



TALLINNA
TEHNIKAKÕRGGKOO

Karl Ossi

**RADOONITÕKKEKILEDE OMADUSTE
UURIMINE**
LÕPUTÖÖ

Tallinn 2024



Karl Ossi

RADOONITÕKKEKILEDE OMADUSTE UURIMINE

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Hoonete ehitus

Juhendaja: Rein Koch

Tallinn 2024

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Karl Ossi**

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Radoonitõkkekilede omaduste uurimine

- 1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;
- 2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtajaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

Autorideklaratsioon

Mina, **Karl Ossi**

tõendan/tõendame, et lõputöö on minu/meie kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

Juhendaja **Rein Koch**

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäevad digiallkirjades)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1 RADOON	8
1.1 Radoon ja selle teke	8
1.2 Radoon Eestis	9
1.3 Radoon hoonetes	11
1.4 Radooni mõju inimesele	12
2 RADOONI LEVIKU TÕKESTAMINE JA SISEÕHU VIITETASEMED	13
2.1 Siseõhu radoonisisalduse normid.....	13
2.2 Radooni leviku piiramine	13
2.2.1 Põrandaaluse ruumi tuulutus	13
2.2.2 Vundamenditagune radoonikogumismvöö	14
2.2.3 Põrandaaluse tuulutuse ja radoonikogumismvöö kombinatsioon	15
2.2.4 Radoonitõkkele	15
3 RADOONITÕKKEKILE	16
4 RADOONITÕKKEKILE KATSETAMISE METOODIKA	18
4.1 Mõõteseadme osad.....	18
4.1.1 Radoonikamber	18
4.1.2 Mõõteseade AlphaE	20
4.1.3 Mõõtekamber ja mõõteseade Radon Eye Plus2	20
4.1.4 Õhupump Resun Air 8000	21
4.2 Katsetamise metoodika	21
4.3 Katsete läbiviimise üldnõuded	22
5 KATSETE LÄBIVIIMINE.....	23
5.1 Katseks sobiva radoonitõkkele valimine	23
5.2 Katse alustamine.....	23
5.3 Katse käik	24
6 MÕÕTMISTULEMUSED	25
6.1 Radoonikambris radooni kontsentratsiooni käik	25
6.2 Kilematerjali radooni difusiooniteguri määramine	26
6.3 Määramatused	31
7 MÕÕTMISTULEMUSTE ANALÜÜS	32
KOKKUVÕTE	33
SUMMARY.....	35

VIIDATUD ALLIKAD	37
Lisa 1. Radoonitõkkekile Radonsparre sertifikaat	39
Lisa 2. Radoonitõkkekile Radonsparre vastavustunnistus	40
Lisa 3. Radoonitõkkekile Radonsparre paigaldusjuhend.....	41
Lisa 4. Radoonitõkkekile Ergo sertifikaat.....	42
Lisa 5. Radoonitõkkekile Ergo tehniline informatsioon.....	43
Lisa 6. Radoonitõkkekile Blue Seal sertifikaat	44

SISSEJUHATUS

Elame tänapäeval maailmas, kus reostame ning mürgitame kõike enda ümber iga päev eesmärgiga enda argipäeva elu lihtsamaks muuta. Halva poolena mõjutab selline käitumine meie tervist ning meie ümbrust negatiivselt. Tagajärjeks on ühiskond hakanud piirama meie endi reostust, eesmärgiga kaitsa meid endid iseendi eest. Keerulisem variant on see, kui oht pärineb loodusest endast millest me varem kuulnud pole. Sellised ohud võivad meile tekitada tõsiseid tervisekahjustusi.

Üks selline väheteadvustatud oht meie tervisele on radoon. Radoon on inimestele ohtlik, et temast teatakse vähe ning tal puudub maitse, värv ja lõhn mistõttu ei osata end ka selle ohu eest kaitsta. Radooniga puutume enim kokku siseruumides, näiteks kodus, tööl ning koolis. Välisõhus on üldjuhul radooni aktiivsuskontsentratsioon madal, sest radoon hajub välisõhus ning seega ei kujuta ta endast välistingimustes inimestele ohtu. Arvestades tänapäeva ehitusmaterjalide tootmise osas arengut, siis tänapäeva ehitusmaterjalidest radooni ekshalatsiooni kontrollitakse ja suureks radooni allikaks nad pole. Radooni probleemi olemus hoonetes peitub tema aluse pinnase koostises ja struktuuris.

Radoon tungib siseruumidesse enamasti läbi hoone ebatiheduste vundamendis ning üldiselt pinnasega kokkupuutivas osas. Radooni leviku takistamiseks siseruumidesse on olemas terve rida erinevaid meetodeid, sõltuvalt sellest kas on tegu uusehitisega või juba olemasolevate hoonete renoveerimisega. Mõlemal juhul tuleb radoonirikka pinnase korral teostada radoonitõkkekütiid.

Üheks laialdaselt kasutatavaks radoonitõrjevahendiks on radoonitõkkekile. Radoonitõkkekile paigaldatakse hoone vundamendile ning kui kile on õigesti paigaldatud ning seal ebatihedusi ei leidu, peaks kile teoreetiliselt piirama ära radooni leviku hoone siseruumidesse. Radoonitõkkekile on enamikel juhtudel variant ainult uusehitiste jaoks, sest olemasolevatele hoonetele on radoonitõkkekile paigaldamine raskendatud sellisel viisil, et puuduksid ebatihedused. Ebatihedused kaotavad ära radoonitõkkekile efektiivsuse radooni tõkestamisel.

Radoonitõkkekilesid saab iseloomustada tema võime järgi takistada temast läbivoolava radooni hulka. Üldjuhul iseloomustatakse seda nähtust difusiooni abil. Difusiooniks nimetatakse aineosakeste soojusliikumise tulenevat loomulikult kulgevat protsessi, mille käigus osakeste füüsikalise segu komponendid jagunevad tasakaaluliselt. Näiteks tungivad ühe aine molekulid teise aine molekulide vahele ja vastupidi nii, et nende kontsentratsioonid ühtlustuvad kogu hõivatava mahu ulatuses. [1]

Käesoleva töö käigus uuritakse, kui palju suudavad erinevad radoonitõkked radooni levikut piirata. Samuti on töös täpsemalt kirjeldatud muude erinevate radoonitõkke lahendused ning nende iseloom. Käesolev töö keskendub radoonitõkkedele ning nende radooni tõkestamise omaduste uurimisele.

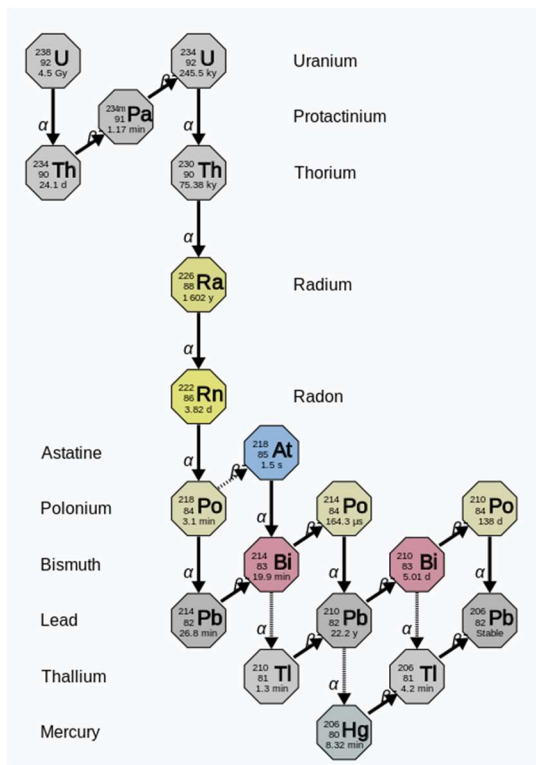
Radoonitõkkedele radoonitõkestamise omaduste uuringu tingis asjaolu, et Eesti turul saadaolevate radoonitõkkedele sertifikaatides on harva välja toodud kilede radooni tõkestamise parameetreid. Lisade all (Lisa 1-6) on käesolevas töös välja toodud ka enamuse selle töö koostamise käigus kasutatud radoonitõkkedele antud sertifikaadid, milles muude parameetrite kõrval vaid ühel juhul on välja toodud kile radoonitõkestamise parameetrid [2] [3] [4] [5] [6]. Ja ainult selles sertifikaadis on üldse mainitud ka radooni. Seega on radoonitõkkedele lisatud teabematerjal radooni tõkestamise kohta puudulik. Lisaks tuleks erinevate pinnaste ja nende pinnaste pinnaseõhus leiduva erinevate radooni aktiivsuskontsentratsioonide puhul kasutada sobivaid kilesid, et optimeerida radoonitõkestamise tööde maksumust. Seetõttu peab olema nii radoonitõkkedele paigaldajal kui ka kõigil teistel osapooltel arusaamine, kas valitud paigaldatav radoonitõkkedele on piisav ja optimaalne valik olemasolevate tingimuste korral.

1 RADOON

Selles peatükis on väike sissejuhatus, kus on kirjeldatud radooni olemus, tema teke, sellega kaasnevad ohud ning võimalused ohtude vältimiseks. Käsitletud on lühidalt teid, kuidas radoon meie igapäevaellu satub ning mida saab teha radooniohu vähendamiseks.

1.1 Radoon ja selle teke

Radoon on looduslik kõrgradioaktiivne väärisgaas, mis on õhust ligi 8 korda raskem; füüsikaliste omaduste poolest on ta maitsetu, värvitu ja lõhnatu. Radoon tekib looduses isotoopide uraan-238, uraan-235 ja toorium-232 radioaktiivsel lagunemisel. Vastavalt sellele saab vaadelda radooni kolmest isotoobist, milleks on: radoon-222 ehk radoon, radoon-219 ehk aktinoon ja radoon-220 ehk toroon. Kõigil nendel on poolestusaeg väga erinev, kuid kui võrrelda aktinooni ja torooni radooniga on aktinooni ja torooni poolestusaeg radooni poolestusajast palju lühem, aktinoonil 3,92 sekundit ning toroonil 55,6 sekundit, radooni poolestusaeg on aga 3,82 ööpäeva. Radoon on uraani lagunemisel tekkinud ainuke, normaaltingimustel olev gaasiline isotoop. Uraani lagunemise skeem on toodud joonisel (Joonis 1). [7]



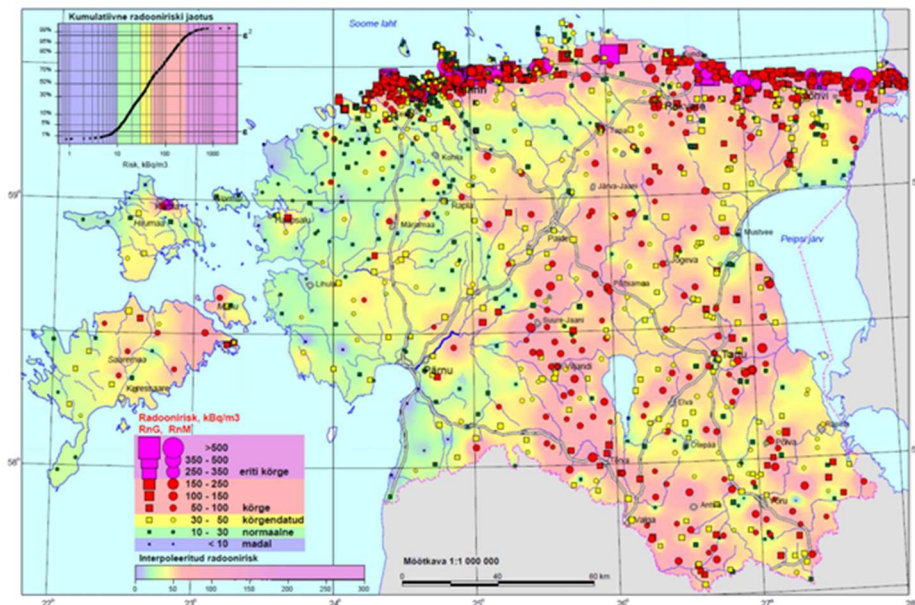
Joonis 1. Uraani lagunemise skeem [8]

