

KOHILA GÜMNAASIUM

LAURA RUUSMANN

12. KLASS

RADOON KOHILA VALLA MAJADE TOAÕHUS

JUHENDAJAD LIA PAHAPILL JA KIRSTI SOLVAK

SISSEJUHATUS

Radoon on looduslik radioaktiivne gaas. Mingil määral on seda kõikjal meie ümber, ent suurtes kogustes avaldab see ohtlikku mõju inimese tervisele.

Kohila valda, mis paikneb Rapla maakonnas, loetakse keskmise radooniriskiga piirkonnaks (Keskkonnaministeerium, 2004). Piirkonna looduslikuks eripäraks võib lugeda karstirohkust. Kohila vallas asub mitu karstiala: Aandu karstiala, Hageri karstikaitseala, Urge kuristik, Nõmme kuristik, Türiauk ja Rabivere soo (Lisa 1). Üks radooniriski tõstev tegur võibki olla piirkonna karstirohkus. Karstialale on püstitatud nii elamuid kui ka lasteasutusi.

Radoonisisalduse laiaulatuslikke mõõtmisi ei ole Kohila valla territooriumil varem tehtud. Samuti ei ole radoonimõõtmisi tehtud Kohila valla lasteasutustes. Tulenevalt sotsiaalministri määrusest nr 28 (Sotsiaalministeerium, 2007) peab lasteasutuste radoonitase toaõhus olema hinnatud. Oktoobris 2011. aastal sätestati õigusaktis „Tervisekaitseõuded koolieelse lasteasutuse maa-alale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule“, et koolieelse lasteasutuse ruumide siseõhu aasta keskmine radoonisisaldus peab olema väiksem kui 200 bekerelli kuupmeetris (Bq/m^3) (Vabariigi Valitsus, 2011).

Töös on püstitatud eesmärgiks selgitada välja radoonisisaldus Kohila valla karstialal paiknevate elumajade ja Kohila valla lasteasutuste toaõhus. Eestis ei ole karstialal taolisi uuringuid tehtud ning kohalikul omavalitsusel on vaja hinnata radoonitaset lasteasutuste toaõhus. Viis lasteasutust kuuest paiknevad karstialal.

Töös püstitati hüpotees, et radoonisisaldus Kohila valla karstialal paiknevates elumajade ja lasteasutuste toaõhus vastab normidele.

Töö koosneb neljast peatükist, millest esimeses kirjeldatakse radooni füüsikalisi omadusi, teises radooni mõju inimorganismile, radooniohtlikke alasid ning kehtestatud norme. Kolmas peatükk keskendub radoonisisalduste mõõtmise võimalustele ning mõõteprotsessi kirjeldustele. Neljandas peatükis on välja toodud mõõtmiste tulemused, nende analüüs ja järeldused.

Täna SA Eesti Teadusteagentuuri uuringute finantseerimise eest, töö juhendajaid Lia Pahapilli (TTÜ Eesti Mereakadeemia) ja Kirsti Solvakut (Kohila Keskkonnahariduse Keskus), Kohila Gümnaasiumi abiturienti Mariliis Karrot ning detektoreid laboris analüüsinud Keskkonnaameti kiirgusosakonna kiirgusseire büroo peaspetsialist Alar Polti.

1. RADOON

Kõik meie ümber koosneb aatomitest. Aatom koosneb elektronidest ning tuumas asetsevatest prootonitest ja neutronitest. Aatomi tuumad on üldiselt väga püsivad, ent mõningatel suurema diameetriga tuumadel on omane iseeneslikult laguneda. Iseeneslikku lagunemist nimetatakse radioaktiivsuseks ning neid tuumi radionukliidideks.

1.1. RADOON KUI RADIOAKTIIVNE GAAS

Radoon on keemiline element järjekorranumbriga 86, keemilise elemendi tähisega Rn. Radoon on värvitu lõhnatu inertne gaas, mida me oma meeltega ei tunne. Radooni olemasolu saame kindlaks teha mõõtmise teel.

Radooni puhul on tegu loodusliku radioaktiivse gaasiga. Radooni lagunemisel emiteeritakse alfaosakesi ja tekivad uued radioaktiivsed osakesed (tahked lagunemissaadused ehk tütarproduktid). Radioaktiivsete osakeste lagunemisel tekib

ioniseeriv kiirgus. Kiirguskaitse seisukohalt on ioniseeriv kiirgus selline kiirgus, mis on võimeline bioloogilises koes joonpaare tekitama (Kiirguskaitse sõnastik, 1997).

Radioaktiivsel lagunemisel emiteeritakse kolme liiki ioniseerivat kiirgust. Alfakiirgus on kahest protonist ja kahest neutronist koosnevate alfaosakeste (heeliumi tuumade) voog. Alfaosakesed omavad suurt energiat, on rasked ning neelduvad aines kiiresti ja on seega väikese materjalist läbitungimise võimega. Alfaosakeste jaoks on paberileht läbimatu.

Beetakiirgus on suure energiaga elektronide voog, mis eraldub ebastabiilsest tuumast. Beetakiirgus on palju suurema läbimisvõimega kui alfakiirgus. Beetakiirguse jaoks on läbimatu näiteks mitme millimeetri paksune plastmassikiht.

Gammakiirgus on gammakvantide (väga kõrge energiaga footonite) voog, mis eraldub ebastabiilsest tuumast. Gammakvandid on väga suure läbimisvõimega. Nende voo jaoks on läbimatu 5 sentimeetri paksune seatinakiht või poolemeetrine betoonikiht.

Gaasilise oleku tõttu võib radoon levida õhus difusiooniga 5 meetrit, enne kui 90% osakestest laguneb, kuid transpordituna õhu või veega erinevates pinnasekihtides ja piki kivimites olevaid lõhesid kanduda tekkimiskohast kümnete, isegi sadade meetrite kaugusele (Pahapill, 1999).

Radoon laguneb keemiliselt aktiivseteks lühiealisteks tütarproduktideks. Tütarproduktid on metalliioonid. Radooni tütarproduktid jäävad kergesti külge tolmuks, aerosoolile ja suitsule, mida siseõhus võib leiduda, sest laenguga osake tõmbab enda poole väikese massiga kehi. Radooniosakeste külgetõmbav omadus vähendab radooni hajumist välisõhku ja muudab ka radoonisisalduse sellises ruumis suuremaks. Samas võivad need radioaktiivsed lagunemissaadused ka ise koos sissehingatava õhuga organismi sattuda (Eesti Loodus, 2005).

Radoonil on kolm isotoopi, mis igäüks pärineb erinevast lagunemisreast: radoon-222 uraan-238-st, radoon-219 (aktinon) uraan-235-st ning radoon-220 (toroon) toorium-232-st. Lagunemisread on graafiliselt kujutatud lisas 2. Nendest on näha, et radoon on lagunemisriidades ainuke gaasilises olekus aine. Radoon-222 poolestusaeg on 3,82 ööpäeva; radoon-220 oma on 56 sekundit; radoon-219 poolestusaeg on 6 sekundit. Radooni lagunemisel tekkivad tahked radioaktiivsed elemendid, mis lõpuks lagunevad stabiilseks pliiiks. ÜRO Aatomikiirguse Mõjude Teaduskomitee (UNSCEAR) aruandes

väidetakse, et radooni osakaal maailma rahvastiku looduslikus kiirituses on ligikaudu 52%, radoon-222 annab selles 48%, radoon-220 ehk torooni osa kõigest 4%, aktinoni ehk radoon-219 mõju loetakse ebaoluliseks (UNSCEAR, 2006).

