsaseened (Puravikud)	Kirde-Eesti (Kurtina järvistu)	13.09.2007	15,8±1,3*	40,1±15,0*
Metsaseened (Võiseened)	Kirde-Eesti (Kurtina-järvisu)	13.09.2007	30,1±1,8*	43,8±12,9*
Metsaseened (Pilvikud)	Kirde-Eesti (Kurtina järvistu)	13.09.2007	8,4±1,0**	93±16**
Metsaseened (Puravikud)	Kirde-Eesti (Narva-Jõesuu)	13.09.2007	39,8±1,8*	56,8±10,5*

Metsaseened (Võiseened)	Kirde-Eesti (Narva-Jõesuu)	13.09.2007	187±10**	69±38**
Metsaseened (Pilvikud)	Kirde-Eesti (Narva-Jõesuu)	13.09.2007	214±11**	115±20**
Metsaseened (Mittesöödavad)	Kirde-Eesti (Narva-Jõesuu)	13.09.2007	309±15**	104±18**
Metsaseened (Kukeseened)	Kaubandusvõrk "Kajaka turg"	28.09.2007	15,5±1,7*	149±29*
Metsaseened (Võiseened)	Kirde-Eesti (Kuremäe)	13.09.2007	38,1±2,6*	68,9±19,7*
Metsaseened (Puravikud)	Tallinn, Paljassaare mets	27.09.2007	1,1±0,6*	95±14*
Metsaseened (Riisikad)	Tallinn, Paljassaare mets	27.09.2007	< 1,0***	79±12*
Metsaseened (Pilvikud)	Tallinn, Paljassaare mets	27.09.2007	< 1,0***	112±13**

*Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Määramatus väljendab radiomeetrilise mõõtmise kahekordset statistilist hälvet.

***Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

Uluki liha seire

Kaubandusvõrgust ostetud uluki (metssea) lihas analüüsiti ¹³⁷Cs ja ⁴⁰K sisaldus. Tulemused on toodud tabelis (vt Tabel 9).

Tabel 9. ¹³⁷Cs ja ⁴⁰K aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l) uluki lihas 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovi esitamise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/kg) määrgkaalu kohta	⁴⁰ K (Bq/kg) määrgkaalu kohta
Metssealiha	12.12.07	3,8 ± 0,3	113±13

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: ¹³⁷Cs ja ⁴⁰K aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) erinevates toiduainetes 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovivõtu koht	Proovi võtmise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)
Kanaliha (AS Tallegg)	„Pelgulinna Selver“	27.02.07	0,10±0,04	144±15*
Lambaliha (Viimsi LT AS)	„Viimsi Lihapood“	12.12.07	< 0,12	90±10
Sealiha (AS Rakvere)	„Pelgulinna Selver“	28.11.07	0,17±0,06	136±14
Veiseliha (Vastse-Kuuste LT)	Kristiine “Prisma”	30.11.07	< 0,19	95±11**
Kartul (Harjumaa)	„Pelgulinna Selver“	12.10.07	< 0,24	93±11**
Kartul (Järvamaa)	„Pelgulinna Selver“	12.10.07	< 0,19	114±13**
Kartul (Hiiumaa)	Kristiine “Prisma”	30.11.07	< 0,20	106±13**
Teravili (Veski Mati odrajahu)	„Pelgulinna Selver“	31.12.07	< 0,24	58,6±7,8**
Teravili (Veski Mati rukkijahu)	„Pelgulinna Selver“	31.12.07	< 0,18	123±14**
Teravili (nisujahu „Kalew“)	„Pelgulinna Selver“	31.12.07	< 0,20	35,2±6,0**

*Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

Uuritud toiduainete tarbimisest saadav efektiivdoos on väike. Näiteks 1 kg sellise liha söömine põhjustab efektiivdoosi kuni 0,0009 mSv ning 1 kg teravilja või kartuli samas koguses tarbimine kuni 0,0008 mSv suuruse doosi. Tehislike radionukliidide poolt põhjustatud doosikomponent jääb mõõdetud tulemuste põhjal alla 0,2 % aastasest doosist.

Kiirgustegevuskohtade lähialade seire

Proovid võeti Eesti kahe olulisema kiirgustegevuskoha – AS Silmet ja AS A.L.A.R.A lähialade looduskeskkonnast. Analüüsi mõlema objekti lähiumbruses kasvavate marjade ja seente ¹³⁷Cs sisaldust ning ³H sisaldust AS A.L.A.R.A kontrollpuurkaevude vees. Lisaks teostavad kiirgustegevuskohtade operaatorid iseseisvalt seiret vastavalt kiirgustegevusloa tingimustele. Aruanded esitatakse kohalikele keskkonnateenistustele ja Kiirguskeskusele.

AS Silmet tegeleb 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. Hetkel on lõppjärgus jäätmehoidla laiaulatuslik saneerimisprojekt, mille eesmärgiks on kindlustada radioaktiivset materjali sisaldav jäätmehoidla ja kaitsta keskkonda, eelkõige Läänemerd.