Radooni peamiseks allikaks siseruumides on pinnases leiduv uraan, kuid sellele võib lisanduda ka ehitusmaterjalidest ja sügavamate veekihtide majandus- ja joogiveest eralduv radoon. Kui palju radooni eraldub pinnasest, oleneb pinnase poorsusest ja lõhelisusest. Mida poorem, lõhelisem ja uraanirikkam on pinnas, seda rohkem radooni ka sellest välisõhku võib eralduda. Ülejäänud uraanirea lagunemisel tekkinud radoon jääb pinnase tahketesse osakestesse või kivimisse, kust temast radioaktiivsel lagunemisel tekib lõpuks stabiilne plii-206. Radooni sisaldus vees sõltub nii raadiumi hulgast selles kui ka veekihti ümbritsevates kivimites. [7]

1.2 Radoon Eestis

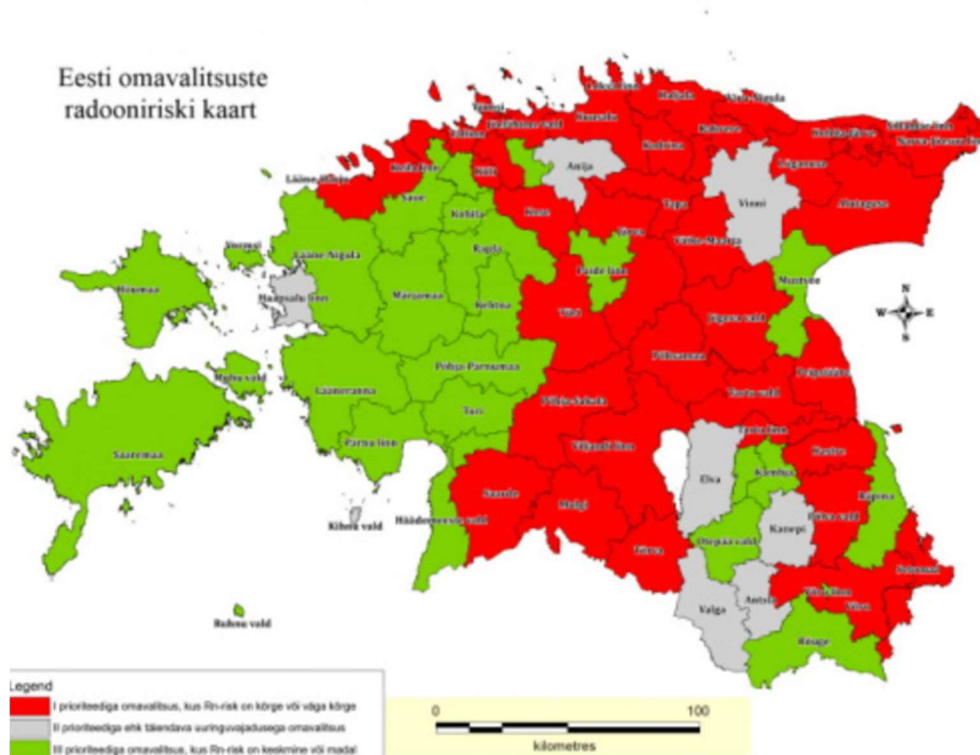
Kõrge radooni sisaldus Eesti aladel on valdavalt seotud pinnases leiduva uraanirikka peenestatud graptoliitargilliidi, fosforiidi ja granitoidsete materjalidega, kuid samuti ka tsirkooni, ksenotiimi ja teiste raskete mineraalidega. Kõik need kõrge ja kõrgendatud radioaktiivsusega Kvaternaari setete erimid moodustavad ulatuslikke levilaid või esinevad eri suuruste ja kujudena korrapäratult, esindades Kvaternaari setete litotüüpe. [9]

Radooniriski pindalalist jaotust kajastab radooni riski teemakaart (Joonis 2). Radooni riski kaart on koostatud radoonimõõtmise otsemõõtmisel ja arvutuslikul meetodil pinnaseõhus saadud suurimate sisalduste järgi. Kaardilt on näha ohtlikumad ning vähem-ohtlikud paigad Eestis radooni leviku suhtes pinnaseõhus. [9]



Joonis 2. Eesti pinnase radoon-222 riski kaart [9]

Seoses kõrgete radooni kontsentratsioonidega pinnaseõhus, hakati määrama alasid mis on enam radooniohtlikud kui teised ning selle põhjal koostati Eesti haldusüksuste radooniriskiga alade kaart (Joonis 3), mille koostamisel lähtuti mõõdetud andmetest. Järgnevatel aastatel peale algse kaardi valmimist, 2018. aastal, viidi läbi pidevalt täiendavaid uuringuid, saamaks rohkem andmeid veel mõõtmata alade kohta. Haldusüksuste radooniriski kaardil jagati Eesti tinglikult kolmeks: kõrgendatud radooniriskiga, madala või keskmise radooniriskiga ja täiendava uurimisvajadusega haldusüksused. [9]

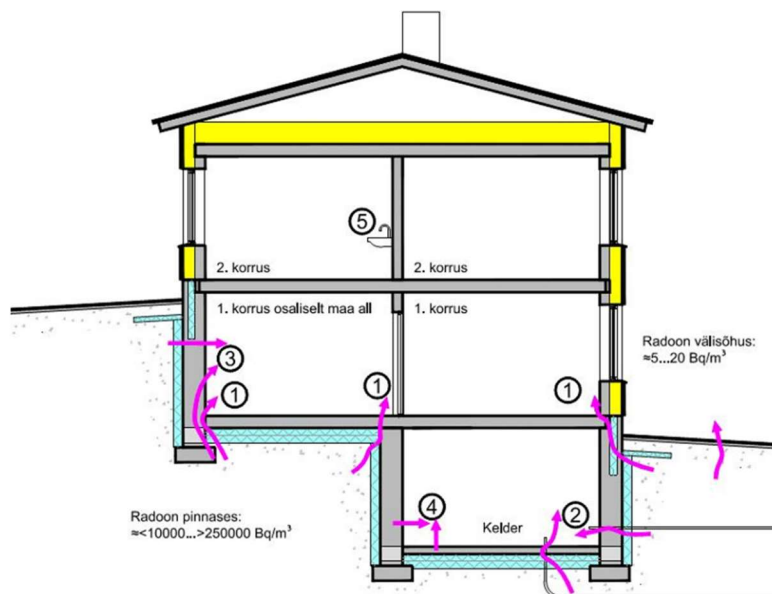


Joonis 3. Eesti radooniriskialade kaart [10]

Punasega on joonisel (Joonis 2) kuvatud kõrgendatud radooniriskiga haldusüksused. Alale on iseloomulik pinnaseõhus kõrge (50-250 kBq/m³) ja eriti kõrge (>250 kuni 600 ja harva veel kõrgem) radoonisaldusega alade esinemine. Rohelisega on välja toodud madala või keskmise radooniriskiga haldusüksused, mille alla kuulub peamiselt Lääne-Eesti ja saared. Halliga on kuvatud alad, mille liigitamiseks on vaja täiendavaid uuringuid.[9]

1.3 Radoon hoonetes

Hoonetesse ning üldse siseruumidesse pääseb pinnases olev radoon läbi hoone vundamendis või põrandas olevate pragude, näiteks erinevad läbiviigid, deformatsioonivuugid ja mahukahanemisel tekkivad praod (Joonis 4). Kuna õhu rõhk hoonetes on madalam kui väljas, siis soodustab see radooni imbumist hoonetesse. Seda eriti talveperioodil, kus radooni aktiivsuskontsentratsioon pinnaseõhus on kõrgem ning sise-ja välistemperatuuride suure erinevuse tõttu on ka rõhkude erinevus pinnase õhus ja siseruumides suurem. Seega mõjutab hoone konstruktsioon radooni taset siseruumides. Radoon võib esineda enamuses hoonete tüüpides. Kuna radooni peamiseks allikaks on hoonealune pinnas, siis mitmekorruselistes elamutes, ning hoonetes ja elamutes kus 0 korrusel on tugeva ventilatsiooniga parkla on radooniprobleem tavaliselt palju väiksem kui ühekorruselistes hoonetes. [11]



Joonis 4. Radooni tüüpilised sisenemisteed [12]

Uute hoonete ehitamisel tuleb mõõta radoonitaset pinnaseõhus, kuid see ei anna täpset infot uue hoone siseõhus kujuneva radooni aktiivsuskontseratsiooni kohta. Hoone siseõhu radooni aktiivsuskontsentratsioon sõltub pigem hoone ehituslikest omadustest ja selles elavate inimeste eluviisist. Sellest hoolimata on pinnaseuuring indikaatoriks, millisel määral tuleks hoone projekteerimisel radooniga arvestada. Keskkonnaameti kiirgusosakond pinnase radoonisisaldust ei määra. [11]

Hindamaks olemasoleva hoone siseõhus leiduva radooni võimaliku aktiivsuskontsentratsiooni, tuleks toetuda erinevate, piirkonnas läbi viidud radooni uuringute põhjal koostatud radooni leviku kaartidele. Kuid ainus võimalus konkreetse hoone kohta radooni info saamiseks, on läbi viia radooni aktiivsuskontsentratsiooni mõõtmine konkreetsetes hoonetes.

Naaberhoonetes tehtud mõõtmised võivad märgatavalt erineda, erinevate hoonete puhul. Seega ei tuleks hakata järeldusi tegema naabrite juures läbi viidud mõõtmiste tulemuste alusel, vaid teostada konkreetse hoone mõõtmised. Küll aga on naabruses hoonete siseõhust tehtud mõõtmistel saadud kõrged radooni aktiivsuskontsentratsioonide väärtused indikaatoriks võimalikust kõrgeenenud radooni riskist. [11]

1.4 Radooni mõju inimesele

Loodusliku ioniseeriva kiirguse allikatest on radoon inimese tervisele ohtlikum, olles tervist kahjustav seetõttu, et sissehingatuna põhjustavad radoon ta ja tema tütarisotoobid organismis erinevaid rakumutatsioone. Radooni radioaktiivne lagunemine võib toimuda peale selle sattumist inimese organismi. Radooni poolestusaeg on 3,82 ööpäeva ja ta laguneb järjestiku seitsmeks kõrgradioaktiivseks tütarisotoobiks (olulisemad nendest on Po-218, Po-214, Bi-214, Pb-214, Po-210, Pb-210), mis on metallilised mis kinnitades kopsu bronhide seintele tekitavad nad seal lagunedes ümbritsevatele rakkudele kahjustusi. Radooni tütarelementide poolestusaeg ulatub sekundi murdosast kuni 21,3 aastani. [7]

Suitsetamise kõrval on radoon maailmas olulisemaid kopsuvähi põhjustajaid ning eriti ohtlik on radooni ja suitsetamise koosmõju. Kopsuvähki haigestumistest on 10-30% tingitud suurest radoonisisaldusest mis ületab väärtust 150-200 Bq/m³ eluruumide siseõhus. Et vähendada radooni kahjulikku mõju inimese organismile ja tervisele, on eluruumide siseõhus kehtestatud radoonisisalduse viitetasemed, milleks Eestis on 300 Bq/m³. [7]

2 RADOONI LEVIKU TÕKESTAMINE JA SISEÕHU VIITETASEMED

2.1 Siseõhu radoonisisalduse normid

Inimeste tervise kaitsmiseks on õigusaktidega kehtestatud hoonete ning töökohtade siseõhu radoonisisalduse viitetasemed. Siseõhu radoonisisalduse aastast keskväärtust võrreldakse lubatud viitetasemega. Kui hoones on radooni aktiivsuskontsentratsioon suurem kui õigusaktidega kehtestatud, tuleks võtta kasutusele meetmeid radoonist saadava kiirituse vähendamiseks [13]. Vastavalt standardis EVS 840:2019 "Juhised radoonikaitse meetmete kasutamiseks uutes ja olemasolevates hoonetes" sätestatud nõuetel peaks radoonisisalduse keskväärtus hoonetes olema alla 300 Bq/m³ [14]. Tööruumide maksimaalne kehtestatud õhu radoonisisalduse viitetase on 300 Bq/m³ [15]. Ruumide siseõhu aasta keskmine radoonisisaldus koolieelsetes lasteasutustes ja koolides peab olema aga väiksem kui 200 Bq/m³ [16] [17].