Looduslikku uraani leidub mineraalides, kivimites, setetes, mullas; samuti ka suuremal või vähemal määral mineraalse koostisega ehitusmaterjalides. Eestimaal on peamiseks radooni allikaks kõrge uraanisisaldus nii pinnakattes kui ka reas aluspõhja kivimites (diktüoneemakilt, fosforiit, Devoni liivakivide erimid jm) (Pahapill, 2013). Diktüoneemakilt avaneb maapinnale Põhja-Eestis (Keskkonnaministeerium, 2004). Mida lähemal on diktüoneemakilt maapinnale, seda rohkem tungib radooni majja (Aaslaid, 1997).

2. RADOONI OHTLIKKUS, TOAÕHU RADOONISISALDUSELE KEHTESTATUD NORMID

Radoon on gaas. Inimene hingab radooni koos toaõhuga sisse ja seega on see ohtlik eelkõige hingamisteedele ja kopsudele, sest suurendab riski haigestuda kopsuvähki ning hingamisteede haigustesse. Sissehingamisel jätkavad radooni aatomi tuum ning tema tütarproduktid organismis polooniumi isotoopideks lagunemist, emiteerides alfakiirgust. Alfakiirgus on põhimõtteliselt raskete heeliumiosakeste voog. Alfakiirgus on ohutu, sattudes nahale, ent hingamisteedes on katteta limaskest, millele alfakiirgus on kahjulik. Alfakiirgus mõjutab kudesid ning suurendab vähkkasvajate tekkimise võimalust. Radooni loetakse kopsuvähi riskitegurina suitsetamise järel teisel kohal olevaks (WHO, 2009).

Eesti kodudes põhjustab radoon uuringutele põhineva statistika järgi 12% kopsuvähijuhtudest aastas, millest omakorda 87% moodustab see osa elanikkonnast, kes suitsetab, ja kõigest 13% langeb mittersuitsetajate arvele (Pahapill, 1999). Suitsetajate puhul suurendab vähiriski suitsetamise ja radooni koosmõju (Pahapill, s.a).

2.1. KARSTIALA KUI RADOONIOHTLIK PIIRKOND

Karst on pinnavorm, mida kujundab maapõues voolav põhjavesi ning mineraalide lahustumine vee voolamise mõjul. Karstinähtused on tingitud karbonaatsete kivimite lahustumisest vees. Teistsuguse keemilise koostisega kivimite puhul (nt graniidid)

karstinähtusi ei teki. Kohila vallas asub mitmeid karstialasid: Aandu karstiaala, Hageri karstikaitseala, Urge kuristik, Nõmme kuristik, Türiauk ja Rabivere soo. (Lisa 1)

Enam levinud karstivormid on karrid ehk konarlikuks söövitatud kivimi pealispinnad ning karstikoopad, mis tekivad avardunud kivimilõhede hargnemis- ja ristumiskohtades (Karst Eestis, s.a). Karstialad on potentsiaalselt radooniohtlikud. Kui maja asub karstiaugu või -lõhe kohal, võib radoon migreeruda rõhuerinevuste tõttu hoonete siseõhku (Keskkonnaministeerium, 2004).

2.2. RADOONISISALDUSE NORMID

Radionukliidide keskmist eluiga väljendatakse poolestusaja kaudu. Poolestusaeg on ajavahemik, mille jooksul pooled radionukliididest lagunevad. Lagunemiskiirus näitab, kui kiiresti tuumad lagunevad. Üks radioaktiivne lagunemine sekundis võrdub ühe bekerelliga (1 Bq). Aktiivsuskontsentratsiooni mõõdetakse bekerelli kuupmeetri kohta (Bq/m^3). $1 \text{ Bq}/\text{m}^3$ näitab, et ühe sekundi jooksul toimub igas õhu kuupmeetris ühe radooni aatomi lagunemine (Keskkonnaamet, s.a).

Mida kõrgem on toaõhus radooni aktiivsuskontsentratsioon, seda rohkem radooni tuumade lagunemisi toimub 1 kuupmeetris toaõhus ning seda rohkem kiirgust emiteeritakse 1 sekundis.

Eestis on soovitatav toaõhu radoonisisalduse piir $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Lasteasutustes on $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$ kõrgeim lubatud näit. Erinevates riikides on kehtestatud erinevad radoonisisalduse piirnormid, neist suurim radoonisisalduse piirnorm on Kanadas – $800 \text{ Bq}/\text{m}^3$ (WHO, 2002).

3. RADOONISISALDUSE MÕÕTMINE

Radoonisisalduse mõõtmised tehakse enamasti hoonete sees, sest välisõhus radoon hajub. Siseruumides on radoonisisaldus suurem kui välisõhus, sest majad ehitatakse hermeetiliselt, mis takistab kogunenud gaasil ruumist väljumist. Väljas on radooni kontsentratsioon väiksem gaaside difusiooni tõttu ehk võib öelda, et välisõhus radooniosakesed segunevad õhumolekulidega ning hajuvad suurema maa-ala peale kui toas. Lisaks on Eestisse ehitatud majad väga sooja- ja tuulekindlad ning inimesed veedavad seal oma elust ligi 80% (Pahapill, 1999).

Radoon imbub läbi maapinna hoonesse. Siseruumide radoonitaset tuleks kindlasti mõõta radooniohtlikku piirkonda – Rapla lähedal asuvasse Kaiu valda ja Lääne-Virumaal Haljala valda (Lisa 3) – jäävates keldrita või ventilatsioonita keldriga elumajades. Kohila vallas on paljud 20. sajandi alguses ehitatud talumajad ilma keldrita. Sellise ehitusstiili üheks põhjuseks on rabaäärsete alade ja karstipiirkondade kõrge põhjavee tase.

Tulenevalt sotsiaalministri määrusest nr 28 (Sotsiaalministeerium, 2007) tuleb siseõhu radoonimõõtmised teha ka lasteasustustes. Esimesel juhul jääb vastutus eramaja omanikule, lasteasustuste siseõhu radoonisisalduse mõõtmise tellimise kohustus lasub kohalikul omavalitsusel või lasteasutuse omanikul.

Eestis korraldavad radoonisisalduse mõõtmisi mõned erafirmad ja Keskkonnaameti kiirgusosakond (<http://www.keskkonnaamet.ee>).

3.1. RADOONISISALDUSE MÕÕTMISE MEETODID

Kiirgusosakond teeb nii radoonitaseme pikaajalist kui ka lühiajalist mõõtmist. Lühiajaline meetod võtab mõõtmistega aega 2–4 päeva, mille ajaks paigaldatakse hoonesse radoonimonitor, mis jälgib radoonikontsentratsiooni muutusi ajas. Aparaat mõõdab radoonisisalduse kõikumisi õhus 10-minutilise intervalliga ning võimaldab pärast mõõtmist saada tulemused graafikuna.

Pikaajaline meetod hõlmab vähemalt kahe kuu pikkust mõõtmist kahe radoonimõõtedetektoriga, mis paigaldatakse esimeste korruste elu- ja tööruumidesse. Detektorid toimetatakse mõõdetavasse ruumi õhutihedates alumiiniumkotikestes. Need paigaldatakse enamasti inimese kõrgusele kapi või riiuli peale, kuhu ta jääb puutumatult mitmeks kuuks. Plastikmaterjalist detektorid asuvad kaitsekarbis. Detektori tööpõhimõte tugineb radooni radioaktiivsele omadusele lagunemisel alfakiirgust tekitada. Detektoris on plastiktükk, millele alfakiirgus jäljed jätab. Alfakiirguse tekitatud jälgi töödeldakse keemiliselt, analüüsitakse elektroonilise mikroskoobi ja spetsiaalse arvutiprogrammi abil (Kiirgusosakond, s.a).

Pikaajaline mõõtemetod on täpsem kui lühiajaline. Lühiajaline meetod näitab radoonitaseme hetkeseisundit ega anna terviklikku ülevaadet, seejuures pikaajaline meetod näitab pika aja keskmist radooni taset ning on seetõttu usaldusväärsem.

