

KESKKONNA IONISEERIVA KIIRGUSE SEIRE 2010. AASTA TULEMUSED

EESSÕNA

Keskkonna ioniseeriva kiirguse seire (kiirgusseire) üldiseks eesmärgiks on informatsiooni kogumine kõigi keskkonnasfäärade 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.

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

Euroopa Liidu liikmesriigina on Eestil 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. Eestis on EURATOM asutamislepingu kiirguskaitset puudutavate nõuete praktiliseks täideviijaks Keskkonnaamet. Euroopa Liidu liikmesriikides on keskkonna kiirgusseires rakendatud ühtne meetodika, mis on kirjeldatud Euroopa Komisjoni soovitus 2000/473/Euratom 8. juunist 2000. Lisaks on kiirgusseire alusdokumentideks kiirgusseadus, keskkonnaseire seadus, EN direktiiv 96/29/EURATOM, EN direktiiv 87/600/EURATOM, HELCOM soovitus nr 18/1.

Arvestades Eesti pindala väiksust ning looduskeskkonna reostumise võimalust mõnes naaberriigis toimunud ulatusliku kiirgushädaolukorra või tuumavarii tagajärjel, vaadeldakse seireprogrammis Eestit ühe geograafilise regionina. 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.

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 2010. AASTAL

2010. aastal jälgiti atmosfääri üldise gammakiirguse taset ja atmosfääri õhusakeste radioaktiivsust, mõõdeti pinnavee, joogivee, Eestis toodetud toorpiima, inimese üldise toiduratsiooni ning erinevate toiduainete (sh metsaseente) radioaktiivsust. Kuna Eesti osaleb Läänemere Keskkonnakaitsekomisjoni (HELCOM) mereseire programmis, siis on kiirgusseiresse lülitatud ka merekeskkonna jälgimine. Inimtegevuse mõju hindamisel jälgiti Eesti ühe suurema kiirgustegevuskoha, AS A.L.A.R.A Paldiski ja Tammiku objektide ümbruses looduskeskkonna radioaktiivsuse taset. Kokku uuriti 2010. aastal kiirgusosakonna laboris riikliku kiirgusseire raames 231 proovi.

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. 2010. aastal kogutud 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
Metsaseened	1 kord aastas	3	8	^{137}Cs , ^{40}K	Bq/kg
Toiduained	1 kord aastas	kaubandusvõrk	10	^{137}Cs , ^{40}K	Bq/kg
Ulukiliha	1 kord aastas	kaubandusvõrk	1	^{137}Cs , ^{40}K	Bq/kg
AS A.L.A.R.A kontrollpuurkaevude vesi	1 kord kvartalis	4	16	^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
Merevesi	1 kord aastas	5	5	^{137}Cs	Bq/m ³
Meretaimed	1 kord aastas	1	1	^{137}Cs	Bq/kg
Merekalad	1 kord aastas	6	6	^{137}Cs	Bq/kg

Keskkonnaameti koostööpartneriks olid atmosfääri seires 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 Keskkonnaameti 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 reaalsajas 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.

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 mõõtmine reaalsajas	Õhusakeste 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 reaalsajas 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 tehniliku päritoluga radionukliidide poolt tekitatud doosikiirusel ja identifitseerida radionukliide. Lisaks on PMS-jaamad varustatud vihmadetektori, temperatuuri- ja niiskussensoriga. PMS-jaamad töötavad pidevalt reaalsajas alates 1997. aastast.

Tavaolukorras edastatakse seireandmed jaamadest telefonivõrgu kaudu üks kord ööpäevas Keskkonnaameti serverisse, vajadusel on võimalust andmete edastamist sagedamaks muuta,