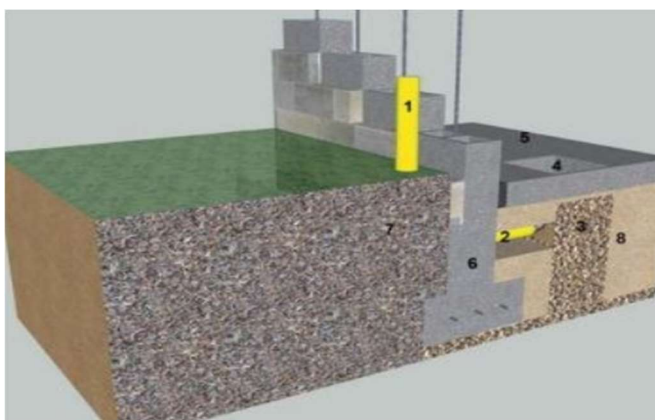
2.2 Radooni leviku piiramine

Olemasolevas hoones õhu radoonisisalduse alandamiseks on kõige lihtsam ning odavam viis ruumide pidev tuulutamine ja puhastamine. Tubade tuulutamine viib radoonirikka õhu siseruumidest välja ning selle kontsentratsioon siseõhus langeb. Ruumide märgpuhastamine kõrvaldab tolmu, aerosoolid ja sigaretisuitsust tekkivate tahmakübemete külge kleepunud radooni lagunemisel tekkivad tütarisotoopid. Külma ilmaga aga ei ole tuulutamine alati sobiv ega ka mugav ning kui hoone siseõhu radoonisisaldus on suur, siis ei ole sellest ka piisavalt abi. Sellise olukorra vältimiseks tuleb rakendada teisi radoonitõrje meetodeid, milleks võiks olla soojustagastusega sundventilatsioon, täiendav pragude sulgemine, põrandaaluse ruumi ventileerimine ja radoonirikka pinnaseõhu eemaldamine radoonikogumiskaevude abil. [18]

2.2.1 Põrandaaluse ruumi tuulutus

Põrandaaluse ruumi tuulutuse (Joonis 5) eesmärk on juhtida radoon põranda alt välisõhku enne seda kui see jõuab tungida hoone siseõhku. Ventilatsiooni paigaldamiseks lõigatakse hoone ühes või enamais ruumides põrand lahti, eemaldatakse täitepinnas ning see asendatakse killustikuga, mille sisse paigaldatakse plastist radoonikogur. Mulgustatud külgedega kogurist viiakse toru läbi vundamendi tuulutuspüstikusse, mis lõpeb maapinnal või

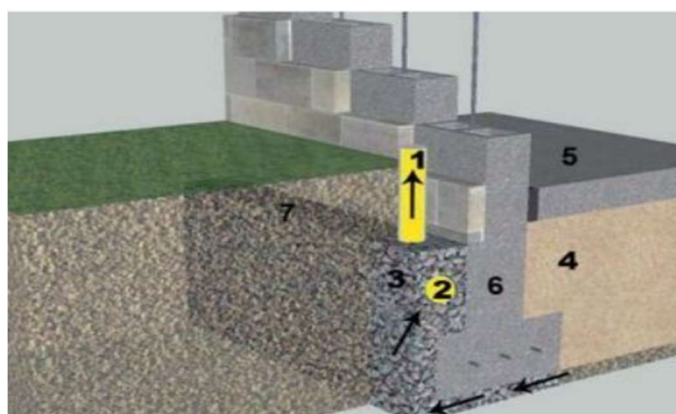
katusel. Sundtuulutuse korral varustatakse tuulutuspüstik elektriventillaatoriga, mille tööd juhib automaatika, mis on ühendatud tagasisideahelasse radoonianduril. [18]



Joonis 5. Põrandaaluse tuulutus [18]

2.2.2 Vundamenditagune radoonikogumisvöö

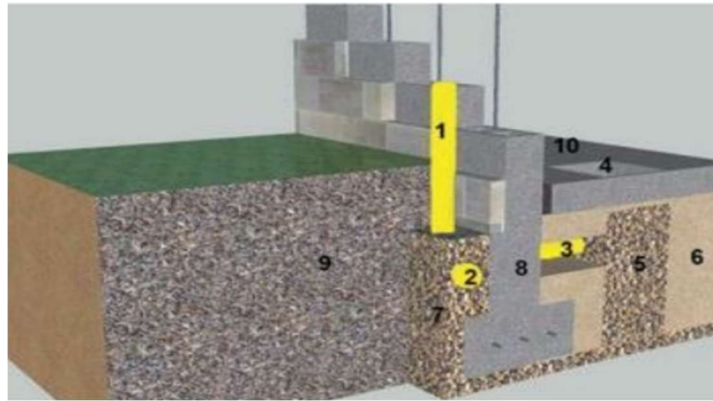
Kui põrandat lõhkuda ei taheta või see pole võimalik, siis saab ehitada vundamendi ümber radoonikogumisvöö, et radoon pääseks selle kaudu hoonet ümbritsevast pinnasest välja kergemini kui läbi põranda hoonesse tungides. Vöö ehitamiseks kaevatakse vundamendi välimine külg lahti ning täidetakse killustikuga, millesse paigaldatakse radooni kogumulgustatud toru. Kui radoonisisaldus pinnases on suur ning vundamendi konstruktsioon seda kannatab, siis puuritakse ka avad läbi hoone vundamendi ventileerimaks hoone põrandaalust tagasitäidet. Kogumisvööst juhitakse radoon tuulutuspüstikusse. Sundtuulutuse korral varustatakse tuulutuspüstik elektriventillaatoriga samuti nagu põrandaaluse tuulutuse puhul. Ülesehitus on kirjeldatud ka joonisel (Joonis 6). [18]



Joonis 6. Vundamenditagune radoonikogumisvöö [18]

2.2.3 Põrandaaluse tuulutuse ja radoonikogumisvöö kombinatsioon

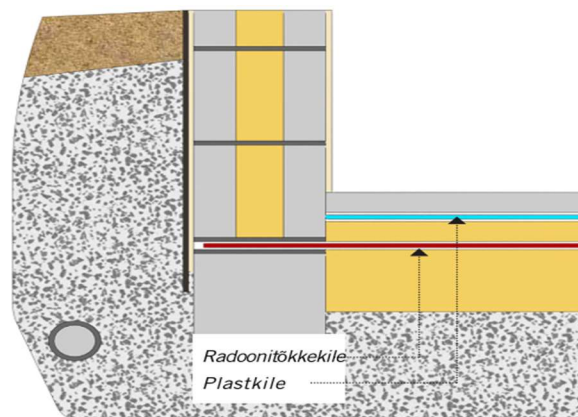
Üheks võimaluseks on ka viimase kahe radoonitõkke variandi kombineerimine (Joonis 7). Sellisel juhul on põrandaalusest radoonikogumiskaevust algav ühendustoru ühendatud vundamenditaguse kogumistoruga. Ülejäänud kõik on sama nagu varasemalt kahe variandi puhul kirjeldatud. [18]



Joonis 7. Põrandaaluse tuulutuse ja radoonikogumisvöö kombinatsioon [18]

2.2.4 Radoonitõkketile

Uute hoonete ehitamisel kasutatakse tavaliselt radoonitõkketilet, mis kleebitakse otse vundamendi peale (Joonis 8). Selle efektiivseks toimimiseks peavad olema kõik radoonitõkketilet läbivad tarindid, torud, läbiviigud jne, olema õhutihedad. Hoone esimese korruse põrand või vundamendipealne pind peab moodustama ühte õhutiheda radoonitõkke. [18]

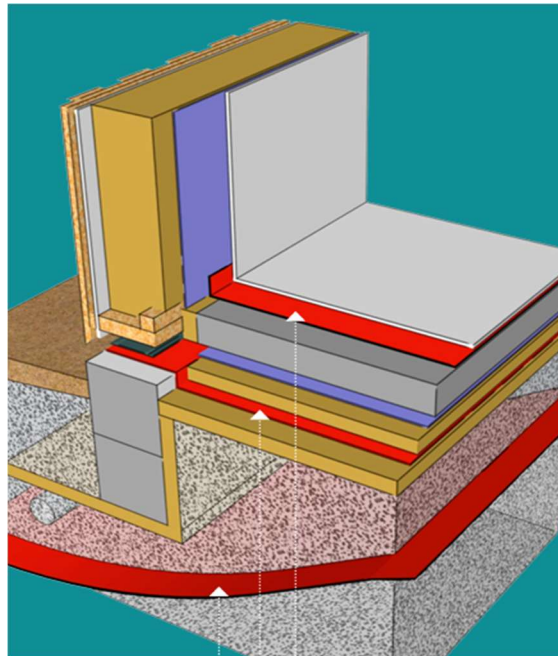


Joonis 8. Radoonitõkketile [19]

3 RADOONITÕKKEKILE

Radoonitõkkekile valmistatakse madaltihedast polüetüleenist, millele segatakse juurde gaasi-, auru- ja veekindlust, elastsust ning mehaanilist tugevust suurendavaid lisandeid. Olenevalt kilest on mõned nendest mitmekihilised, mõned sarrustatud. Kile valimisel tuleks lähtuda sellest, kuhu ja millisele konstruktsioonile see paigaldatakse. Sarruse olemasolu kiles iseenesest gaasikindlust ei tõsta ega vähenda vaid lisab mehaanilist tugevust ning sarruse vajadus sõltub hoone vundamendi tüübist ning kuhu radoonitõkkekile paigaldamise tingimustest. [20]

Kile paigaldamisel on eriliselt tähelepanu nõudev töö kvaliteet, sest halvasti või valesti paigaldatud radoonitõkkekilest pole mingit kasu ning kõik materjali- ja tööjõukulu on asjata. Paigaldamisel ei tule jälgida mitte ainult kile vigastamatust, vaid tuleb ka hinnata seda, mis võib selle kilega pikemas perspektiivis juhtuda ning millised kahjustused sellele välistest mõjuritest tekkida võivad. Näiteks võib kilele deformatsioone tekitada hoone vajumine, soojuspaisumine- ja kahanemine. Kõige turvalisem on kile paigaldada põranda soojustuskihtide vahele, kus on kile kõige paremini kaitstud. Radoonitõkkekile laotamisel polüstüroolsoojustusplaatidele ei ole karta liiva, kruusa ega tolmu sattumist kleppindadele, mis võib aga juhtuda mineraalsele tagasitäitepinnasele paigaldades. Suurt tähelepanu vajab kindlasti nurkade, läbiviikude ja radoonikilet läbivate tarindite tihendamine. [20]



Joonis 9. Radoonikile paigaldamise kohtade variandid [19]

Kuna radooni lisandub pinnasest kogu aeg, siis peab sellele andma võimaluse radoonitõkkele alt välja pääseda. Ainult radoonitõkkele üksinda ei taga hoone täieliku radoonikindlust, kuna radoon difundeerub ka läbi tõkkele. Erinevatel kiledel on erinevad radooni tõkestavad omadused. Täielikuks radoonitõrjeks tuleb radoon juhtida ära vundamendi alt omavahel torustikuga ühendatud radoonikaevude kaudu. Hästi töötab süsteem, kus radooniärastussüsteem on ühendatud katusest välja ulatuva tuulutuspüstakuga, millest tekkiv tõmme soodustab radooni ärajuhtimist.

4 RADOONITÕKKEKILE KATSETAMISE METOODIKA

4.1 Mõõteseadme osad

Radooni difusiooni mõõtmiseks kasutatav seade (Foto 1) koosneb radoonikambrist, mõõtekambrist, nende vahel olevast uuritavast materjalist, radooni mõõteseadmest ning õhupumbast. Omaduste poolest on kambrite mahutavus 12 liitrit ja nende sisemine diameeter on 23,5 cm. Katseks mistahes katsekeha sobiv diameeter on 30 cm, mis on määratud kambroid fikseerivate keermelattide omavahelise kaugusega.



Foto 1. Radooni difusiooni mõõtmise seade

4.1.1 Radoonikamber

Radoonikamber on difusiooni mõõtmise seadme alumine kamber, mis on näha ka fotol (Foto 1). Radoonikambrisse asetatakse mõõtmise ajaks radooni allikas, mis tekitab radoonikambris vajaliku radooni kontsentratsiooni. Meie katse puhul on radooniallikaks tseoliidi kotid (Foto 2), mis on täidetud raadiumit sisaldava tseoliidiga (Foto 3). Katses kasutatav tseoliit pärineb joogivee filtritest, mida kasutati joogiveest raadiumi eemaldamiseks. Radoonikambris radooni kontsentratsiooni mõõtmiseks kasutatakse seadet AlphaE (Foto 4), mis asub samuti alumises ehk radoonikambrisse. Mõõtesead AlphaE on elektrooniline radooni kontsentratsiooni mõõtmise seade.