4. RADOONISISALDUSE MÕÕTMISED KOHILA VALLAS ASUVATE MAJADE TOAÕHUS

4.1. RADOONIMÕÕTMISE METOODIKA

Andmete kogumiseks korraldati kütteperioodil (edaspidine talvine mõõteperiood) eramajades ja Kohila valla lasteasutustes pikaajaline radoonisisalduse mõõtmine toaõhus. Mõõtmiseks valitud eramud asusid Kohila vallas paikneval karstialal. Eramajad asetsesid maa-aluste jõgede või karstiavade vahetus läheduses. Üks eramaja valiku tingimus oli omaniku nõusolek. Kõikides eramajades tehti mõõtmised esimesel korrusel, sest vaid üks maja oli kahekorruseline. Kahekorruselises majas mõõdeti radoonisisaldust esimesel korrusel ja keldrikorrusel, kus paiknesid eluruumid. Antud uurimistöös valiti pikaajaline mõõtemeetod, milles kasutati detektorit RSKS standard-tüüpi CR-39 plastikdetektor.

Eramajades korraldati kaks pikaajalist mõõtmist. Üks kütteperioodil ning kordusmõõtmine suveajal. Radoonimõõtmisi tehakse tavaliselt kütteperioodil, kuna siis on ukсед ja aknad suletud ning ruumi ventileerimisel tõmmatakse ruumidesse suhteliselt rohkem maa-alust õhku. Külmunud maapind hoone ümber takistab radooni väljapääsemist välisõhku. Maja all pinnas ei külmu ja sinna satub ka hoone ümbrusest radooni sisaldavat pinnaseõhku. Seetõttu on radooni sisaldus hoones talvisel ajal tavaliselt suurim. Suvel hoitakse aknaid rohkem lahti ja tubadesse tulev välisõhk vähendab ruumides radoonitaset. Kütteperioodil veedab tavainimene rohkem aega siseruumides, samuti liigub õhk hoonetest vähem välja, kuna ruume tuulutatakse vähem.

Kütteperioodil ja suveajal on tavaliselt hoonetes erinev radoonisisaldus. Kordusmõõtmised otsustati eramajades teha, et selgitada välja, kas eramajade toaõhu radoonisisaldusele võib avaldada mõju ka karstialal paiknemine. Maa-alustes koobastes tehtud mõõtmiste tulemuste kohaselt ei erine radoonitase suve- ja talveperioodil marginaalselt. (Whittlestone, 2003) Eestis pole varem karstialal selliseid kordusmõõtmisi kütteperioodil ja suvel tehtud. Kordusmõõtmisi ei tehtud Kohila valla lasteasutustes, sest lasteasutuste talvised mõõtmistulemused jäid kõik alla lubatud aktiivsuskontsentratsiooni normi piiri.

Esimesel mõõtmisel paigaldati 22 detektorit ajavahemikul 6.–11. veebruar 2013 üheteistkümnesse majasse. Detektorid paigaldati eluruumidesse. Ühe maja eluruumid

paiknesid keldrikorrusel. Detektorid eemaldati hoonetest ajavahemikus 15.–16. mai 2013. Kordusmõõtmisi alustati 15.–24. mail ning lõpetati 6.–9. septembril 2013. Mõõtmisi korraldati ka kahes teises hoones, mille mõõtmistulemusi ei arvestatud puudulike andmete tõttu. Novembris 2013 tehti mõõtmistulemused teatavaks eramajade omanikele.

Ajavahemikul 31. jaanuarist kuni 11. veebruarini 2013. aastal paigaldati 26 mõõtedetektorit Kohila valla kuude lasteasutusse: Põnnipere lasteaeda, Sipsiku lasteaeda, Mäni lasteaeda, Kohila gümnaasiumi Hageri algklassidesse, Sutlema Linnupesa lasteaeda ning Triinu ja Taavi päevahoidu. Detektorid paigaldati I korrusel paiknevatesse rühma ruumidesse ja magamistubadesse.

Põnnipere lasteaed asub Prillimäe alevikus aadressil Lasteaia põik 4. Hoone on valminud 1952. aastal ning viimati renoveeritud 10 aastat tagasi. Kohila lasteaed Sipsik asub Kohila alevis aadressil Posti 5A, hoone on valminud 1970ndatel ning renoveeritud 2009. aastal. Mäni lasteaed asub samuti Kohila alevis, aadressil Tööstuse 3. Lasteaia hoone on ehitatud kolmes osas. Vanim osa on valminud 1969. aastal, keskmine 1981. aastal ning juurdeehitus toimus 2012. aastal. Maja vana osa on renoveeritud. Kohila gümnaasiumi Hageri algklasside asukoht on Kohila tee 18 ning hoone on ehitatud 2002. aastal. Sutlema külas aadressil Lasteaia tee 1 asuv lasteaed Linnupesa on ehitatud 1966. aastal ning renoveeritud 2011. aastal. Triinu ja Taavi päevahoid tegutseb aadressil Viljandi mnt 9, Kohila alev. Hoone ümberehitus toimus 2008. aastal. (Lisa 4)

Mõõtedetektorit paigaldamiseks võeti mõõdetavas ruumis detektor õhukindlast alumiiniumpakendist välja ning asetati kapi või muu piisavalt kõrge eseme peale, mis oli lastele kättesaamatus kohas ning ei asunud ventilaatori lähedal. Ankeedile märgiti detektorit asukoht ning number.