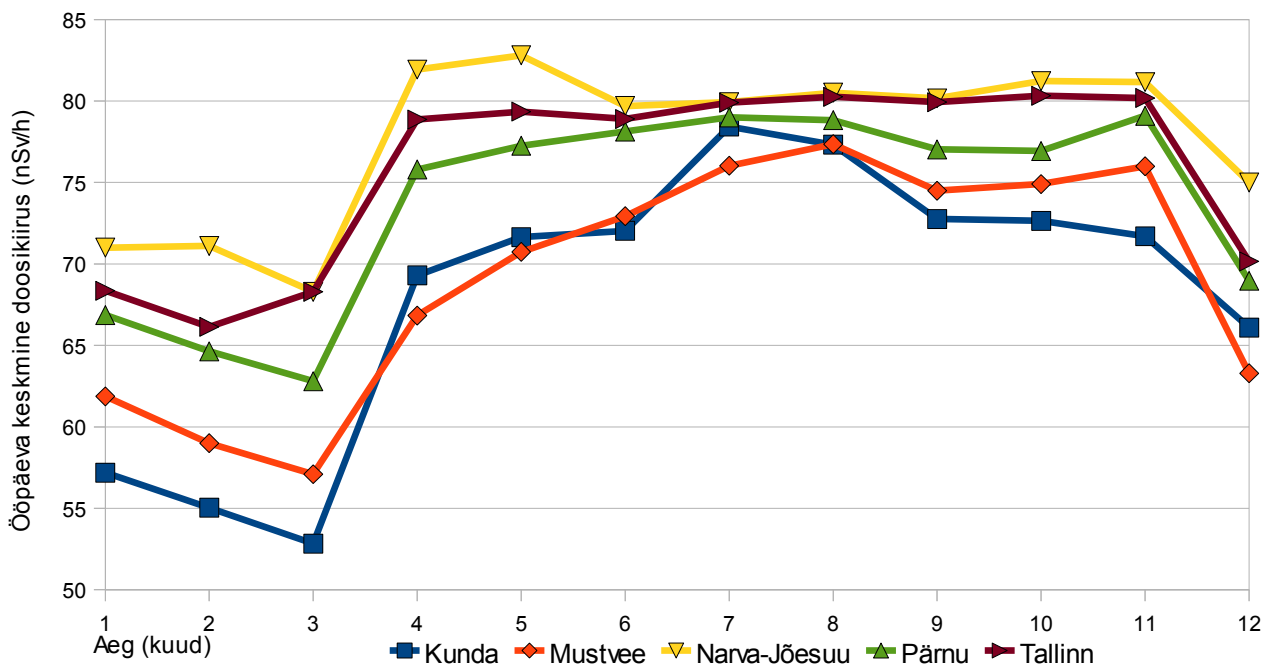
näiteks hädaolukorras. Kõigis jaamades on võimalik reguleerida mõõtmiste integratsiooniaega ja andmete edastamise intervalli. Kindlaksmääratud tasemest kõrgema väärtuse avastamisel saadab jaam keskserverile häireteate. Automaatjaamade poolt genereeritud alarmteadete edastamiseks on rakendatud operatiivne infosüsteem, mis tagab Keskkonnaameti 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 Keskkonnaameti koduleheküljel (www.kiirguskeskus.ee), kus on jälgitav andmete pikaajaline arhiiv.

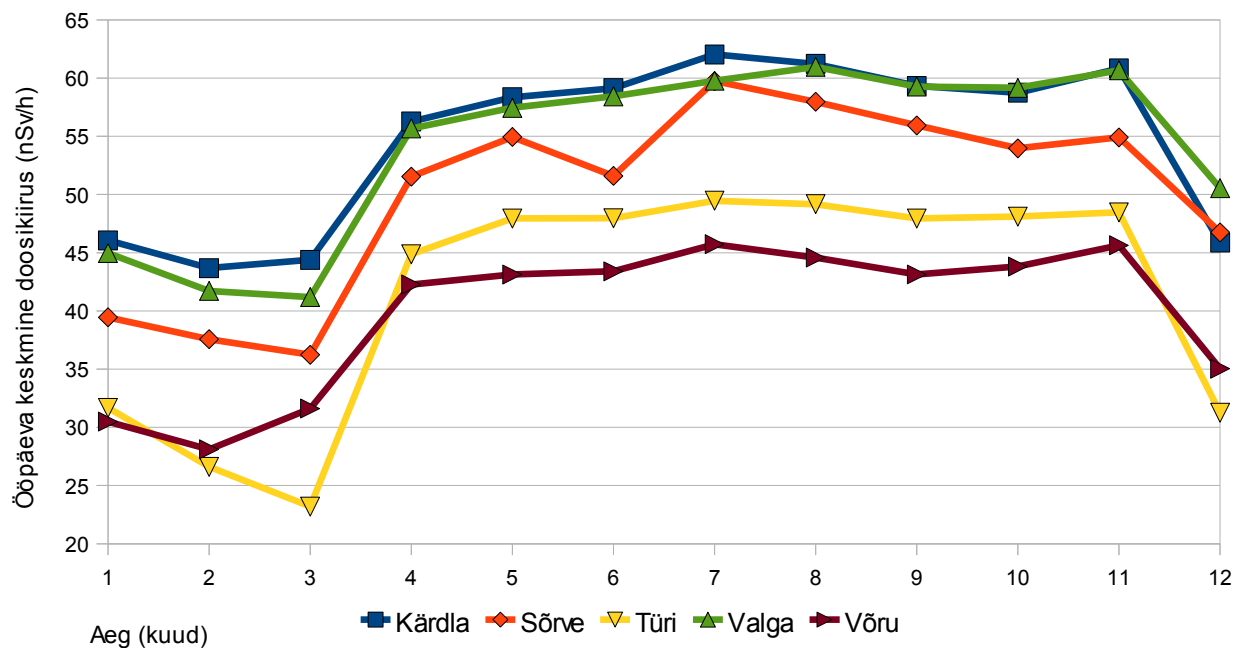
Kuude keskmised gammakiirguse doosikiiruse väärtused 2010. aastal jäid Eesti erinevates piirkondades automaatjaamade poolt mõõdetud andmete põhjal vahemikku 23–83 nSv/h. Aasta keskmised tulemused olid järgmised: Mustvees 69 nSv/h, Narva-Jõesuus 78 nSv/h, Pärnus 74 nSv/h, Tallinnas 76 nSv/h, Valgas 54 nSv/h, Kärddlas 55 nSv/h, Kundas 68 nSv/h, Sõrves 50 nSv/h, Türil 41 nSv/h ja Võru jaamas 40 nSv/h. Aasta keskmine gammakiirguse doosikiirus üle kogu vaatlusvõrgu oli 60 nSv/h, mis on lähedane viimaste aastate keskmisele tulemusele. Selline kiirgusfoon põhjustab inimesele aastas keskmiselt 0,5 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi. 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 2010. aastal erinevates seirejaamades on ära toodud joonistel (vt Joonis 1a ja Joonis 1b).