Foto 2. Tseoliidi kotid

Igas tseoliidikotis (Foto 2) on võrdne kogus raadiumiga saastunud tseoliiti (Foto 3), mis aitab hinnata olenevalt katse käigust kasutatud kottide hulga põhjal tekkiva radooni kontsentratsiooni radoonikambris.



Foto 3. Joogiveest eemaldatud raadiumit sisaldav tseoliit

4.1.2 Mõõteseade AlphaE

Radoonikambris kasutatakse radooni kontsentratsiooni mõõtmiseks seadet AlphaE (Foto 4), mis on paigaldatud alumisse ehk radoonikambrisse. Mõõteseade AlphaE on elektroonilise mälu ja ränidetektoriga varustatud radooni kontsentratsiooni pikaajalise mõõtmise seade.



Foto 4. Mõõteseade AlphaE [21]

4.1.3 Mõõtekamber ja mõõteseade Radon Eye Plus2

Mõõtekambrisse asetatakse katse läbiviimiseks radooni mõõteseade Radon Eye Plus2 (Foto 5). Radon Eye Plus2 on portatiivne mõõteseade, mis hoolimata oma väiksusest on suure tundlikkusega ja täpne, mõõtes lisaks radooni kontsentratsioonile ka ümbritseva õhu temperatuuri ja niiskust. Tema detektoriks oleva ionisatsiooni kambri maht on 200 cm³, mis tagabki seadme suure tundlikkuse. Radon Eye Plus2 mõõtepiirkonnaks on 7-9435 Bq/m³. Tootja poolt lubatud seadme mõõtemääramatus jääb alla 10%, mis on leidnud ka kinnitust nii Tallinna Tehnikakõrgkoolis kui ka mujal maailmas teostatud võrdlasmõõtmistel. Mõõtekambris asub ka selles oleva gaasisegu homogeniseerimiseks väike ventillaator. [22]



Foto 5. Radon Eye Plus2

4.1.4 Õhupump Resun Air 8000

Õhupump Resun Air 8000 (Foto 6) ühendatakse voolikutega mõõtekambriga. Resun Air 8000 on nelja väljundiga õhupump, mille maksimaalne õhuvool on 640 l/h, kusjuures õhuvoolu hulka saab reguleerida. Kasutatakse mõõtekambri tuulutamiseks radoonivaba õhuga. [23]



Foto 6. Õhupump Resun Air 8000 [23]

4.2 Katsetamise meetoodika

Katsetamine toimub eelnevalt kirjeldatud seadmete abil. Alumisse kambrisse ehk radoonikambrisse asetatakse radooni ekshaleeriv materjal ehk meie katse puhul tseoliidid. Ülemisse kambrisse ehk mõõtekambrisse asetatakse Radon Eye Plus2, mis mõõdab radooni kontsentratsiooni taset ning millega toimub andmeside Bluetooth abil. Kambrite servad on

kaetud vaakumkummist tihendiga vältimaks lekkeid. Kahe kambri vahele asetatakse katsetatav radoonitõkkele ning kambrid surutakse klambrite vahele kinni. Ülemise kambri külge ühendatakse ka õhupump voolikute abil, et katse vältel tagada mõõtekambri tuulutus radoonivaba õhuga. Kui kõik eelnev on tehtud siis võibki lugeda katse alanuks. Ühe katse kestvuseks on umbes 28 päeva, mille vältel kogutakse infot radooni kontsentratsiooni taseme muutumist mõõtekambris aja jooksul.

4.3 Katsete läbiviimise üldnõuded

Katse läbiviimiseks tuleb mõõtmised teostada muutumatutes laboritingimustes, mida iseloomustavad õhu temperatuur $24\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ja õhuniiskus vahemikus 20% ja 70% [24]. Meie katse käigus oli temperatuur terve katse vältel 21 °C ja 24 °C vahemikus. Töös kasutatavad teised andmed, mis oli saadud varasemate katsetamiste tulemusena, oli temperatuur samuti 21 °C ja 25 °C vahemikus. Seega võib arvestada sellega, et laboritingimused temperatuuri poolest olid katsetamiseks sobilikud. Õhuniiskus jäi meie katse korral 45% ja 50% vahele.

Samuti ei tohi katsetuse käigus rõhkude suhteline erinevus radoonikambris ja mõõtekambris olla suurem kui 5 Pa [24].

5 KATSETE LÄBIVIIMINE

5.1 Katseks sobiva radoonitõkkele valimine

Enne katse alustamist leppisime kokku selles, et kasutame katse läbiviimiseks Norras kasutatavaid ning Norra turul müüdavaid radoonitõkkekilesid. Seda sellepärast, et Tallinna Tehnikakõrgkooli lepingupartner Lätist soovis saada ülevaadet Norras radooni tõkestamisel kasutatavatest kiledest ning nende efektiivsusest. Lisaks on Norras radoonitõrje võrdlemisi väga kõrgel tasemel. Tuli uurida milliseid erinevaid radoonitõkkekilesid Norras kasutatakse ning kes neid valmistavad, müüvad ja tarnivad. Selleks sai ühendust võetud mitmete erinevate Norra turul radoonitõkkekilesid müüvate ettevõtetega eesmärgiga saada neilt katsetuseks vajalikke radoonitõkkelede katsekehi. Kahjuks ei saanud me neilt kelleltki positiivset vastust.

Norra ettevõtted kelle poole pöörduti ning nende pakutavad radoonikilede tooted:

- Baca Plastindustri AS, BACA radon barrier;
- BMI Norge AS, Monarflex R.M.B 400;
- Glava AS, Glava Radonsparre;
- Isola AS, Radonsparre 400;
- Oldroyd AS, Oldroyd Radontett RMA.

Selgus, et Norras kasutatakse peamiselt Radonsparre nimelist radoonitõkkekilet, mis on saadaval ka õnneks meie müügivõrgus.

5.2 Katse alustamine

Katse kilega Radonsparre viiakse samaaegselt läbi eraldi kahes analoogses radooni difusiooni mõõtmise seadmes. Katse ülesseadmiseks tuli radoonitõkkele vältimata vajaminevad katsekehad, milleks olid 30 cm läbimõõduga kettad, mis asetati radooni difusiooni mõõtmise seadme kahe kambri vahele. Seadmete radoonikambritesse paigutati alguses 5 tseoliidikotti, mis on katse vältel seadme radoonikambri radooni allikaks. Lisaks asetati radoonikambrisse mõõteseadet AlphaE, selles radooni kontsentratsiooni mõõtmiseks. Ülemisse kambris asetati radooni mõõteseadet Radon Eye Plus2. Kuid kuna seda ei saanud otse radoonitõkkele peale asetada, siis sai selleks valmistatud lehtmetailist hoidik, mis paigaldati seadme ülemisse ehk mõõtekambris ja millele asetati Radon Eye Plus2 mõõteseadet (Foto 7).

Peale seda, kui kõik vajaminevad osad olid katseks oma vajalikele kohtadele asetatud, sai radooni difusiooni mõõtmise seadme korralikult sulgeda, vältimaks erinevaid radoonilekkeid.

Sulgemiseks suruti seadme kambrid omavahel kokku, kasutades seadme põhjaplaati ja pealisplaati ühendavaid keermelatte ning mutreid. Kuna tihendite pingutamise käigus tahtsid kambrid omavahel nihkesse minna (tihendid pole enam kohakuti) ning ära libiseda, siis tuli valmistada puidust erinevad abikiilud ning need paigaldada keermelattide ning seadme kambrite vahele eesmärgiga vältida kambrite omavahelist horisontaalset nihet. Peale kambrite fikseerimist ning veendumist, et sellel puuduvad radoonilekked, sai ühendatud ka mõõteseadmete toitekaablid. Pärast seda, kui kõik oli kontrollitud, sai lugeda katsetuse alanuks.



Foto 7. Radon Eye Plus2 mõõteseadme koos selle lehtmetailist valmistatud hoidikuga

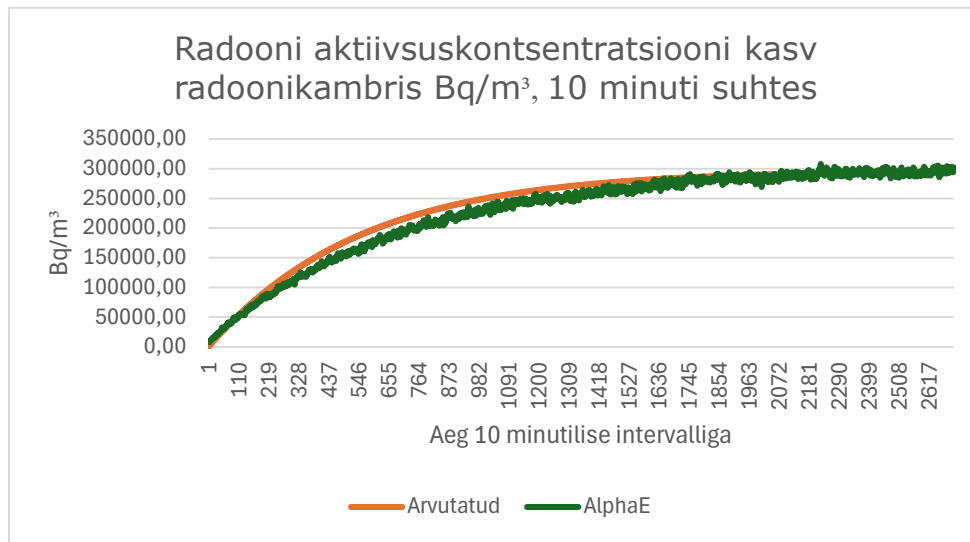
5.3 Katse käik

Katset alustati 5. aprillil kahes erinevas radooni difusiooni mõõtmise seadmes. Katse alguses asetati mõlema seadme radoonikambrisse radooniallikaks 5 tseoliidikotti, kuid katse käigus 12. aprillil lisati ühe seadme radoonikambrisse veel juurde 5 tseoliidikotti, suurendades nii ühes seadme radoonikambris radooni kontsentratsiooni kahekordseks. Katse lõpp oli 24. aprillil, kui lõpetasime mõõtmise ning võtsime välja radooni difusiooni mõõtmise käigus kogunenud info. Kogu katse vältel sai tulemustele ligi läbi interneti lehekülje Radon-Net [25]. Seega sai terve katse vältel jälgida ka eemalt mõõtmiste tulemusi.

6 MÕÕTMISTULEMUSED

6.1 Radoonikambris radooni kontsentratsiooni käik

Järgnevalt on hinnatud radooni difusiooni mõõtmise seadme radoonikambris radooni kontsentratsiooni käiku mõõteseadme AlphaE abil. Tulemused on esitatud joonisel (Joonis 10).



Joonis 10. Radooni aktiivsuskontsentratsiooni kasv radoonikambris

Joonisel on ära toodud radooni aktiivsuskontsentratsiooni tegelik kasv radoonikambris kui ka selle kasvu teoreetiline kõver, mis on arvutatud valem (1) abil [24]:

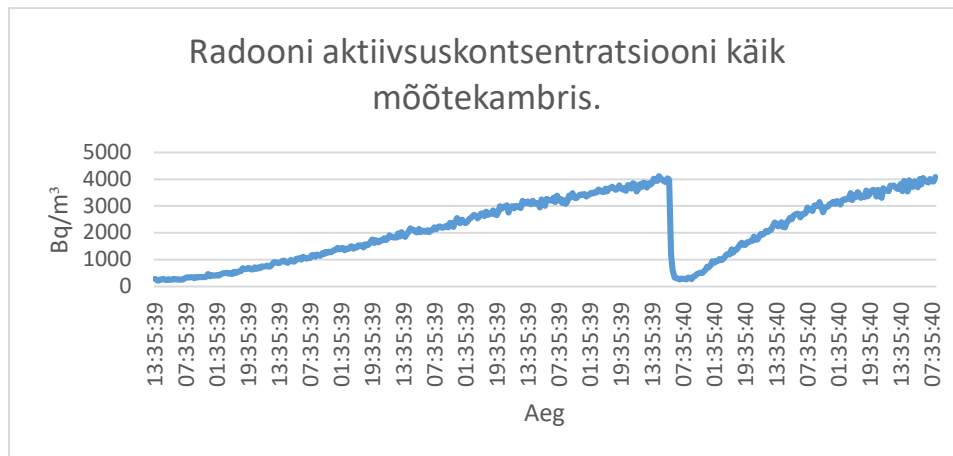
$$A = A_0 \left(1 - e^{-\frac{T}{\tau}}\right), \quad (1)$$

- kus A - ajahetkel T mõõtekambris olev radooni aktiivsuskontsentratsioon;
- A_0 - radooni aktiivsuskontsentratsiooni lõppväärtus peale sekulaarse tasakaalu saabumist kambris;
- T - mõõtehetk väljendatuna 10 minutilises mõõtkavas;
- τ - radooni poolestusaeg 10 minutilistes ühikutes.