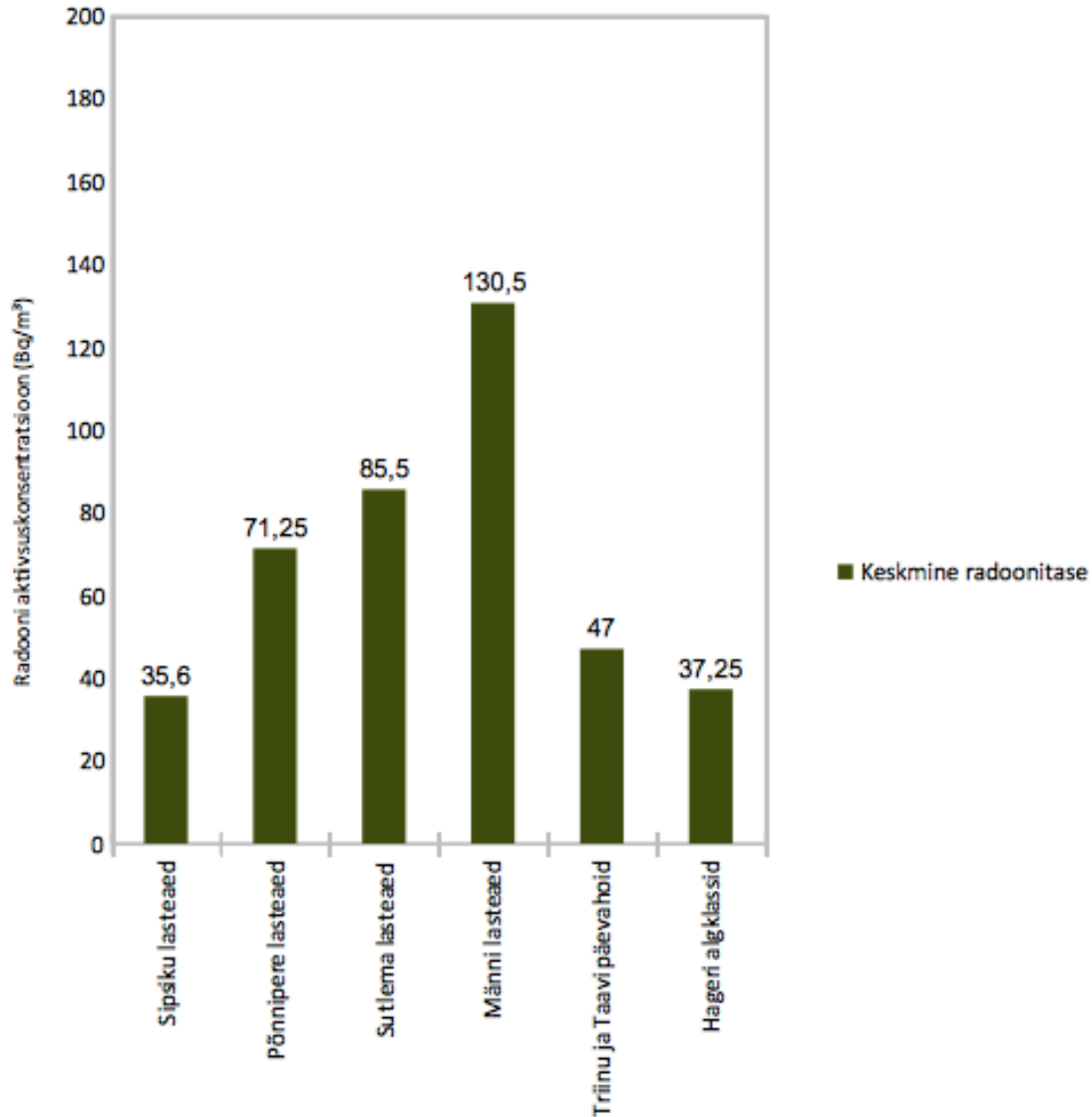
31. jaanuaril paigaldati 4 detektorit Põnnipere lasteaeda. 2 nendest paigaldati Krõlli rühma magamistuppa ja rühmaruumi, teised kaks Rüblikute rühma magamistuppa ja rühmaruumi. 1. veebruaril paigaldati 7 detektorit Sipsiku lasteaeda. 2 läksid Päikeseliblika rühma magamistuppa ja ka mänguruumi, kaks Mesimummi rühma magamisruumi ja mänguruumi ning kaks Põrnika rühma magamistuppa ning mänguruumi. Kõik kolm rühma asuvad maja erineva vanusega osades. Üks mõõtedetektor paigaldati majandusjuhataja tuppa. 4. veebruaril paigaldati 6 detektorit Mäni lasteaeda. Detektorid jagati kolme rühma – Mõmmi, Jänku ning Muumi –

magamis- ning mängutubade vahel. 7. veebruaril paigaldati üks detektor Triinu ja Taavi päevahoidu. Detektor teibiti mängu- ja magamisruumi seina külge. 11. veebruaril paigaldati 4 mõõtedetektorit Sutlema lasteaeda. Detektorid jagati Sajajalgsete ning Lepatriinude rühma magamis- ning mängutubade vahel nii, et igasse ruumi paigaldati üks. Samal päeval paigaldati 3 detektorit Kohila gümnaasiumi Hageri algklasside ruumidesse ja üks Hageri rahvamajja, mis asub samas hoones, kus algklassidki. Hageris algklasside ruumides paigaldati detektorid koridori, muusikaklassi ning R. Annilo kabinetti.

16. mail koguti lasteasutustest mõõtedetektorid kokku. Detektorid pandi ükshaaval kilekottidesse ning kilekottidele tehti sõlmed peale, et vähendada välisõhu sissepääsemist radoonidetektorit ümbritsevasse ruumi. Paigaldatud 26-st detektorist viidi samal päeval Kiirgusosakonda mõõtmisele 24 detektorit. Mõõtmised tegi Keskkonnaameti kiirgusosakonna kiirgusseire büroo peaspetsialist Alar Polt. Sipsiku lasteaiast ei leitud kahte detektorit Põrnika rühma ruumides.

4.2. MÕÕTMISE TULEMUSED JA JÄRELDUSED

Lasteasutuste mõõtmistulemused varieerusid ulatuses $>10...148\pm 22$ Bq/m³. Mõõtmistulemused on toodud lisa 5. Kõrgeim radoonitase mõõdeti Männi lasteaia Muumide mängutoas ning Mõmmi rühma magamistoas, kus oli tulemus võrdset 148±22 Bq/m³. Kõige madalam tulemus ehk alla kümne bekerelli kuupmeetri kohta mõõdeti Sipsiku lasteaias Mesimummi rühma magamis- ja ka mänguruumis. Mõõtmistulemused ei andnud alust näha märkimisväärset seost hoone ehitusaasta ning radoonitaseme vahel, sest tulemused ühes hoones varieerusid seal asuvate ruumide vahel. Kõik lasteasutused on renoveeritud või ehitatud viimase 11 aasta jooksul, seega on kõik hooned võrdlemisi uued. Kohila vallas jäävad kõikide lasteasutuste radoonisisalduste suurused ruumiõhus lubatud piirnormist madalamaks. Alloleval joonisel 1 on graafiliselt kujutatud iga lasteasutuse tulemuste aritmeetilised keskmised.



Joonis 1. Kohila valla lasteasutuste keskmised radoonitasead.

Eramajade mõõtmistulemused varieerusid vahemikus $20 \pm 5 \dots 379 \pm 57$ Bq/m³. Tulemused on toodud lisa 6 ning joonisel 2 on graafiliselt kujutatud eramajade keskmised mõõtetulemused nii talvistel kui ka suvistel mõõtmistel. Tulemuste tabelis on talude nimed ja aadressid asendatud numbrita 1–11, sest tegemist on konfidentsiaalse info, mille avalikustamine võib mõjutada kinnisvara hinda. Iga hoone kohta on kaks mõõtmistulemust, sest igasse hoonesse paigaldati kaks mõõtedetektorit, kumbki erinevasse ruumi. Tulemuste analüüsimisel on hooned nimetatud samade numbrita nagu nad on esitatud tabelis.

Talvistel mõõtmistel jäid kaheksas majas üheteistkümnest mõõtmistulemused normi piiresse. Kolmes hoones mõõdeti radoonisisalduse suurus normist kõrgemaks. Kõige suurem tulemus 379 ± 57 Bq/m³ mõõdeti 1999. aastal ehitatud maja nr 2 keldris, mis paikneb arvatava maa-aluse jõe vahetus läheduses. Tegemist on paeplatoole ehitatud lintvundamendiga majaga. Teine tulemus antud hoones jäi normi piiridesse.