Joonis 1a: Summaarne gammakiirguse doosikiirus (nSv/h) 2010. aastal, mõõdetud Kunda, Mustvee, Narva-Jõesuu, Pärnu ja Tallinna jaamas.



Joonis 1b: Summaarne gammakiirguse doosikiirus (nSv/h) 2010. aastal, mõõdetud Kärkla, Sõrve, Türi, Valga ja Võru jaamas.



Gammakiirgus on PMS tüüpi jaamade andmetel põhjustatud valdavalt looduslikest radionukliididest. Tehsilike 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.

Õhusakeste seire

Atmosfääriosakeste ja aerosoolide radioaktiivsuse seiret viiakse läbi kolmes jaamas: Harkus, Narva-Jõesuus ja Tõraveres. Jaamades eksponeeritakse filtreid mõõteajaga üks nädal ning analüüsitakse seejärel gammaspetsimeetriselt Keskkonnaameti kiirgusosakonna laboris. Eesmärgiks on täpselt identifitseerida radionukliidid ning määrata nende sisaldus õhus. Võrreldes automaatjaamade poolt fikseeritud tasemetega võimaldab suurte õhukoguste filtreerimine ja filtrite gammaspetsimeetrisel analüüs avastada õhus kaks kuni kolm suurusjärku väiksemaid aktiivsuskontsentratsioone.

Atmosfääri radioaktiivsus on 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 , ^{106}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-Jõesuus suure võimsusega õhuproovide filterseade Snow White JL-900 (Senya OÜ, Soome) eesmärgiga avastada võimalikult vara õhu saastumine

juhul, kui peaks toimuma avarii Leningradi 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 ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioonide väärtused Harku filterjaama õhus ulatusid 2010. aastal maksimaalselt vastavalt kuni $4,7 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ ning kuni $1,9 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$. Aasta keskmised tulemused nimetatud jaama poolt mõõdetuna olid vastavalt $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ ja $7,3 \cdot 10^{-7} \text{ Bq/m}^3$.

Narva-Jõesuu filterjaama õhus oli ^7Be aktiivsuskontsentratsioon maksimaalselt kuni $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ ning ^{137}Cs väärtus kuni $2,6 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$. Aasta keskmised tulemused olid vastavalt $2,7 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ ja $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$.

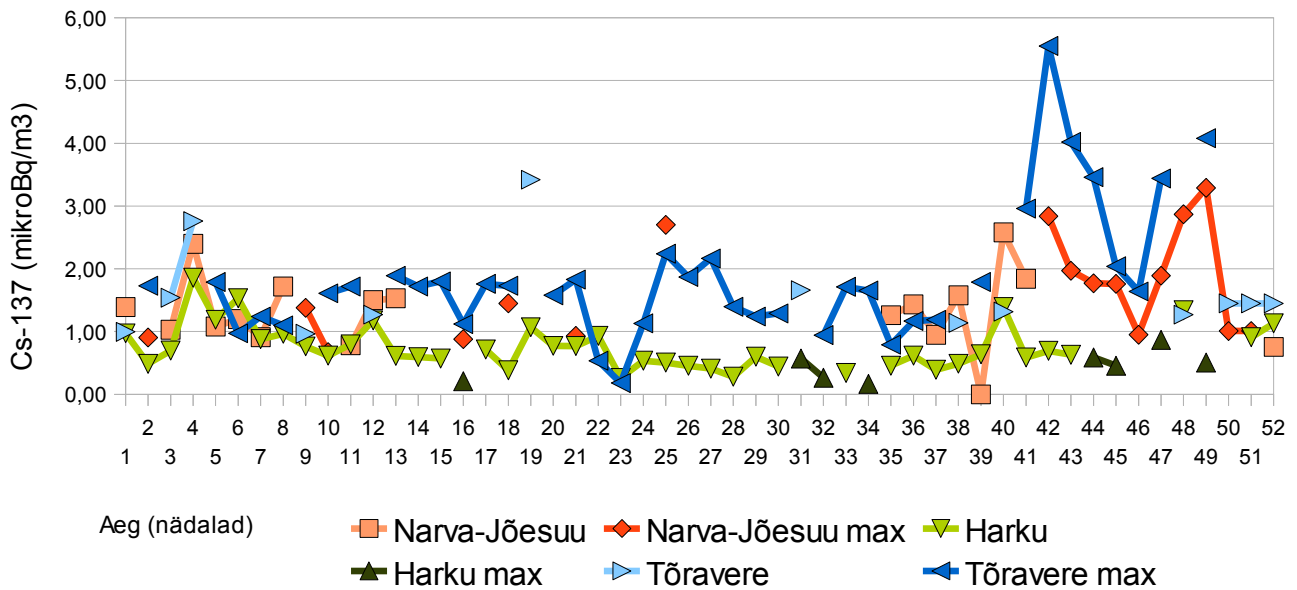
Tõravere filterjaamas mõõdeti ^7Be maksimaalne tulemused $8,4 \cdot 10^{-3}$. Aasta keskmine väärtus oli $3,7 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$. Tõravere filtritel oli ^{137}Cs sisaldus enamasti terve aasta jooksul madalam meetodi tundlikkuse piirist. See on tingitud asjaolust, et Tõravere filterseadme pumpamisvõimsus on 6 korda väiksem kui näiteks Narva-Jõesuus.