Radooni difusiooniteguri väärtuse määramisega alustati ajal, kui radooni aktiivsuskontsentratsiooni väärtus radoonikambris oli saavutanud stabiilsuse, st. umbes 12,5 päeva pärast kambri sulgemist (kambris oli sellel hetkel saavutatud radooni kontsentratsiooni võimalikust lõppväärtusest umbes 95%, umbes 298 000 Bq/m³).

6.2 Kilematerjali radooni difusiooniteguri määramine

Uuritava materjali radooni difusiooniteguri määramiseks oodati läbi uuritava materjali statsionaarse difusiooni voo tekkimist ning radoonikambris statsionaarse aktiivsuskontsentratsiooni saavutamist, umbes 12,5 päeva. Seejärel tuulutati mõiõtekamber, suleti tuulutuskraanid ning alustati radooni aktiivsuskontsentratsiooni kasvu registreerimist. Radooni aktiivsuskontsentratsiooni ajaline käik ühe katse korral on näidatud joonisel (Joonis 11). Esimene tõus joonisel toodud kõveral kajastab ka radoonikambris radooni kontsentratsiooni kasvu. Peale tuulutamist on mõiõtekambris radooni kontsentratsiooni kasv kiirem, mis vastab radoonikambris juba saavutatud maksimaalsele võimalikule radoonikontsentratsiooni tasemele (95%).



Joonis 11. Radooni aktiivsuskontsentratsiooni käik mõiõtekambris

Radooni difusiooniteguri määramisel kasutatakse keemiast tuntud difusioonikiiruse valemi (2) teisendust [24]:

$$D_v = \frac{D_t * S * \Delta C}{l}, \quad (2)$$

kus D_v - difusiooni kiirus;

D_t - difusioonitegur;

S - uuritava materjali pindala;

ΔC - kontsentratsioonide erinevus kummalgi pool uuritavat materjali;

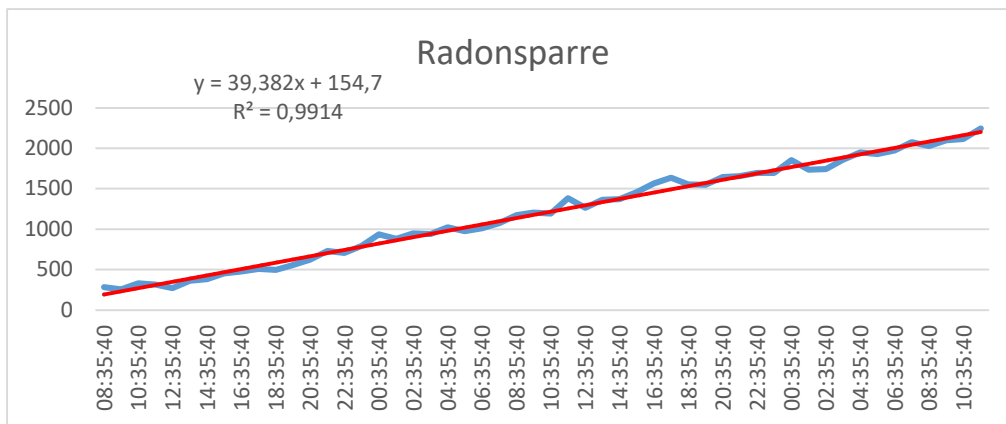
l - materjali paksus.

Avaldame valemst (2) difusiooniteguri. Difusiooniteguri leidmiseks kasutame valemit (3) [24]:

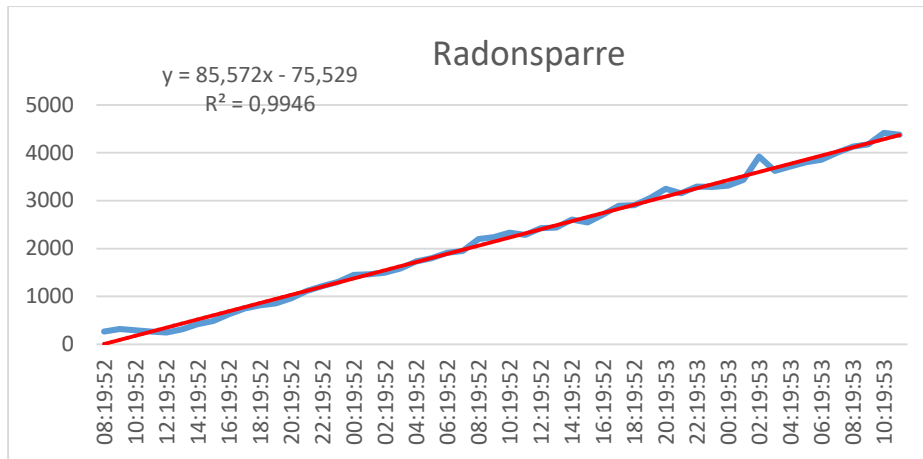
$$D_t = \frac{D_v * l}{S * \Delta C} \quad (3)$$

Difusiooniteguri leidmise jaoks vajalikud andmed saame tuletada mõõtmise käigus saadud andmetest. Difusiooni kiiruse määrame radooni aktiivsuskontsentratsiooni kasvu kiirusest mõõtekambris esimese kahe päeva jooksul peale läbipuhet. Vaja on leida radooni aktiivsuse absoluutväärtuse kasv kambris. Selleks taandame mõõtekambris radooni aktiivsuskontsentratsiooni kasvu kiiruse ühikutes (Bq/m³)/h, bekerellideks, milleks korrutame selle väärtuse läbi mõõtekambri mahu väärtusega, milleks on 12 liitrit, ehk 0,012 m³. Kile paksus on kas mõõdetud või loeme selle sertifikaadist. Uuritava kile aktiivse pindala määrame kambrite läbimõõdu mõõtmise abil. Kontsentratsioonide erinevuse määrame radoonikambris oleva mõõteriista AlphaE näitude abil.

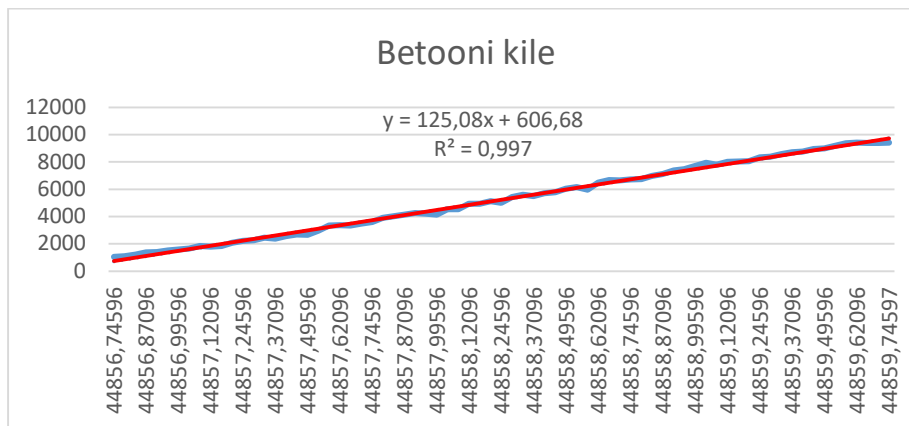
Järgnevalt on välja toodud 5 tseoliidikutiga (Joonis 12) ja 10 tseoliidikutiga (Joonis 13) radooniallikaga mõõteseadme radoonitõkkele Radonsparre radooni kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris. Lisaks on võrdlusena juurde toodud varasemalt teostatud mõõtmiste tulemusi, mis selle töö puhul on illustratiivsed kuid aitavad luua võrdlusmomendi. Varasemate katsete tulemuste näol võrdlused on välja toodud erinevate kiledega, milleks on betooni kile (Joonis 14), kauakestev kile (Joonis 15), radoonitõkkele Ergo (Joonis 16), radoonitõkkele Blue Seal (Joonis 17). Lisaks on toodud veel kahe radoonitõkkele katsete tulemused. Kuna nende kilede paigaldajad ei soovi andmeid oma konkreetse kile kohta avaldada siis on need märgitud kui tundmatu kile, nimetades need tinglikult kile 1 (Joonis 18) ja kile 2 (Joonis 19).



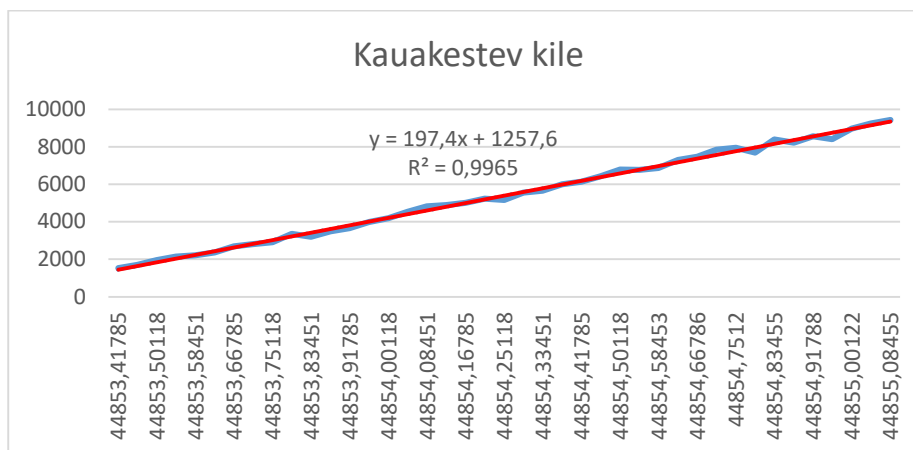
Joonis 12. Radonsparre radooni (5 tseoliidikutiga) kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris



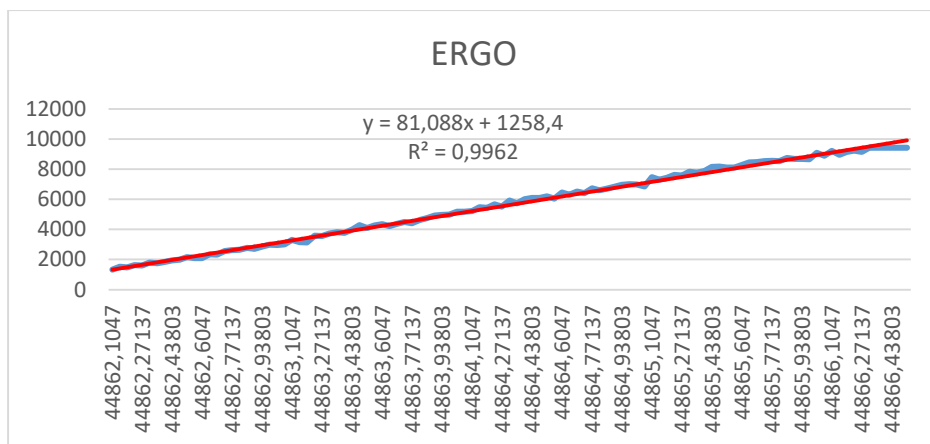
Joonis 13. Radonsparre radooni (10 tseoliidikotiga) kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris



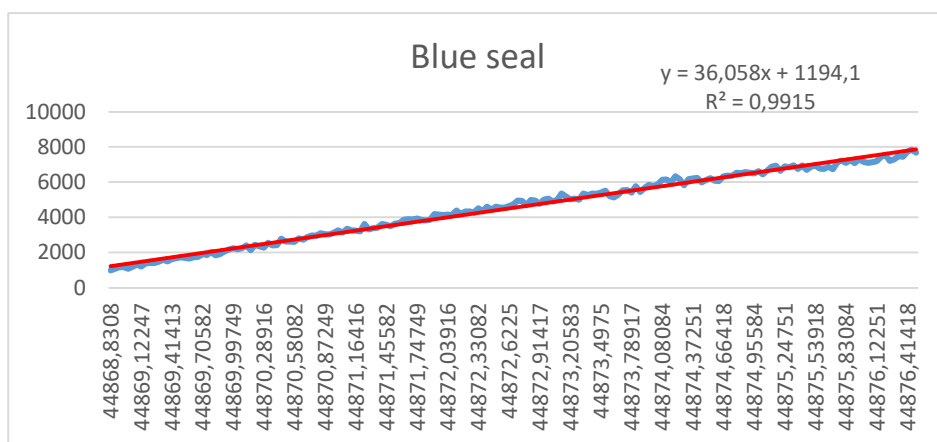
Joonis 14. Betooni kile radooni kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris