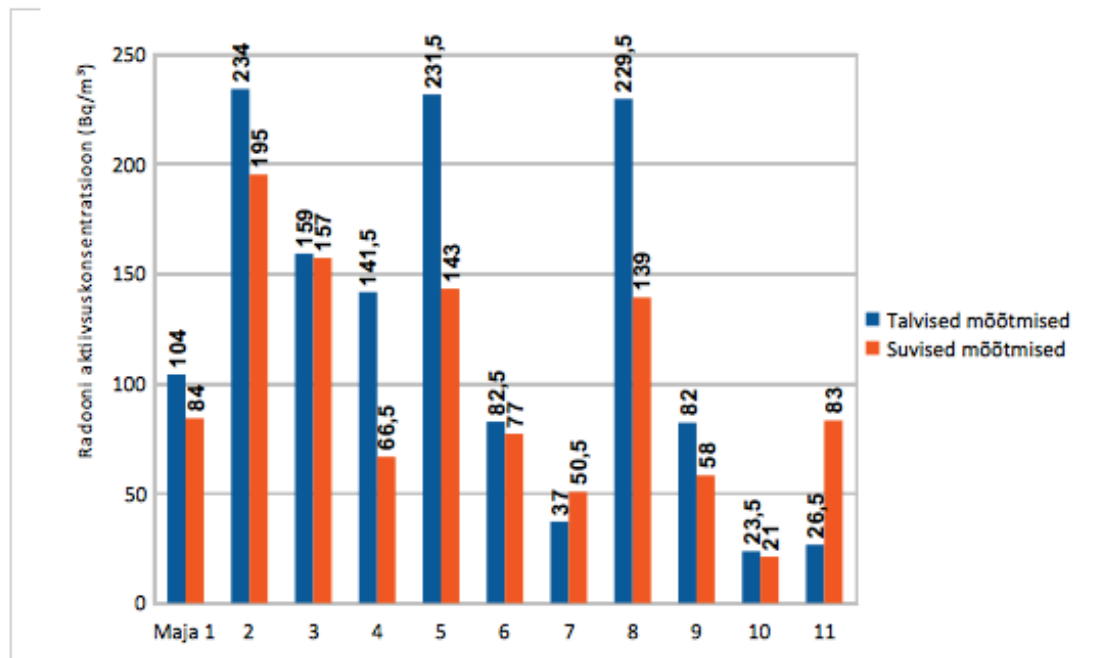
Teises anomaaliaga majas maja nr 5 mõõdeti ühe ruumi radoonisisalduse suuruseks 239 ± 36 Bq/m³ ja teise ruumi omaks 224 ± 34 Bq/m³. Maja paikneb 100 meetri kaugusel karstiaavast. Elumajaga ühenduses olevas kuuris on karstiauk, kust kevaditi vesi voolab maa alla. Hoonel on kõögialune kelder. Põhjavee tase maja kaevus on olnud alati kõrge. Suvistel mõõtmistel jäi antud majas radoonitase normi piiresse.

Kolmas maja mõõtmistulemustega ühes ruumis 242 ± 37 Bq/m³ ja teises 217 ± 33 Bq/m³ paikneb 30 meetri kaugusel maa peale tulevast allikast. Omanike sõnul paikneb maja vahetus läheduses allikasoo. 20 m kaugusel majast täheldati biopuhasti paigaldamisel n-ö paeastangu olemasolu. Paas oli tumehall ja väga tugev. Hoone on lintvundamendi ja keldrita. Põhjavee tase maja kaevus ei ole omanike sõnul langenud kunagi alla 4 meetri maapinnast.

Talvistel mõõtmistel olid kümne maja mõõtmistulemused normi piirides. Suurim aktiivsuskontsentratsioon ning ainus lubatust kõrgem tulemus mõõdeti ruumis, kus talvistel mõõtmistel oli samuti kõikidest hoonetest suurim radoonisisaldus toaõhus ehk majas nr 2. Tulemuseks oli 330 ± 50 Bq/m³.

2001. aastal lõppenud projekti „Radoon Eestimaa elamutes“ käigus valminud radoonitasemete kaardil (Lisa 3) on hinnatud Kohila valla keskmiseks radooni aktiivsuskontsentratsiooni tasemeks 150...200 Bq/m³. Antud uurimustöös jäid 11 elamus tehtud radoonitaseme mõõtmised talviste mõõtmistulemuste põhjal keskmise piiridesse kaks hoonet, kolme tulemused olid kõrgemad kui keskmine ning kuus tulemust olid keskmisest madalamad. Suvistest mõõtmistest jäi keskmise piiridesse üks hoone ning keskmist ja samas ka lubatud piirnormi ületas üks hoone, samas kui alla 150 Bq/m³ mõõdeti aktiivsuskontsentratsiooni tasemeks üheksas majas. Suviste ja kütteperioodi mõõtmistulemuste keskmise põhjal võib järeldada, et valitud hoonete radoonisisaldused

on pigem madalamad kui 2001. aastal mõõdetud Kohila elamute keskmine radoonisisaldus toaõhus.



Joonis 2. Kahe mõõtmise tulemuste keskmised radoonitasemed eramajades.

Karstialal paiknevates hoonetes on üheksal mõõtmisel 11-st suvised tulemused madalamad kui talvised mõõtmistulemused. Kahe hoone suvised mõõtmistulemused olid talvistest kõrgemad, kuid mitte oluliselt. Põhjanevaid järeldusi, kuidas karst mõjutab karstialale ehitatud elamute toaõhu radoonisisaldust suveperioodil, ei olnud tulemuste põhjal võimalik teha. Küll aga tuleb siinkohal märkida, et sellise eesmärgiga mõõtmised tehti Eestis esmakordselt.

Töös püstitatud hüpotees leidis vaid osaliselt kinnitust, sest lasteasutuste radoonimõõtmise tulemused jäid kõik alla 200 Bq/m³ kuid eramajade talviste mõõtmise tulemuste põhjal ületas radooni aktiivsuskontsentratsioon kolmel korral 200 Bq/m³, suviste mõõtmiste tulemustest ületati eespool nimetatud kontsentratsiooni ühel korral.

Kohila vald on keskmiselt radooniohtlik piirkond ning vundamendituulutusetu elumajades oleks otstarbekas korraldada radoonitaseme mõõtmised. Samuti võiks uue hoone planeerimisel karstialale teha pinnaseõhu radooniuuringud ehitise alla jääval alal.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöo käigus mõõdeti radoonisisaldust Kohila valla karstialadel paiknevate elamute ja lasteasutuste toaõhus. Samuti uuriti erinevaid kirjandusallikaid radooni kohta ning tutvuti selle elemendi leviku, omaduste ja ohtlikkusega ning seosega karstialadega.

Radoon on värvitu ja lõhnatu looduslik radioaktiivne gaas. Selle ohtlikkus seisneb selles, et sissehingamisel on radoon ohtlik limaskestale ja on suurendav tegur kopsuvähki haigestumise võimalikkuses.

Eesti Vabariigis on toaõhu radoonisisalduse piirnormiks 200 Bq/m^3 ning radooni sisalduse määramine on koolieelsetele lasteasutustele kohustuslik. Töö eesmärk oli Kohila valla karstialadel paiknevate elamute ja lasteasutuste toaõhu radoonitaseme välja selgitamine ning see täideti.

Uurimise käigus selgitati välja radoonisisaldus Kohila valla kuue lasteasutuse ruumiõhus ja 11 elamus, mis asusid karstialal. Kohila valla elamutes tehti kaks pikaajalist mõõtmist, esimene talvisel kütteperioodil 2013. aasta veebruarist maini ning teine sama aasta suvel maist septembrini. Mõõtmisteks kasutati pikaajalist mõõtmismeetodit, mis nägi ette mõõtedetektorite jätmist mõõdetavasse ruumi kolmeks kuuks.

Töö hüpotees, et radoonisisaldus Kohila valla karstialal paiknevates elumajades ja lasteasutuste toaõhus vastab normidele, leidis kinnitust osaliselt. Lasteasutuste radoonitasemed jäid kõik lubatud normi piiridesse, samas kui talvistel mõõtmistel ületati lubatud radooni aktiivsuskontsentratsioon kolmes hoones ning suvistel mõõtmistel ületasid lubatud piirnormi ühe hoone tulemused.

Tööst selgub, et majades, mis asuvad karstialal, võib esineda keskmisest kõrgemat radooni taset toaõhus. Seega on otstarbekas enne hoone rajamist karstialale korraldada radooni uuringud.

Kohila vallas olevate lasteasutuste radoonitase on normi piires ning seega lastele ja lasteaiatöötajatele ohutu.