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

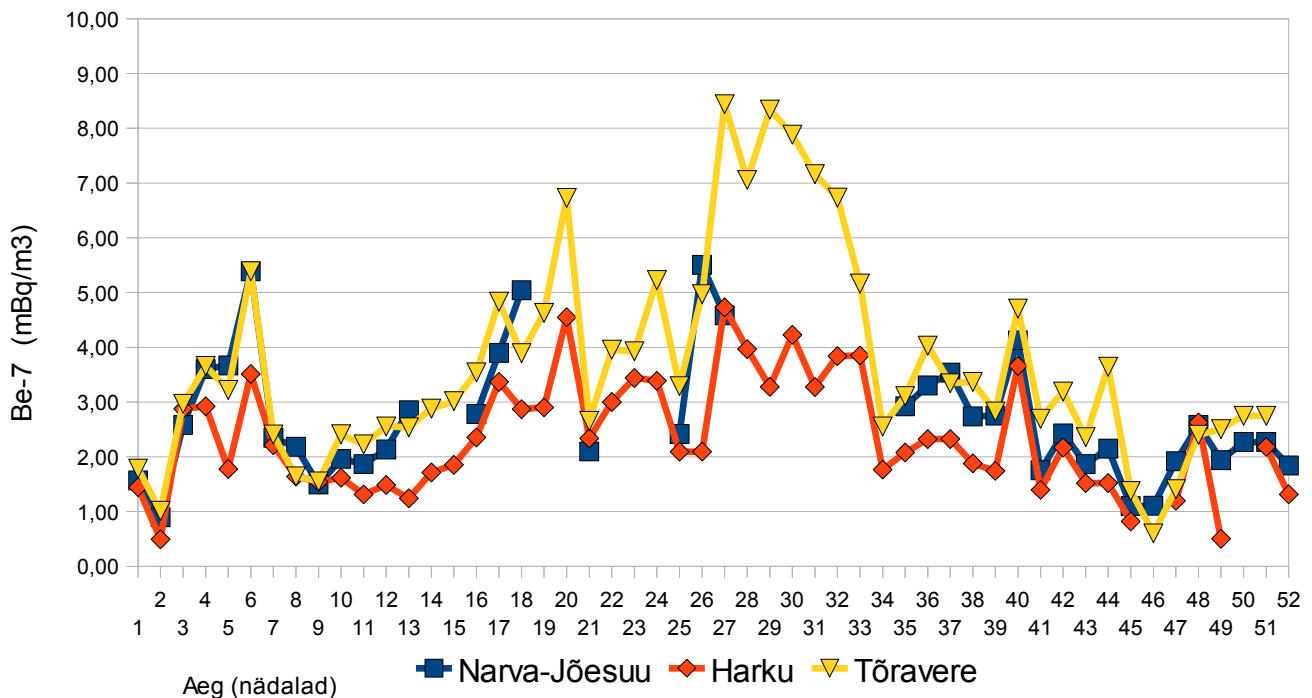
Tulemuste põhjal võib järeldada, et viimasel ajal ei ole toimunud Eesti naaberaladel tehisradionukliidide pihkumist atmosfääri. Õhuproovides sisalduv ^{137}Cs pärineb peamiselt kahest allikast: kuuekümnendatel läbiviidud tuumakatsetustest põhjustatud atmosfääri globaalne saastumine ja maapinnale sadenenud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

^{137}Cs ja ^7Be aktiivsuskontsentratsioonide kõikumised 2010. aasta jooksul erinevates filterjaamades on toodud joonistel (vt Joonis 2a, Joonis 2b). Graafikutel toodud "maksimaalsed väärtused" (max) väljendavad olukorda, kui radionukliidide olemasolu ei detekteeritud ja selle tegelik sisaldus proovis oli väiksem kui toodud väärtus.

Joonis 2a: ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) õhus, mõõdetud Harku, Narva-Jõesuu ja Tõravere jaamas 2010. aastal (*max väärtus väljendab olukorda, kui radionukliidide olemasolu ei detekteeritud ja selle tegelik sisaldus proovis oli väiksem kui toodud väärtus*).