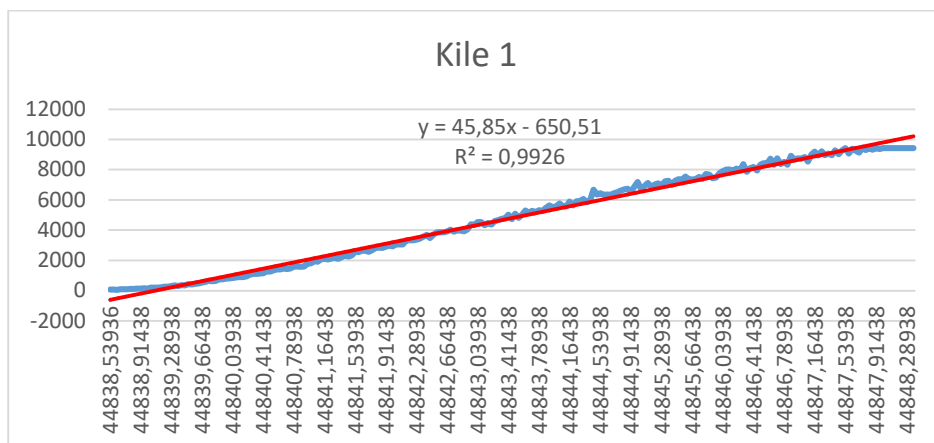
Joonis 15. Kauakestva kile radooni kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris



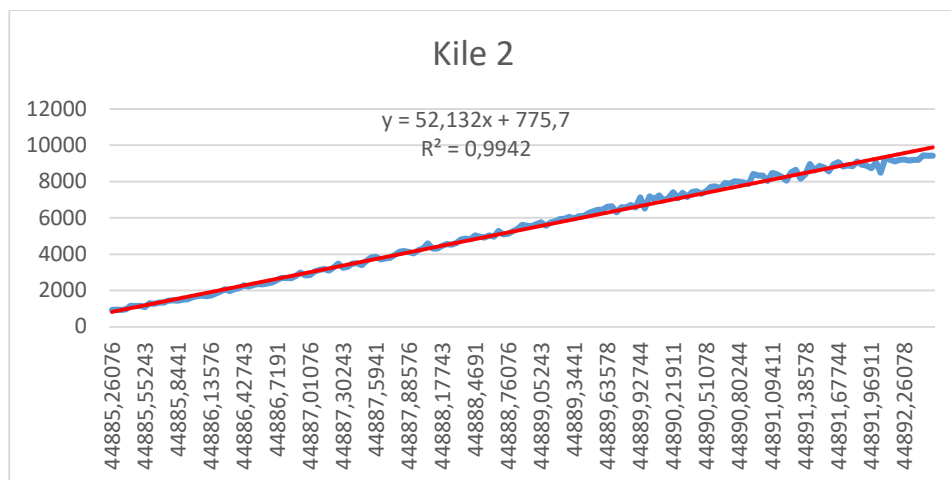
Joonis 16. Radoonitõkkekile Ergo radooni kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris



Joonis 17. Radoonitõkkekile Blue Seal radooni kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris



Joonis 18. Radoonitõkkekile Kile 1 radooni kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris



Joonis 19. Radoonitõkkekile Kile 2 radooni kontsentratsiooni lineaarne tõus mõõtekambris

Järgnevalt on tabelis (Tabel 1) välja toodud katsetatud kilede ning võrdlusesse toodud kilede difusioonitegurid koos katsekehade paksustega.

Tabel 1. Kilede difusiooniteguri väärtused

Katsekeha nimetus	Katsekeha paksus, mm	Tõusukiirus, (Bq/m ³)/h	Arvutatud difusioonitegur D, m ² /s
Radonsparre (5)	0,400±0,050	39,38	(2,50±0,53)E-11
Radonsparre (10)	0,400±0,050	85,57	(2,72±0,62)E-11
Betoonikile	0,200	125,08	3,97E-11
Kauakestev kile	0,175	197,40	5,48E-11
Ergo	0,300	81,09	3,86E-11
Blue Seal	0,400	36,06	2,29E-11
Kile 1	0,300	45,85	2,18E-11
Kile 2	0,350	52,13	2,90E-11

6.3 Määramatused

Järgnevalt leitakse difusiooniteguri suhteline määramatus. Suhtelise määramatuse valem (4) tuletatakse difusiooniteguri valemist (3):

$$\frac{\Delta D_t}{D_t} = \sqrt{\left(\frac{\Delta D_v}{D_v}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta C)}{\Delta C}\right)^2}, \quad (4)$$

- kus $\frac{\Delta D_t}{D_t}$ - suhteline difusiooni määramatus;
- ΔD_v - difusioonikiiruse hälve;
- D_v - difusiooni kiirus;
- Δl - kile paksuse määramise hälve;
- l - materjali paksus;
- ΔS - uuritava katsekeha pindala määramise hälve;
- S - uuritava katsekeha pindala;
- $\Delta(\Delta C)$ - kontsentratsioonide erinevuse määramise hälve;
- ΔC - kontsentratsioonide erinevus kummalgi pool uuritavat materjali.

Arvutuse tulemusena saame 5 tseoliidikutiga katsetuse radoonitõkkekile Radonsparre difusiooniteguri suhtelise määramatuse väärtuseks 21% ning difusiooniteguri absoluutseks veaks 0,53E-11. Vastavalt 10 tseoliidikutiga katse kile difusiooniteguri suhtelise määramatuse väärtuseks saime 23% ning difusiooniteguri absoluutse vea väärtuseks 0,62E-11.

7 MÕÕTMISTULEMUSTE ANALÜÜS

Nagu esitatud tabelist (Tabel 1) näha on, siis viie tseoliidikotiga radooniallikaga mõõteseadmes on radooni kontsentratsiooni kasvu kiiruseks 39,38 (Bq/m³)/h ning selle alusel arvutatud difusioonitegur on 2,50E-11 m²/s. Vastavalt kümne tseoliidikotiga mõõteseadme radooni kontsentratsiooni kiirus on 85,57 Bq/m³ ja selle alusel arvutatud difusioonitegur 2,72E-11 m²/s. Kahe erineva mõõtmise korral tuli difusiooniteguri väärtuste erinevus alla 10%, ning katsetulemuste määramatuste piirides mõlemal juhul mõõdetud difusioonitegurite väärtused kattuvad.

Lisaks on võrdlusena ka välja toodud teiste, erinevate kilede korral arvutatud difusioonitegurid, kuid tuleb neile vaadata kui illustratiivsetele tulemustele, sest nende puhul ei ole mõõdetud radoonikambris oleva radooni kontsentratsiooni. Nende kilede tulemused on töös välja toodud selleks, et luua võrdlusmoment Radonsparre radoonitõkkekilega.

Võrreldes siiski Radonsparre radoonikile difusiooniteguri teiste erinevate kilede difusiooniteguritega on näha, et võrdluses betooni kilega või kauakestva kilega, on nende difusioonitegurite erinevus suur, vastavalt betoonikilega on vahe 1,6 kordne ning kauakestva kilega 2,2 kordne. Siin tuleb arvesse võtta, et need kiled pole mõeldud radooni tõkestamiseks. Võrreldes Radonsparre radoonitõkkekilet teiste radoonitõkkekiledega, jäävad tulemused samasse suurusjärku, väljaarvatud Ergo radoonitõkkekile. Kuna teiste kilede tulemused olid toodud illustratiivsetel eesmärkidel, siis käsitlemegi võrdlust Ergo radoonitõkkekilega vaid illustratsioonina mille alusel mingeid järeldusi me ei tee. Illustratiivsete kilede andmete puhul ei ole teada mõõtmiste käigus radoonikambris olnud kontsentratsioon, seega võivad need tegelikkuses erineda.

KOKKUVÕTE

Töö käigus selgitati radooni olemust ning seda, kuidas ja millistel erinevatel viisidel on võimalik ennast radooni eest kaitsta. Lisaks selgitati ka radooni kahjulikku mõju inimese organismile. Töö eksperimentaalseks sisuks oli katse, mille käigus määrati radoonitõkkekile efektiivsust radooni tõkestamisel. Selle katse tingis asjaolu, et Eesti turul kättesaadavatel radoonitõkkekiledel ei ole üldjuhul sertifikaatides antud teavet radooni ega selle tõkestamise parameetrite kohta.

Katse läbiviimiseks kasutati TTK-s valminud radooni difusiooni mõõtmise seadet, mis koosneb radoonikambri, mõõtekambri, mõõteseadmest AlphaE, mõõteseadmest Radon Eye Plus2, õhupumbast ja muudest vajalikest komponentidest. Katsekehadeks olid radoonitõkkekile Radonsparre 30 cm läbimõõduga kilest väljalõigatud ümargused kettad. Töö käigus viidi läbi 2 mõõtmist, kus ühel juhul oli radooniallikaks 5 raadiumi sisaldusega tseoliidikotti ning teisel juhul 10 raadiumi sisaldusega tseoliidikotti. Katsega alustati 5 aprillil ning katse kestis kuni 24 aprillini. Selle aja vältel mõõdeti katseseadmetes nii radoonikambri oleva radooni kui ka radooni mõõtekambri olevat radooni aktiivsuskontsentratsiooni käiku. Lisaks mõõdeti ka katse temperatuur ning õhuniiskus. Katse käigus saadud tulemuste põhjal määrati katsekilede radooni difusioonitegur. Lisaks on difusioonitegur määratud ka kuue erineva kile korral, mille algsed mõõtmistulemused olid varasemalt juba olemas. Need tulemused selles töös on ainult illustatiivsed, sest mõõtmised on toimunud varem ning puuduvad korrektsed andmed katsetingimuste kohta. Töös on need sisse toodud vaid võrdluseks uuritava radoonitõkkekile Radonsparre ja teiste kilede vahel.

Katse tulemusel arvutati radoonitõkkekile Radonsparre 0,4 mm difusiooniteguriks $2,50E-11$ m²/s ja $2,72E-11$ m²/s, mis on samas suurusjärgus eelnevate teiste kilede mõõtmisel saadud väärtustega. Radoonitõkkekile Blue Seal 0,4 mm difusiooniteguriks on $2,29E-11$ m²/s. Kile 1 0,3 mm difusiooniteguriks on $2,18E-11$ m²/s ja Kile 2 0,35 mm difusiooniteguriks on $2,90E-11$ m²/s. Võrreldes aga radoonitõkkekile Radonsparre ja betoonikile 0,2 mm difusiooniteguriga $3,97E-11$ m²/s tuleb nende kahe vahe juba 1,6 kordne, mis tähendab et tavalised polüetüleenist betoonikiled ei täida kindlasti radoonitõrje eesmärki nii nagu spetsiaalne radoonitõkkekile. Võrdluses kauakestva kilega 0,175 mm mille difusiooniteguriks tuli $5,48E-11$ m²/s on näha, et vahe radoonitõkkekilega Radonsparre on 2,2 kordne. Võrdlusest saame järeldada, et tavalised kiled ei suuda täita radoonitõkkekile rolli ning radoonitõkke eesmärgil peab kasutama selleks eesmärgiks valmistatud radoonitõkke kilet.

Tuleb arvestada asjaoluga, et selle töö käigus olid kõik katsed läbi viidud laboritingimustes. Reaalses olukorras tuleb arvestada muude teguritega mis võivad mõjutada radoonitõkkekile efektiivsust. Näiteks võib üheks suureks mõjuteguriks olla suurem rõhkude erinevus kummalgi pool kilet. Teiseks kile paigaldamise kvaliteet, sest just sellest tuleneb radoonitõkkekile võime hoida radoon sisenemast hoone siseruumidesse. Lisateguriks võib olla hoone ebatasane vajumine, mille korral võib kile lihtsalt rebeneda ning seega pääseks radoon rebenenud kohast läbi ning radoonitõkkekile oleks kasutu.