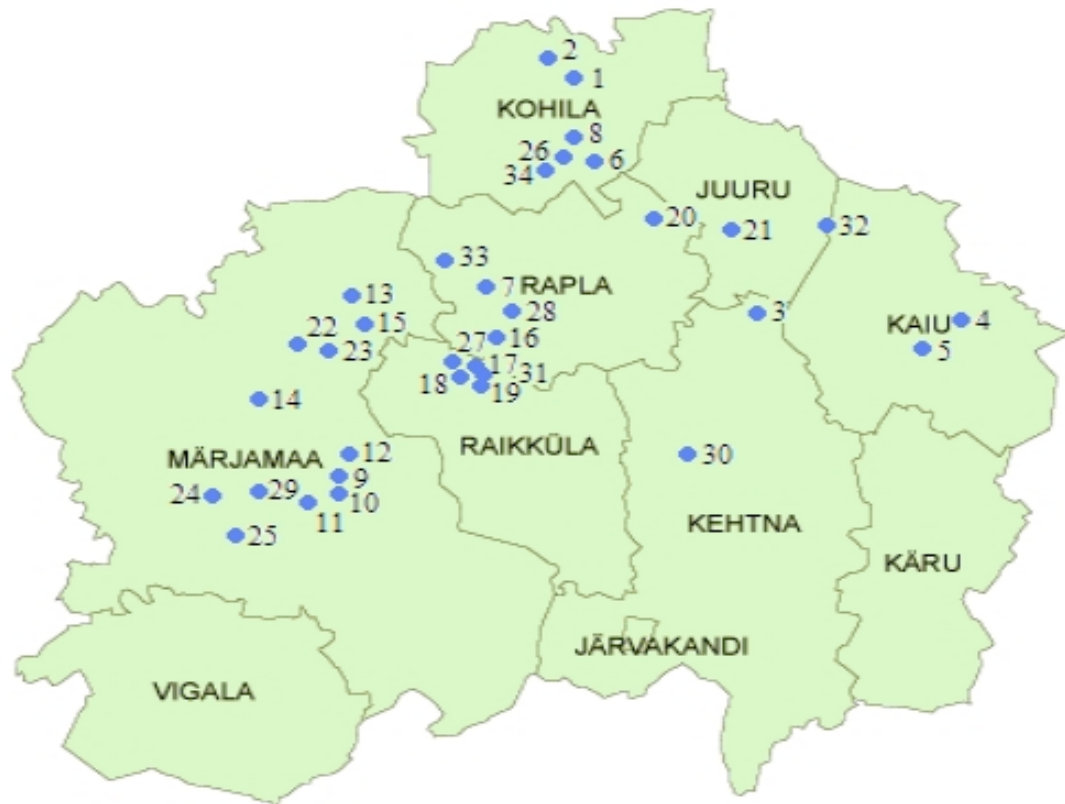
ALLIKMATERJALID

1. Aaslaid, A. (1997) Kõige raskem gaas radoon. *Postimees*, 23.11.
2. Erg, K. (2011) Raplamaa karst. Kättesaadav: http://www.raplamv.ee/raamat/uploads/artiklid_loodus/Koguteos_03_%20Raplamaa%20karst.pdf. (05.12.2013)
3. Eesti Loodus, (2005) Nähtamatu ohuallikas Eestimaa pinnases. http://www.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/artikkel1116_1091.html
4. Galleryhip. (s.a) <http://galleryhip.com/protactinium-atom.html>
5. Karst Eestis. (s.a) Geoturism Eestis ja Soomes koduleht. Kättesaadav: <http://www.geoeducation.info/geoturism/karst.php> (05.12.2013)
6. Keskkonnaamet. (s.a) Korduma kippuvad küsimused. Keskkonnaameti kodulehekülg. Kättesaadav: http://www.keskkonnaamet.ee/keskkonnakaitse/kiirgus-3/radoon/radoon-korduma-kippuvad-kusimused/#Mis_on_radoon (12.02.2014)
7. Keskkonnaministeerium. (2004) Esialgne Eesti radooniriski levilate kaart. Keskkonnaministeeriumi koduleht. Kättesaadav: <http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=937031/radoonikaart.pdf> (05.12.2013)
8. Kiirguskaitse sõnastik. (1997) Kättesaadav: <http://www.keskkonnaamet.ee/public/kiirgus/sonastik.pdf> (18.12.2013)
9. Kiirgusosakond. (s.a) Kiirguse mõõtmise meetodid. Keskkonnaameti koduleht. Kättesaadav: <http://www.keskkonnaamet.ee/teenused/kiirgus-2/radooni-mootmine/> (12.02.2014)
10. Kiirguskeskuse aruanne. (2008) Radooni kaardi lõpetamine – radoon hoonete siseõhus piirkondades, kus andmed radoonitasemete kohta puuduvad. Kättesaadav: http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1102109/Radoonikaardi_lopetamine.pdf (05.12.2013)
11. Pahapill, L. (1999) Radoon hoonetes. Tõravere: Tõravere Trükikoda.

12. Pahapill, L. (s.a) Radoon hoonetes ja sellest tulenev terviserisk. Kättesaadav: www.kuusalu.ee/file_storage/2318/202517 (05.12.2013)
13. Pahapill, L. (2013) Kirjalikult autorile 29.11
14. Sihvart, A. (2010) Radoon on endiselt ohtlik. Soojusaudit. Kättesaadav: <http://www.soojusaudit.ee/renoveerimine/79-radoon-on-endiselt-ohklik> (05.12.2013)
15. Sotsiaalministri määrus „Tervisekaitseõuded lapsehoiuteenusele“ nr 28 § 6. (2007) Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/12804040> (05.12.2013)
16. UNSCEAR. (2006) UNSCEAR 2006 Report: Effects of Ionizing Radiation. Vol.1. United Nations Publication. New York, 2008
17. Vabariigi Valitsuse määrus „Tervisekaitseõuded koolieelse lasteasutuse maaalale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule“ nr 131 § 9(4). (2011) Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/111102011003> (05.12.2013)
18. Whittlestone, S. (2003) The relationship between local climate and radon concentrations in the Temple of Baal, Jenolan caves, Australia. Kättesaadav: <http://helictite.caves.org.au/pdf1/38.2.Whittlestone.pdf> (12.02.2014)
19. WHO. (2002) Radon and health. Kättesaadav: http://www.who.int/ionizing_radiation/env/Radon_Info_sheet.pdf (05.12.2013)
20. WHO. (2009) Handbook on Indoor Radon. Kättesaadav: <http://www.nrsb.org/pdf/WHO%20Radon%20Handbook.pdf> (18.12.2013)

LISA

LISA 1. KARSTIALAD RAPLA MAAKONNAS (ERG, 2011)