Joonis 2b: ^7Be aktiivsuskontsentratsioon (mBq/m^3) õhus, mõõdetud Harku, Narva-Jõesuu ja Tõravere jaamas 2010. 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 valgatal 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 valgatalade 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 14-50 Bq/m³, mis ületab umbes suurusjärgu võrra vastavaid väärtusi pinnavees.

Tabel 3. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/l) Narva ja Pärnu jõe vees 2010. 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	07.05.2010	32,4	<0,004
			31.08.2010	34,2	<0,005
			29.10.2010	34,2	<0,003
Pärnu jõe vesi	58 25 02	24 40 16	25.03.2010	32,4	<0,004
			21.05.2010	32,4	<0,004
			10.09.2010	33,8	<0,004
			26.10.2010	32,4	<0,004

Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

Paksu jääkatte esinemise tõttu puuduvad I kvartalil Narva jõe veeproovi andmed.

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 juurest 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 2010. 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	24.05.2010. Sütiste tee 19, Tallinn	22,8	<0,004	8	<0,003	<3
	29.09.2010. Sütiste tee 19, Tallinn	32,4	<0,003	8	<0,003	<3

Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

Kambrium-vendi veekihistu põhjaveest toodetud joogivees Maardu linnas on Keskkonnaameti poolt läbi viidud seire kohaselt raadiumi isotoopide ^{228}Ra ja ^{226}Ra sisaldused olnud vastavalt kuni 1,12 Bq/l ja 1,49 Bq/l (vt Tabel 5). Eeldades, et inimene tarbib 730 liitrit joogivett aastas, põhjustab sellise joogivee aastane tarbimine kuni 0,9 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi, mis ületab tunduvalt Eesti seadusandluses joogivee efektiivdoosile kehtestatud indikaatornäitajat (0,1 mSv). 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 2010. aastal.

Proovi nimetus	Proovi võtu kuupäev, koht	^{228}Ra (Bq/l)	^{226}Ra (Bq/l)	^3H (Bq/l)
Kambrium-Vendi joogivesi puurkaevust kat. nr. 379, Maardu, ringi tn. 13a	15.03.2010. Haigla 2, Maardu	1,12±0,05*	1,49±0,23*	<3**
Kambrium-Vendi joogivesi puurkaevust kat. nr. 379, Maardu, ringi tn. 13a	23.09.2010. Haigla 2, Maardu	0,63±0,04*	0,76±0,11*	<3**

* Määramatus väljendab kahekordset statistilist hälvet.

**Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

PIIMA SEIRE

Piima proovid koguti kuude keskmiste proovidena, mis iseloomustavad Harjumaal, Järvamaal ja Tartumaal kokku ostetud 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 2010. 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
Harjumaa	<0,21**	<0,02**	39,6±5,8*	0,18±0,09*	<0,02**	42,4±5,3*	<0,22**	<0,02**	41,7±6,2*	<0,20**	<0,02**	41,1±6,5*
Järvamaa	<0,23**	<0,02**	37,7±4,8*	<0,33**	<0,02**	39,5±5,8*	<0,20**	<0,02**	26,8±5,2*	<0,17**	<0,03**	41,5±6,5*
Tartumaa	<0,14**	<0,02**	51,6±5,4*	<0,19**	<0,02**	37,3±5,6*	<0,15**	<0,03**	40,8±5,8*	<0,21**	<0,03**	46,6±6,9*

* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

** Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

Andmetest järeldub, et praegusel ajal on Eestis toodetud piimas tehislake radionukliidide ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr aktiivsuskontsentratsioon väga madal ning põhjustavad inimestes ainult tühise efektiivdoosi. Näiteks saab väikelaps (1-2 aastane), kes tarvitab aastas 180 liitri lehmapiima, nimetatud isotoopide sissevõttust oodatava efektiivdoosi kuni 0,0006 mSv ning täiskasvanu 0,0004 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 (1-2 a) kuni 0,4 mSv suuruse aastase efektiivdoosi ning täiskasvanule sama koguse tarbimise juures 0,05 mSv suuruse doosi.

TOIDURATSIOONI SEIRE

Inimese päevase toiduratsiooni proovina käsitleti toidukogust, mille haiglas, statsionaaris olev haige saab päeva jooksul, kaasa arvatud leivatooted 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 0,21 Bq ja 0,03 Bq ning ⁴⁰K vähem kui 89,9 Bq (vt Tabel 7).

Tabel 7. Radionukliidide aktiivsuskontsentratsioonid (Bq/päevas) inimese poolt päevas sissesöödavas toiduratsioonis 2010. 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 Mustamäe korpuses	19.05.2010	0,09±0,05*	<0,025**	89,9±9,5*
	22.09.2010	< 0,21**	<0,03**	68,4±7,6*
Inimese ühe päeva kogu toit Tartu Ülikooli Kliinikum	18.05.2010	< 0,10**	<0,025**	76,4±8,3*
	23.09.2010	<0,12**	<0,03**	71,0±7,7*

* Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

Aasta jooksul sellise isotoopse koostisega toidu söömisel saab täiskasvanud inimene tehilike radionukliidide arvelt vähem kui 0,0006 mSv suuruse oodatava efektiivdoosi ning ⁴⁰K arvelt kuni 0,2 mSv suuruse doosi.