Reaalses olukorras tuleb arvestada ka paljude muude erinevate momentidega radoonitõkkekile paigaldamisel ning selle efektiivsuse hindamisel. Kindlasti tuleb läbi mõelda ka see aspekt, et kas radoonitõkkekile on just kõige efektiivsem radoonitõrje variant konkreetse hoone puhul, sest üldjuhul olemasolevale hoonetele on radoonitõkkekile paigaldamine selliselt raskendatud, et ei jääks ühtegi pragu, kust radoon läbi ei pääseks. Kui aga kile paigaldatakse korralikult ning rebenemisi ega pragusid ei teki, siis peaks see teoreetiliselt hoidma radooni hoone siseruumidesse sattumast. Kindlasti tuleb arvestada radooniohtlikes piirkondades radooni riskiga ning tõkestada maksimaalselt, sobivaimal viisil radooni võimalik pääsemine hoone siseruumidesse.

SUMMARY

Investigation of Properties of Radon Barrier Films

As time progresses, all products and services become more and more safe and economical for us. But something we cannot change with our own actions are natural threats to our environment. We cannot even think about many of them or protect ourselves from them, especially when the danger may be in our own home, work or school. One such danger is radon, which certainly many people are not aware of.

Radon is a tasteless, odorless and colorless gas that is very dangerous to human health, causing various cell mutations and cancer. We can come into contact with radon mostly indoors, for example at home and at work. Radon mostly finds its way into the interior of the building through the non-tightness of the part of the building in contact with the soil, which are mostly cracks in the foundation or poorly made ducts. Therefore, the access of radon to the interior of the building should be prevented, and a radon barrier film is one of the possible means of radon control.

The radon barrier film is generally installed on the foundation of the building or between the insulation layers of the floor. The radon barrier film must be installed in such a way that there are no possible leaks, cracks and openings through which radon could pass. The radon barrier film is generally only suitable for new buildings, as it is generally difficult or even impossible to install a radon barrier film on existing buildings in such a way that there would no cracks or openings.

In the course of this work, the properties of the radon barrier film have been studied to find out whether and to what extent the radon barrier film can prevent the spread of radon into the building. In addition, the certificates of radon barrier films generally lack information about the ability to prevent the spread of radon. Thus, a diffusion measurement experiment was conducted to investigate the properties.

The radon diffusion measuring device made at TTK University of Applied Sciences was used to conduct the experiment, which consists of a radon chamber, measuring chamber, measuring device AlphaE, measuring device Radon Eye Plus2, air pump and other necessary components. The test objects were round discs cut out of the 30 cm diameter Radonsparre radon barrier film. During the work, 2 measurements were carried out, where in one case the source of radon was 5 zeolite bags containing radium and in the other case 10 zeolite bags containing

radium. The experiment started on April 5 and lasted until April 24. During this time, both the radon in the radon source container and the course of the radon activity concentration in the radon receiver container were measured in the test equipment. In addition, the temperature and humidity of the experiment were also measured. Based on the results obtained during the experiment, the radon diffusion coefficient of the test films was determined. In addition, the diffusion coefficient has also been determined for six different films, the original measurement results of which were previously available. These results in this work are only illustrative because the measurements have taken place earlier and there is no correct data on the experimental conditions. In this work, they are introduced only for comparison between the studied radon barrier film Radonsparre and other films.

As a result of the test, the radon barrier film Radonsparre 0.4 mm was calculated to have a diffusion coefficient of $2.50E-11 \text{ m}^2/\text{s}$ and $2.72E-11 \text{ m}^2/\text{s}$, which are in the same order of magnitude as the values obtained by previous measurements of other films. The diffusion coefficient of Blue Seal 0.4 mm radon barrier film is $2.29E-11 \text{ m}^2/\text{s}$. Film 1 0.3 mm has a diffusion coefficient of $2.18E-11 \text{ m}^2/\text{s}$ and Film 2 0.35 mm has a diffusion coefficient of $2.90E-11 \text{ m}^2/\text{s}$. However, comparing the radon barrier film Radonsparre and the construction film 0.2 mm diffusion coefficient of $3.97E-11 \text{ m}^2/\text{s}$, the difference between the two is already 1.6 times, which means that ordinary polyethylene construction films certainly do not fulfill the purpose of radon control as well as the special radon barrier film. In comparison with the long-lasting film 0.175 mm, which had a diffusion coefficient of $5.48E-11 \text{ m}^2/\text{s}$, it can be seen that the difference with the radon barrier film Radonsparre is 2.2 times. From the comparison, we can conclude that ordinary films cannot fulfill the role of a radon barrier film, and for the purpose of radon barrier, a radon barrier film made for this purpose must be used.

It must also be taken into account that in the course of this work, all experiments were carried out in laboratory conditions, and thus the results may differ from what could be in real conditions. In addition, other factors that can affect the effectiveness of the radon barrier film must also be taken into account in the real situation. For example, one of the big influencing factors can be how high-quality the film is installed, because it is precisely from this that the effectiveness of the radon barrier film to prevent radon infiltration into the interior of the building comes from. Another factor could be the uneven subsidence of the building, in which case the film could simply tear, and as a result, radon would pass through the torn place and the radon barrier film would be useless. Therefore, in a real situation, many other different factors should also be taken into account when installing a radon barrier film and evaluating its effectiveness.

VIIDATUD ALLIKAD




- [1] Vikipeedia, „Difusioon“. 11. detsember 2022. Vaadatud: 30. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Difusioon&oldid=6266513>
- [2] „vastavusdeklar-delta-radoonikilele-460.pdf“. Vaadatud: 2. mai 2024. [Online]. Available at: <https://kilepood.ee/wp-content/uploads/2021/03/vastavusdeklar-delta-radoonikilele-460.pdf>
- [3] „2016-05-04-DoP-Radonsperre-280-Vorlage_-ET.pdf“. Vaadatud: 2. mai 2024. [Online]. Available at: https://kilepood.ee/wp-content/uploads/2021/03/2016-05-04-DoP-Radonsperre-280-Vorlage_-ET.pdf
- [4] „B1003EF-13967-2019-ERGOFOL-radon-membrane-03-10-pol.wyd_.2-ERGO.pdf“. Vaadatud: 2. mai 2024. [Online]. Available at: https://kilepood.ee/wp-content/uploads/2022/02/B1003EF-13967-2019-ERGOFOL-radon-membrane-03-10-pol.wyd_.2-ERGO.pdf
- [5] „Technical-information-ERGOFOL-Radon-Membrane-10.2021.pdf“. Vaadatud: 2. mai 2024. [Online]. Available at: <https://kilepood.ee/wp-content/uploads/2022/02/Technical-information-ERGOFOL-Radon-Membrane-10.2021.pdf>
- [6] „DoP_Et_BlueSeal-Radoon.pdf“. Vaadatud: 2. mai 2024. [Online]. Available at: https://kilepood.ee/wp-content/uploads/2021/06/DoP_Et_BlueSeal-Radoon.pdf
- [7] Valter Petersell, Voldemar Mõttus, Krista Täht, „Nähtamatu ohuallikas Eestimaa pinnases“. Vaadatud: 15. märts 2024. [Online]. Available at: http://www.eestiloodus.ee/artikkel1116_1091.html
- [8] Wikipedia, „Decay chain“. Vaadatud: 15. märts 2024. [Online]. Available at: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Decay_chain&oldid=1197364208
- [9] Kliimaministeerium, „Radoon“. Vaadatud: 15. märts 2024. [Online]. Available at: <https://kliimaministeerium.ee/radoon>
- [10] Keskkonnatehnika, „Eesti pinnase radooniriski kaarti täiendati 2020. aasta radooniuringute andmetega“, 15. juuni 2021. Vaadatud: 15. märts 2024. [Online]. Available at: <https://keskkonnatehnika.ee/eesti-pinnase-radooniriski-kaarti-taiendati-2020-aasta-radooniuringute-andmetega/>
- [11] Keskkonnaamet, „Radoon“. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://keskkonnaamet.ee/keskkonnakasutus-keskkonnatasu/kiirus/radoon>
- [12] Targo Kalamees, Üllar Alev, Martin Thalfeldt, Kadi Varda, Jarek Kurnitski, „RADOONIOHU VÄHENDAMISE LAHENDUSED OLEMASOLEVATELE JA UUTELE HOONETELE“, 2015.

- [13] Keskkonnatehnika, „Radooni levikust, tõkestamisest ja mõõtmisest“, 4. november 2019. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://keskkonnatehnika.ee/radooni-levikust-tokestamisest-ja-mootmisest/>
- [14] Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus, „EVS 840:2023“, EVS. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://www.evs.ee/et/evs-840-2023>
- [15] Riigi Teataja, „Tööruumide õhu radoonisisalduse viitetase, õhu radoonisisalduse mõõtmise kord ja tööandja kohustused kõrgendatud radooniriskiga töökohtadel“. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/103082018004?leiaKehtiv>
- [16] Riigi Teataja, „Tervisekaitseenõuded koolieelse lasteasutuse maa-alale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule“. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/111102011003>
- [17] Riigi Teataja, „Tervisekaitseenõuded koolidele“. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/128082013010?leiaKehtiv>
- [18] Keskkonnatehnika, „Hoonete siseõhu radoonisisalduse vähendamine“, 1. september 2019. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://keskkonnatehnika.ee/siseohu-radoonisisalduse-vahendamine/>
- [19] Kilekeskus, „Paigaldusjuhised radoonitõkke süsteem“. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://kilepood.ee/>
- [20] Keskkonnatehnika, „Kuidas ehitada radoonikindlat maja“, 30. september 2019. Vaadatud: 21. märts 2024. [Online]. Available at: <https://keskkonnatehnika.ee/radoon-kuidas-ehitada-radoonikindlat-maja/>
- [21] Radonova, „AlphaE“, Radoninstruments.com (EN). Vaadatud: 29. märts 2024. [Online]. Available at: <https://radoninstrument.com/en/product/alphae/>
- [22] RadonTec, „RADON-EYE“. Vaadatud: 29. märts 2024. [Online]. Available at: https://www.radonshop.com/Home_3
- [23] Whitecorals Vertriebs, „Resun Air Pump AIR-8000“. Vaadatud: 29. märts 2024. [Online]. Available at: <https://www.whitecorals.com/en/dry-goods-/pumps-and-plumbing/air-pumps/resun-air-pump-air-8000-640-l-h-8-watt>
- [24] Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus, „Radioaktiivsuse mõõtmine keskkonnas“. juuni 2023.
- [25] Radon Monitoring Network service, „Radon Map“. Vaadatud: 24. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://radon-net.com/auth/radonmap.html>