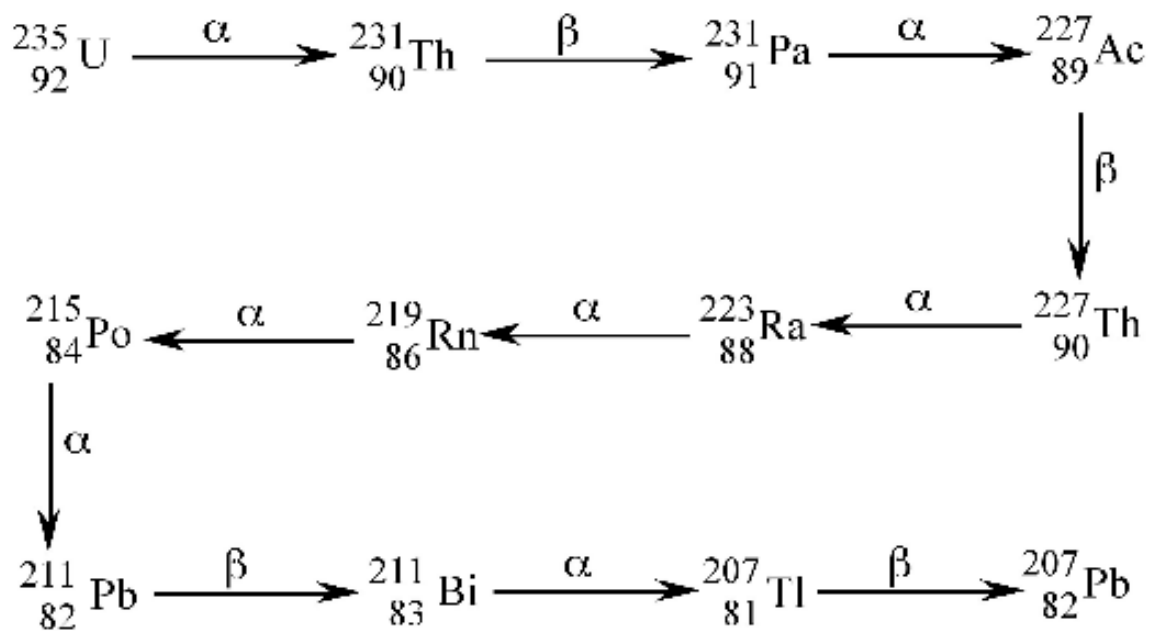


- 1 – Aandu karstiaala
- 2 – Hageri karstiaala
- 6 – Nõmme kuristik
- 8 – Urge kuristik
- 26 – Rabivere soo
- 34 – Türiauk

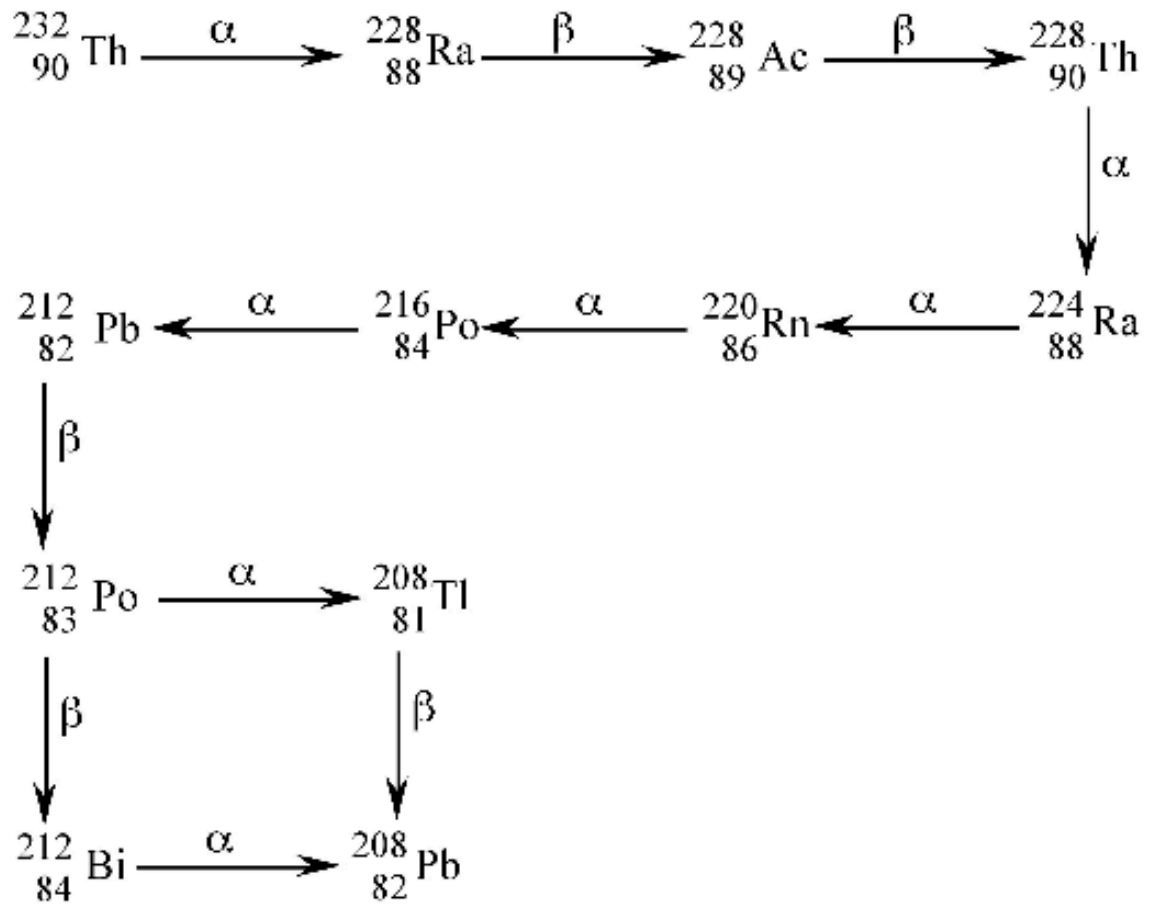
LISA 2. RADOONI ISOTOOBID JA NENDE LAGUNEMISREAD

Radooni isotoop	Radoon-222	Radoon-220	Radoon-219
Mille lagunemisel tekib	Uraan-238	Toorium-232	Uraan-235
Poolestusaeg	3,82 ööpäeva	56 s	6 s

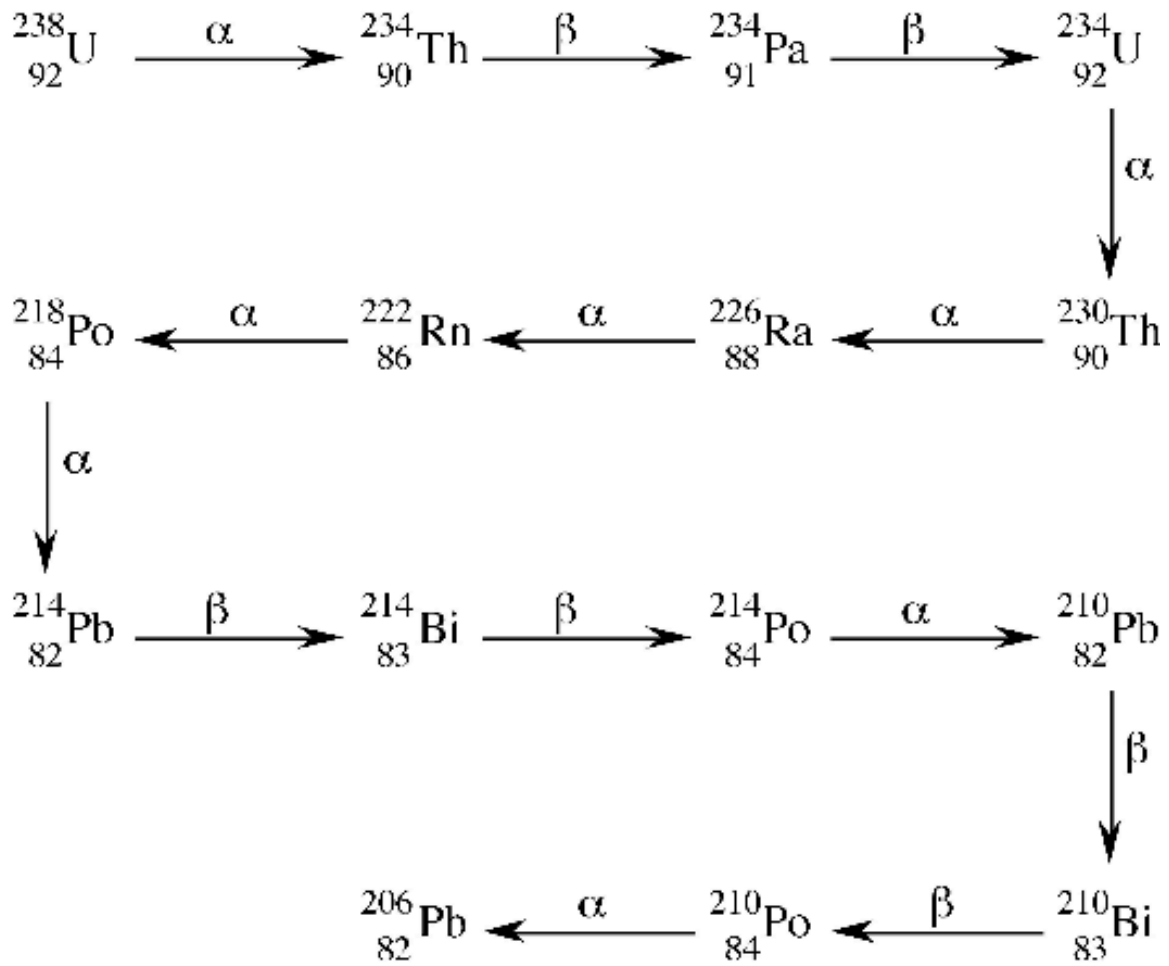
Radooni isotoobid (Eesti Loodus, 2005)



Uraan-235 lagunemisrida (Galleryhip, s.a).