Uuritud proov esindab Eesti elanike keskmist toidu tarbimist ja arvutatud 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 seire

Looduskeskkonnas kasvanud seente seires jälgiti gammakiirgust emiteeriva kunstliku radioisotoobi ¹³⁷Cs ja loodusliku päritolu ⁴⁰K aktiivsuskontsentratsiooni Kirde-Eestis Tšernobõli katastroofi käigus saastunud aladelt korjatud metsaseentes (vt Tabel 8). Näitena võib tuua, et kui inimene sööb selliseid seeni aasta jooksul umbes 5 kg on kunstliku radionukliidi ¹³⁷Cs poolt põhjustatud oodatavaks efektiivdoosiks kuni 0,003 mSv ning loodusliku ⁴⁰K poolt põhjustatud efektiivdoosiks samuti 0,003 mSv.

Tabel 8. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) metsaseentes 2010. aastal.

Proovi nimetus	Proovivõtukoht	Proovivõtmise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)
Kukeseened	Kirde-Eesti (Narva ümbrus)	30.08.2010	44,2±2,2	93,5±18,4
Pilvikud ja võiseened	Kirde-Eesti (Narva ümbrus)	30.08.2010	44,6±1,9	107,7±21,1

Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Uluki liha seire

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

Tabel 9. ^{137}Cs ja ^{40}K aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l) uluki lihas 2010. aastal.

Proovi nimetus	Proovi esitamise kuupäev	^{137}Cs (Bq/kg) märgkaalu kohta	^{40}K (Bq/kg) märgkaalu kohta
Metssealiha	15.03.2010	7,9±0,4	97±11

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}Cs ja ^{40}K aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) erinevates toiduainetes 2010. aastal.

Proovi nimetus	Proovivõtu koht	Proovi esitamise kuupäev	^{137}Cs (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)
Kanaliha	„Viimsi Lihapood“	15.03.2010	< 0,17**	108±12*
Lambaliha	„Viimsi Lihapood“	15.03.2010	0,48±0,18*	59±8*
Sealiha	„Viimsi Lihapood“	15.03.2010	< 0,15**	93±10*
Veiseliha	„Viimsi Lihapood“	15.03.2010	0,17±0,11*	89±10*
Kartul „Vieneta“ (Läätsamäe talu)	„Ökosahver“	08.12.2010	< 0,17**	105±12*
Kartul „Maret“ (Kontsu talu)	„Ökosahver“	08.12.2010	< 0,14**	126±14*
Kartul „Varajane kollane“ (Kaskema talu)	„Ökosahver“	08.12.2010	< 0,19**	116±13*
Täistera kaerajahu (Zerna talu)	„Ökosahver“	08.12.2010	< 0,24**	102±12*
Mahe spelta püülijahu (Koplimäe Mahe talu)	„Ökosahver“	08.12.2010	< 0,17**	53±7*
Speltanisujahu (Raismiku talu)	„Ökosahver“	08.12.2010	< 0,17**	104±12*

*Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

**Tulemus esitatud 95% tõenäosusega.

Uuritud toiduainete tarbimisest saadav efektiivdoos on väike. Näiteks 10 kg lambaliha söömine põhjustab ^{137}Cs poolt väiksema efektiivdoosi kui 0,00006 mSv. Kõikide teiste tabelis toodud toiduainete samas koguses tarbimine põhjustab oluliselt väiksema efektiivdoosi. ^{40}K poolt põhjustatav efektiivdoos jääb väiksemaks kui 0,007 mSv.

KIIRGUSTEGEVUSKOHTADE LÄHIALADE SEIRE

Proovid võeti Eesti ühe suurima kiirgustegevuskoha – AS A.L.A.R.A lähialade looduskeskkonnast. Analüüsiti objekti lähiümbruses kasvavate seente ^{137}Cs ja ^{40}K sisaldust ning ^3H sisaldust AS A.L.A.R.A kontrollpuurkaevude vees. Lisaks teostavad kiirgustegevuskohta operaatorid iseseisvalt seiret vastavalt kiirgustegevusloa tingimustele. Aruanded esitatakse kohalikele keskkonnateenistustele ja Keskkonnaametile.

Veeproovid (mahuga 1,5 l) võeti kord kvartalis kolmest Paldiski objekti ja ühest Tammiku objekti kontrollpuuraugust. ^3H kontsentratsioon mõlema objekti territooriumi kontrollpuuraugu vees oli alla 7,1 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 põhjaveekihist, mis ei ole ühenduses pinnaveekihtidega. Keskkonnaamet on määranud eelnevatel aastatel ka Pakri poolsaarel ^{137}Cs sisaldust vetikates, merevees, setetes ja kalades. Tulemused on olnud samuti madalad.