Radioaktiivsete ainete keskkonda sattumise võimalus on ka AS A.L.A.R.A poolt tehtavate Paldiski tuumaobjektil jätkuva desaktiveerimise ja demontaažitööde käigus. Hinnangute alusel jõuavad lekete korral radionukliidid kõige suurema tõenäosusega nõrgvette. Seetõttu

võeti proovid (mahuga 1,5 l) kord kvartalis kahest Paldiski objekti ja ühest Tammiku objekti kontrollpuuraugust, kus analüüsiti ^3H sisaldus. ^3H kontsentratsioon mõlema objekti territooriumi kontrollpuuraugu vees oli alla 9 Bq/l. Nimetatud kontsentratsiooni võib pidada madalaks. Mitmes proovis jäi ^3H 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}Cs sisaldust vetikates, merevees, setetes ja kalades. Tulemused on olnud madalad.

Tabel 11. ^3H aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l) AS A.L.A.R.A objektide kontrollpuuraukude vees 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	^3H (Bq/l)
Puurauk PA1 (Paldiski objekt)	02.04.2007	< 5,7
	02.07.2007	9±2
	08.10.2007	4,4±1,6
	21.12.2007	4,8±1,5
Puurauk PA6 (Paldiski objekt)	02.04.2007	< 5,7
	02.07.2007	< 3
	08.10.2007	< 3
	21.12.2007	< 3
Puurauk TA5 (Tammiku objekt)	02.04.2007	< 5,7
	02.07.2007	8±2
	08.10.2007	5,4±1,6
	21.12.2007	4,9±1,5

Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

Lisaks korjati metsamarju – ja seeni nimetatud objektide lähikümbruses, eesmärgiga teha kindlaks saaste deponeerumine. Analüüsitulemused näitavad, et olulist saaset ei esine (vt Tabel 12). Sillamäel ^{137}Cs sisaldus võib pärineda ka Tšernobõli õnnetuse järgsest saastest. Analüüsiti ka loodusliku päritoluga ^{40}K sisaldust proovides.

Tabel 12. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) AS A.L.A.R.A ja AS Silmet objektide lähikümbruse looduskeskkonnas kasvavates marjades ja seentes 2007. aastal.

Proovi nimetus	Proovivõtukoht	Proovi võtmise kuupäev	^{137}Cs (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)
Metsaseened (Söögiseened)	Tammiku objekti ümbrus	06.09.07	76±4**	56±18**
Metsaseened (Söögiseened)	Tammiku objekti ümbrus	06.09.07	81±4**	64±16**
Metsamarjad (Metsvaarikad)	Paldiski objekti ümbrus	18.07.07	< 0,21*	67±9**

Metsamarjad (Põldmurakad)	Paldiski objekti ümbrus	14.08.07	< 0,21*	62±9**
Metsamarjad (Metsmaasikad)	Tammiku objekti ümbrus	02.07.07	< 0,85*	82±11**
Metsamarjad (Pohlakad)	Tammiku objekti ümbrus	14.08.07	9,9±0,6**	21±6**
Metsaseened (Puravikud)	AS Silmet lähiümbrus	13.09.07	73,7±3,0	82,7±14,1**

*Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

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

Merekeskkonna seire

2007. aasta merekeskkonna seire raames koguti Mereinstituudi poolt Läänemerest vee proove viiest HELCOM mereseire programmi raames Eestile määratud stantsionaarsest jaamast. Lisaks analüüsiti merekeskkonnas elavate kalade ning vetikate ja põhjasetete radioaktiivsust. Proovides määrati gammaspetsimeetria meetodil ¹³⁷Cs sisaldus. Merekeskkonna seire 2007. aasta tulemused on esitatud eraldi aruandes (Merekeskkonna seire aruanne).

LÕPPSÕNA

Keskkonna kiirguse seire programmi raames jälgiti 2007. aastal summaarse gammakiirguse doosikiirust, õhukandelist osakeste ja aerosoolide radioaktiivsust ning radionukliidide sisaldust pinna- ja joogivees, piimas, inimese päevases toiduratsioonis, erinevates toiduainetes, metsmarjades ja -seentes, metsloomade lihas ning merekeskkonnas. Lisaks teostati Eesti suurima ohuga kiirgustegevuskohtade lähialade 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 ¹³⁷Cs sisalduses õhukandelistes osakestes. Analüüsitulemused näitavad, et Eesti naaberriikides ei ole toimunud tehisradionukliidide pihkumist atmosfääri.

2007. aastal analüüsitud proovide radionukliidide sisaldust võib pidada väikeseks v.a. raadiumi sisaldus kambrium-vendi põhjavees, mis ületab selle 730 liitrise aastase tarbimise juures seadusega kehtestatud efektiivdoosi piirmäära.