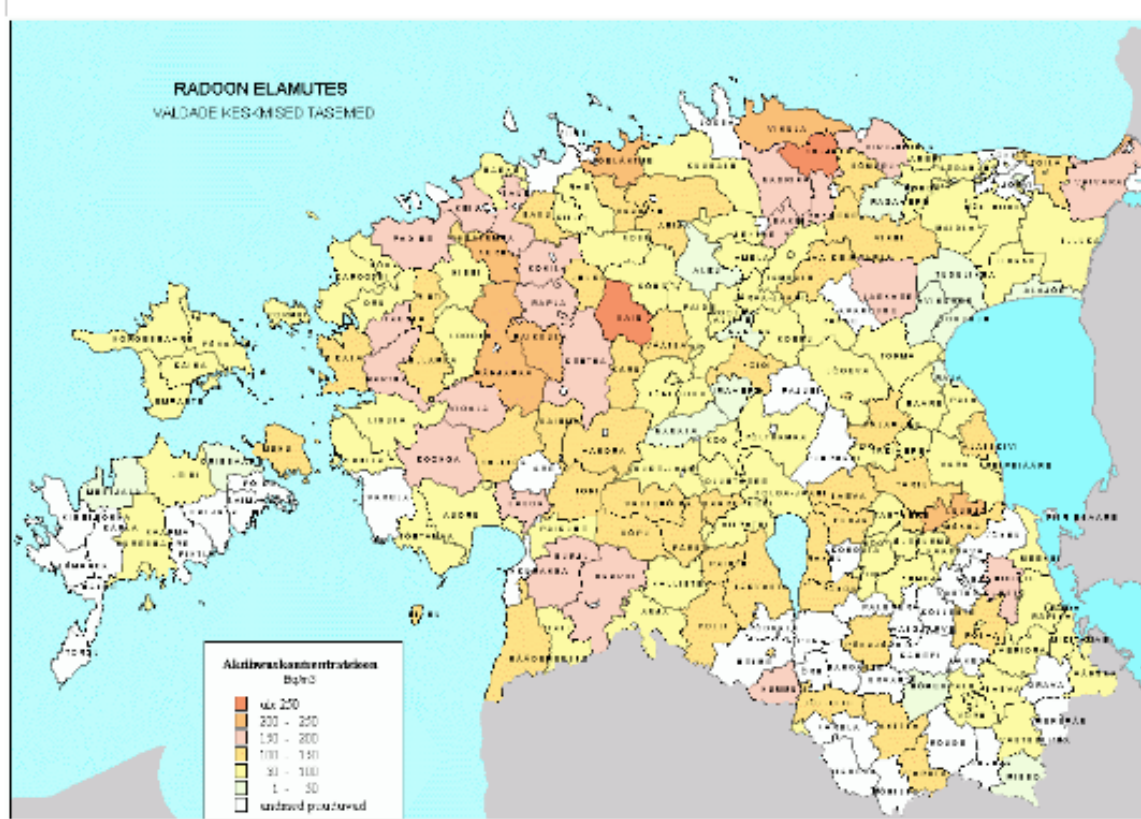
Toorium-232 lagunemisrida (Galleryhip, s.a)



Uraan-238 lagunemisrida (Galleryhip, s.a)

LISA 3. RADOON ELAMUTES, VALDADE KESKMINE TASE

(KIIRGUSKESKUSE ARUANNE, 2008)



LISA 4. LASTEASUTUSTE ANDMED

Lasteasutus	Aadress	Valmimisaasta/Renoveeritud
Põnnipere lasteaed	Lasteaia põik 4, Prillimäe alevik	1952/2003
Sipsik	Posti 5A, Kohila alev	1970/2009
Männi lasteaed	Tööstuse 3, Kohila alev	1969, 1981, 2012
Hageri algklassid	Kohila tee 18	2002
„Linnupesa“	Lasteaia tee 1, Sutlema küla	1966/2011
Triinu ja Taavi päevahoid	Viljandi mnt 9, Kohila alev	2008

LISA 5. MÕÕTETULEMUSED LASTEASUTUSTES

Lasteasutus	Ruum	C (Bq/m ³) ± ΔC (Bq/m ³)		
		C	±	ΔC
Lasteaed Sipsik	Mesimummi rühmatuba	<10	±	
	Mesimummi magamistuba	<10	±	
	Päikeseliblika rühmatuba	47	±	7
	Päikeseliblika magamistuba	82	±	13
	Majandusjuhataja tuba	29	±	5
Põnnipere lasteaed	Krõlli rühmatuba	79	±	12

	Krõlli magamistuba	71	±	11
	Rüblikute rühmatuba	64	±	10
	Rüblikute magamistuba	71	±	11
Sutlema lasteaed Linnupesa	Sajajalgsete rühmatuba	71	±	12
	Sajajalgsete magamistuba	65	±	10
	Lepatriinude rühmatuba	80	±	12
	Lepatriinude magamistuba	126	±	20
Männi lasteaed	Mõmmi mängutuba	115	±	18
	Mõmmi magamistuba	148	±	22
	Jänkude mängutuba	125	±	19
	Jänkude magamistuba	117	±	18
	Muumide mängutuba	148	±	22
	Muumide magamistuba	130	±	20
Kohila Gümnaasiumi Hageri algklassid	Koridor	39	±	6
	Muusikaklass	48	±	8
	R. Annilo kabinet	46	±	7
	Hageri rahvamaja kontor	16	±	3
Triinu ja Taavi päevahoid	Lastetuba	47	±	7

LISA 6. MÕÕTETULEMISED ELUMAJADES

Maja	Ruum	Veebr-mai. C (Bq/m ³) ± ΔC			Mai-sept. C (Bq/m ³) ± ΔC		
		(Bq/m ³)			(Bq/m ³)		
1	elutuba	79	±	12	31	±	5
	elutuba	128	±	20	137	±	21
2	köök	89	±	14	60	±	9
	keldrikorrus	379	±	57	330	±	50
3	magamistuba	185	±	28	175	±	27
	köök	133	±	21	139	±	21
4	elutuba	123	±	19	86	±	13
	magamistuba	160	±	25	47	±	7
5	elutuba	239	±	36	147	±	22
	magamistuba	224	±	34	139	±	21
6	elutuba	84	±	14	72	±	15
	magamistuba	81	±	12	82	±	18
7	elutuba	25	±	4	27	±	5
	kelder	49	±	7	74	±	12
8	elutuba	217	±	33	145	±	23
	magamistuba	242	±	37	133	±	21
9	elutuba	73	±	11	49	±	8
	magamistuba	91	±	14	67	±	10

10	vannituba	26	±	4	19	±	4
	elutuba	21	±	3	23	±	7
11	magamistuba	33	±	5	38	±	8
	elutuba	20	±	5	28	±	7