Tabel 11. ^3H aktiivsuskontsentratsioon (Bq/l) AS A.L.A.R.A objektide kontrollpuuraukude vees 2010. aastal.

Proovi nimetus	Proovi võtmise kuupäev	^3H (Bq/l)
Puurauk PA1 (Paldiski objekt)	29.03.2010	< 3*
	16.06.2010	< 3*
	15.09.2010	7,1±1,6**
	04.01.2011	< 3*
Puurauk PA6 (Paldiski objekt)	29.03.2010	< 3*
	16.06.2010	< 3*
	15.09.2010	< 3*
	16.12.2010	< 3*
Puurauk PA9 (Paldiski objekt)	29.03.2010	< 3*
	16.06.2010	< 3*
	15.09.2010	< 3*
	16.12.2010	< 3*
Puurauk TA5 (Tammiku objekt)	29.03.2010	< 3*
	16.06.2010	< 3*
	15.09.2010	5,1±1,6**
	16.12.2010	< 3*

*Tulemused esitatud 95% tõenäosusega.

**Määramatus väljendab kahekordset statistilist hälvet

Lisaks korjati seeni nimetatud objektide lähiümbruses, eesmärgiga teha kindlaks saaste deponeerumine. Analüüsitulemused näitavad, et olulist saastet ei esine (vt Tabel 12). Analüüsiti ka loodusliku päritoluga ^{40}K sisaldust proovides.

Tabel 12. ¹³⁷Cs ja ⁴⁰K aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) AS A.L.A.R.A objektide lähimbruse looduskeskkonnas kasvavates seentes 2010. aastal.

Proovi nimetus	Proovivõtukoht	Proovi võtmise kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)
Metsaseened (männiriisikad)	Tammiku objekti ümbrus	27.09.2010	119±5	64±12
Metsaseened (puravikud+kuuserii sikad+sirmikud)	Tammiku objekti ümbrus	27.09.2010	39±3	64±14
Metsaseened (liik 3)	Paldiski objekti ümbrus	06.10.2010	6±1	126±12
Metsaseened (liik 4)	Paldiski objekti ümbrus	06.10.2010	31±2	176±30
Metsaseened (liik 5)	Paldiski objekti ümbrus	06.10.2010	14,1±1,4	247±34
Metsaseened (liik 6)	Paldiski objekti ümbrus	06.10.2010	34±3	262±42

Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Näitena võib tuua, et sellised seened põhjustavad nende 5 kg tarbimise juures ¹³⁷Cs poolt 0,008 mSv suuruse ja ⁴⁰K poolt samuti 0,008 mSv suuruse efektiivdoosi.

MEREKESKKONNA SEIRE

2010. aasta merekeskkonna seire raames koguti Mereinstituudi poolt Läänemerest vee proove viiest HELCOM mereseire programmi raames Eestile määratud statsionaarsest jaamast. Proovides määrati gammaspektromeetrilisel meetodil ¹³⁷Cs sisaldus. Tulemused jäid vahemikku 14-29 Bq/m³ (vt Tabel 13).

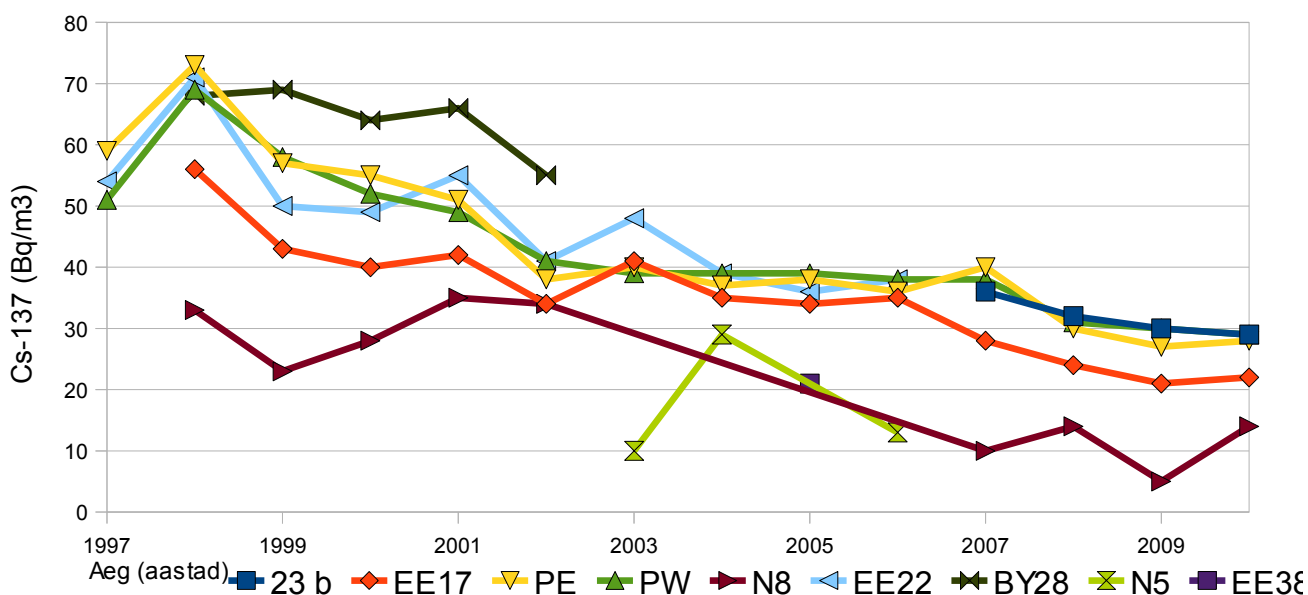
Tabel 13. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/m³) Soome lahe pinnavees 2010. aastal.

Proovivõtupaik ja koordinaadid	Proovivõtu kuupäev	Üldine sügavus (m)	Temperatuur, °C	Soolsus ‰	¹³⁷ Cs Bq/m ³
23 b 59°18'18" N, 23°17'18" E	26.05.2010	70	5,86	6,27	29±3
EE17 59°43'00"N, 25°01'00"E	28.05.2010	106	7,62	5,28	22±2
PE 59°22'48"N, 24°09'18"E	26.05.2010	20	7,56	5,92	28±3
PW 59°20'05"N, 24°02'00"E	24.05.2010	20	7,83	6,22	29±3
N8 59°28'30"N, 28°00'30"E	27.05.2010	11	10,88	2,72	14±2

Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Merevee radioaktiivsuse kohta Eesti seirejaamades on olemas andmed alates 1997. aastast. Kuigi andmed samades jaamades on aastate lõikes muutlikud, võib siiski täheldada mõõdukat ^{137}Cs kontsentratsiooni vähenemist (vt Joonis 3).

Joonis 3: ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/m^3) Soome lahe pinnavees 1997.-2010.aastal.



Lisaks analüüsiti merekeskkonnas elavate kalade ning vetikate radioaktiivsust. ^{137}Cs sisaldus kalades (räimedes) ja meretaimeses (põisadrus) on toodud tabelites (vt Tabel 14 ja Tabel 15). Näitena võib tuua, et süües aasta jooksul 5 kg selliseid kalu, põhjustab see inimesele aastase efektiivdoosi 0,0003 mSv.

Tabel 14. ^{137}Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) merekalades (räim).

Proovivõtupaik ja koordinaadid	Proovivõtu kuupäev	^{137}Cs (Bq/kg)
Toila 59°00' N; 27°00' E	30.09.2010	4,4± 0,2
Toila 59°30' N; 27°20' E	26.04.2010	4,1± 0,2
Soome laht 59°36' N; 23°42' E	18.09.2010	4,7± 0,2
Pakri – Osmussaar 59°23' N; 24°00' E	30.04.2010	4,6± 0,2
Tallinn-Pakri 59°39' N; 25°28' E	15.04.2010	4,5± 0,2
Purtse suue 59°29' N; 26°46' E	16.09.2010	3,5± 0,2

Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Tabel 15. ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon (Bq/kg) meretaimes (Focus Vesiculosus).

Proovivõtupaik ja koordinaadid	Proovivõtu kuupäev	¹³⁷ Cs (Bq/kg)
Kunda 59°31'53" N; 26°42'37" E	03.08.2010	14,2±0,9

Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2).

Sarnaselt mereveega on ka meretaimes ja -kalades ¹³⁷Cs aktiivsuskontsentratsioon aastatega aeglaselt vähenenud.

LÕPPSÕNA

Keskkonna kiirgusseire programmi raames jälgiti 2010. aastal summaarse gammakiirguse doosikiirust, õhukandelist osakeste ja aerosoolide radioaktiivsust ning radionukliidide sisaldust pinna- ja joogivees, piimas, inimese päevases toiduratsioonis, erinevates toiduainetes, metsaseentes, metslooma lihas ning merekeskkonnas. Lisaks teostati ühe Eesti suurima ohuga kiirgustegevuskoha 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 naaberaladel ei ole toimunud tehisradionukliidide pihkumist atmosfääri.

2010. aastal analüüsitud proovide radionukliidide sisaldust võib pidada väikeseks ja loodusliku päritoluga raadiumi sisaldus kambrium-vendi põhjavees, mis ületab selle 730 liitri aastase tarbimise juures seadusega kehtestatud efektiivdoosi indikaatornäitajat.

Võrdluseks aruandes kirjeldatud efektiivdooside suurustele võib välja tuua, et ÜRO aatomikiirguse mõjude teadusliku komitee (UNSCEAR; United Nations Scientific Committee on the Effects of Radiation) andmetel saab elanik aastast kõigest allikatest kokku u 2,8 mSv suuruse efektiivdoosi, millest 2,4 mSv saadakse looduslikest ja 0,4 mSv tehislikest allikatest.

Koostas:

Monika Lepasson
kiirgusosakonna kiirgusseire büroo juhataja