Lisa 1. Radoonitõkkele Radonsperre sertifikaat

DELTA®

DÖRKEN

			
Toimivusdeklaratsioon / Declaration of Performance Vastavalt määruse (EU) nr. 305/2011 III lisale / according to Annex III of Regulation (EU) No. 305/2011			
Nr. DoP-16-159-01 tootele / for the product DELTA®-Radonsperre			
1. Toote tüüp / Unique identification code of the product type		EN 14909:2012	
2. Tüüp-, parti- või seeriainumber või muu element, mis võimaldab ehitistunde identifitseerimist artikli 11(4) kohaselt / Type batch or serial number or any other element allowing identification of the construction product as required under article 11(4)		Parti number: vaata toote märgistust / Lot number: see marking on product	
3. Toote poolt ette nähtud ehitistunde kasutamisel kasutatavate või -ohustatud ehitistunde tehnilise kirjeldusega / Intended use or uses of the construction product in accordance with the applicable harmonised technical specification, as foreseen by the manufacturer		Ehitistunde niiskustõkestamismaterjalid - Plastkiud ja kummid niiskustõkestamiskihid, Tüüp A Flexible sheets for waterproofing- Plastic and rubber damp proof course type A	
4. Artikli 11 lõikes 5 nõutud tootja nimi, registreeritud kaubamärk või registreeritud kaubamärk ja kontaktaadress / Name, registered trade name or registered trade mark and contact address of the manufacturer as required under article 11(2)		Dörken GmbH & Co. KG Welterstraße 58 D-58313 Herdecke	
5. Vajadusel toote valmistajate esindaja nimi ja kontaktaadress, kelle volitused hõlmavad artikli 12 lõikes 2 kirjeldatud ülesandeid / Contact address: Where applicable, name and contact address of the authorized representative whose mandate covers the tasks specified in article 12 (2)		ei kohaldata / not relevant	
6. AVCP: Viis asendatavate ehitistunde toimivuse pidevuse hindamise ja kontrollimise süsteemi või süsteemid / AVCP: System or systems of assessment and verification of constancy of performance of the construction product as set out in CPR, Annex V		System 3	
7. Teavitatud asutus: ÜHustatud standardiga hõlmatud ehitistunde toimivusdeklaratsioon / Notified body: In case of declaration of performance concerning a construction product covered by a harmonised standard		Alljärgnevad teavitatud asutused on läbi viinud tüüpikohandamise vastavalt süsteemile 3. / The following notified bodies have carried out the type approvals and issued the accompanying test certificates.	
Katseviisid/Testing methods	Tunnuskoode/Identification number	Tüübikate/Type test	Katsearuanded/Report No.
KWA	NB079		1,1/13525/0573.0.1-2008
8. Teavitatud asutus: Sellise ehitistunde, mille kohta on antud Euroopa tehniline hinnang, toimivusdeklaratsioon / Notified body: In case of declaration of performance concerning a construction product for which a European Technical Assessment has been issued		ei kohaldata / not relevant	
9. Deklareeritud toimivus/Declared performance			
Deklareeritud toimivus / Essential characteristics	Toimivus / Performance	Ühustatud tehniline kirjeldus / Harmonised technical specification	
Tõlkeühik / Reactor to fire	Klass E / Class E	EN 14909:2012	
Veekestivus / Watertightness (EN 1926, Methode B)	läbimurd / passed		
Löögikestivus / resistance to impact (EN 12691)	≥ 200 mm		
Veekestivus pärast kunstlikku vananemist (EN 1926, meetod A)	läbimurd /		
veekestivus pärast kunstlikku vananemist (EN 1926, meetod A)	passed /		
Kemikaalikestivus (EN 1928, meetod A)	läbimurd /		
veekestivus pärast ahistatavat keskkonda (EN 1928, meetod A)	passed /		
Vastupidavus madalale temperatuurile (EN 495-5)	< -20°C		
veekestivus pärast ahistatavat keskkonda (EN 495-5)	< -20°C		
Ohtlikud materjalid / hazardous materials	ei deklareerita / none		
10. Deklaratsioon: Punktides 1 ja 2 kindlakärgitud toote toimivus on kooskõlas punktis 9 esitatud deklaratsiooniga. Käesolev toimivusdeklaratsioon on välja antud punktis 4 kindlakärgitud toote tootja vastutusele. / Declaration: The performance of the product identified in points 1 and 2 is in conformity with the declared performance in point 9. This declaration of performance is issued under the sole responsibility of the manufacturer identified in point 4.			
Tootja poolt ja nime allkirjastatud tegevivolikordid: / Signed for and on behalf of the manufacturer by the managing directors:			
 Christian Harste		 Ingo Quent	
Herdecke_04.05.2016 (Väljaandmise koht ja kuupäev / Place and date of issue)			

Lisa 2. Radoonitõkkele Radonsparre vastavustunnistus

Vastavustunnistus

Nr. 11/12 151106

NORTETT® Radoonikile Delta Radonsperren

Tootja: Dörken GmbH & Co. KG **Aadress:** Wetterstraße 58
D-58313 Herdecke

Toodetud Nortett Bygg AS tellimusel
Håndverkerveien 6
1820 Spydeberg

Toote kirjeldus:

DELTA® Radoonikile paigaldamiseks hoone seites, soklis ja pörandakonstruktsioonides vältimaks radooni gaaside sisenemist läbi konstruktsiooni. Samuti auru ja niiskustõkkeks

Omadused: DELTA® Radoon paksus on 0,5 mm membraan kaaluga 460 g/m² polüolefiinist.

Värv on must ja membraanile on pressitud ruudud, kile ülemise ja alumise poolel

DeltaRadonsperre 460 Radoonitõkke tooteomadused

Omadus	Väärtus	Ühik	Testi meetod
Radoonitakistus	$6,1 \cdot 10^{11}$	m ² ·s·Pa/kg	SP-meetod /enese- potentsiaali meetod – tõlkija/
Pehmus külma korral	-40	°C	DIN 16726
Rebimistugevus			DIN 16726
- pikisuunas	90	N	
- ristsuunas	90	N	
Õhutihedus	1**	l/min	NBI-meetod
-konstruktsioon			167/01
Veeaurutakistus	$500 \cdot 10^9$ $3,8 \cdot 10^6$ 100	m ² ·s·Pa/kg s/m*** ekv. õhukihiga	NS-EN ISO 12572

* Purunemistugevust saab parendada diameetrile 15 mm, kasutades DeltaRadonsperre 460 alusena geotekstiili.

** Arvutatud rõhuerinevuse 30 Pa korral.

*** DeltaRadonsperre 460 veeaurutakistus vastab 100 meetri seisva õhu takistusele.

Tuleohutusklassifikatsioon

DeltaRadonsperre 460 ei oma tuleklassifikatsiooni.

Levitaja: Kilekeskus OÜ
Kastani 10, Rapla
Tel: 4892840

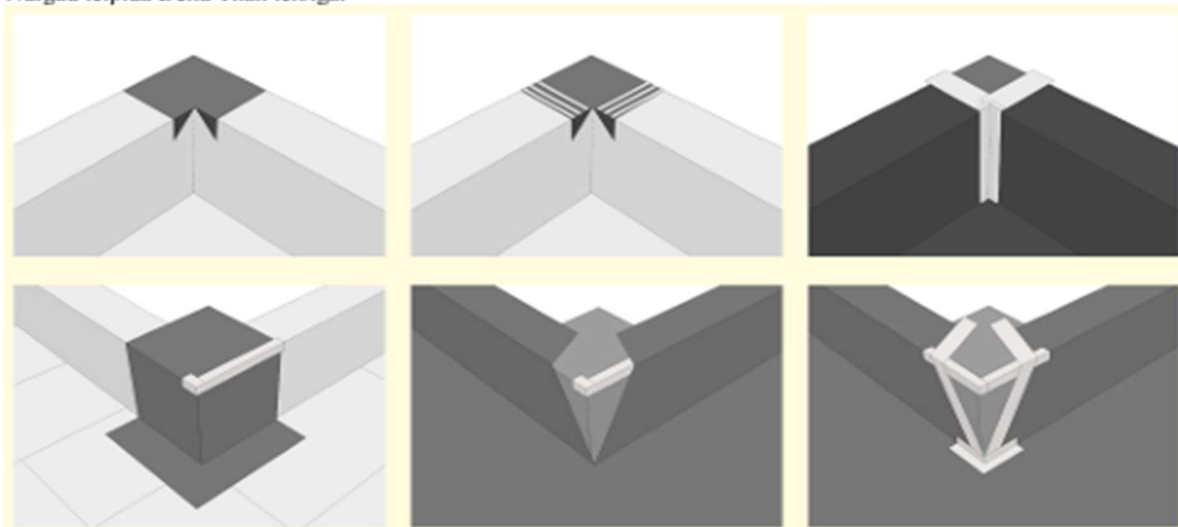
Lisa 3. Radoonitõkkele Radonsparre paigaldusjuhend

PAIGALDUSNÕUANDED: liimimiskits butylteip või DELTA Than

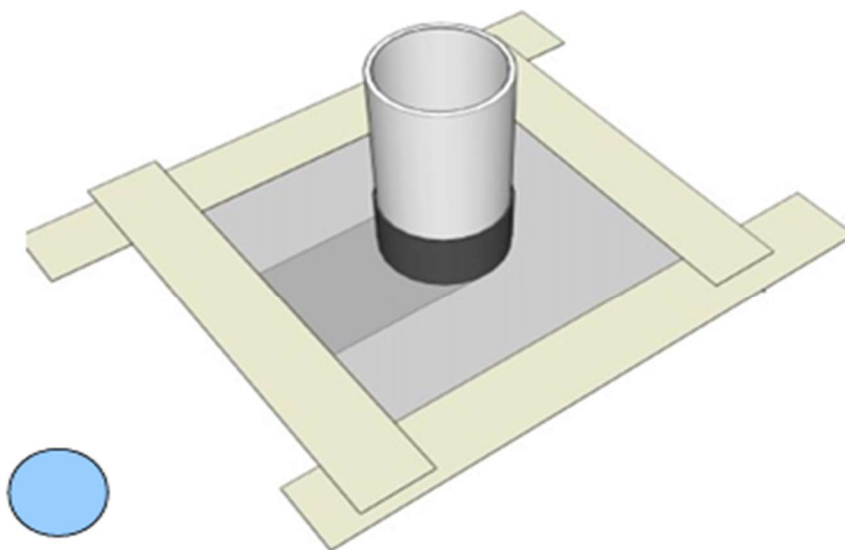
Teipe ja kilet tuleb paigaldamisel soojendada fööniga, eemaldamaks niiskust ja parandamaks teibi nakkumist kilega.



Nurgad teipida Delta Than teibiga.



Läbiviigid tihendada teibiga, kasutades radoonikilest lõigatud mansetti.



Lisa 4. Radoonitõkkekile Ergo sertifikaat

ERG BIERUŃ-FOLIE Sp. z o.o., 43-150 Bieruń, ul. Chemików 163
 tel.: (+48) 32 888 52 55, fax +48 32 888 52 59, mail: biuro@ergbierunfolie.pl
 Rach. Bank.: 51 1090 1665 0000 0001 1369 4354
 NIP: 683-204-94-39, REGON: 121169975, KRS: 0000351581



DEKLARACJA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH nr B1003EF/13967/2019

1. *Niepowtarzalny kod identyfikacyjny typu wyrobu:*

ERGOFOL high performance radon membrane 0,3 +/- 10%

2. *Zamierzone zastosowanie lub zastosowania:*

Wyroby z tworzyw sztucznych do izolacji przeciwwilgociowej, typ A.

3. *Producent:*

ERG BIERUŃ -- FOLIE Sp. z o. o.
ul. Chemików 163
43-150 Bieruń

4. *System lub systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych:*

system 2+ oraz system 4 dla reakcji na ogień

5. *Norma zharmonizowana:*

PN-EN 13967:2012 Elastyczne wyroby wodochronne. Wyroby z tworzyw sztucznych i kauczuku do izolacji przeciwwilgociowej łącznie z wyrobami z tworzyw sztucznych i kauczuku do izolacji przeciwodwodnej części podziemnych.

Definicje i właściwości.

Jednostka notyfikowana:

Nr 1434 Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A.,

6. *Deklarowane własności użytkowe:*

ZASADNICZE CHARAKTERYSTYKI	WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE	ZHARMONIZOWANA SPECYFIKACJA TECHNICZNA
Reakcja na ogień	klasa F	PN-EN 13967:2012
Wodoszczelność	spełnia wymagania przy 2 kPa	
Odporność na uderzenie	200 mm	
Wytrzymałość złącza na ścinanie, wzdłuż / w poprzek	≥ 135 N/50mm / ≥ 140 N/50mm	
Wytrzymałość na rozciąganie: Siła rozciągająca: wzdłuż / w poprzek Wydłużenie: wzdłuż / w poprzek	≥ 100 N/50mm / ≥ 80 N/50mm ≥ 350% / ≥ 350%	
Wytrzymałość na rozdieranie: wzdłuż / w poprzek	≥ 60 N / ≥ 60 N	
Odporność na obciążenie statyczne	20 kg	
Trwałość: - po sztucznym starzeniu - po działaniu alkaliów	wodoszczelnie przy 2 kPa wodoszczelnie przy 2 kPa	
Substancje niebezpieczne	NPD	

Właściwości użytkowe określonego powyżej wyrobu są zgodne z zestawem deklarowanych właściwości użytkowych. Niniejsza deklaracja właściwości użytkowych wydana zostaje zgodnie z rozporządzeniem (UE) nr 305/2011 na wyłączną odpowiedzialność producenta określonego powyżej.

W imieniu producenta podpisała:

Barbara Filipczyk – Kierownik działu technologii i zapewnienia jakości

Bieruń, dnia 01.10.2019

Barbara Filipczyk

Lisa 5. Radoonitõkketile Ergo tehniline informatsioon

ERG Bieruń-Folie Sp. z o.o., 43-150 Bieruń, ul. Chemików 163
 tel.: (+48) 32 888 52 55 , fax +48 32 888 52 59, mail: biuro@ergbierunfolie.pl
 Rach. Bank.: 51 1090 1665 0000 0001 1369 4354
 NIP: 683-204-94-39, REGON: 121169975, KRS: 0000351581



TECHNICAL INFORMATION – ERGOFOL HIGH PERFORMANCE RADON MEMBRANE

General information:

1. Building film
2. Producer: ERG BIERUŃ – FOLIE Sp. z o. o., ul. Chemików 163, 43-150 Bieruń
3. Production place: ul. Chemików 163, 43-150 Bieruń
4. Film Type A
5. Application – vapour control layer (EN 13967:2012)
6. Information for the consumer:

- Packing:

Film is wound up on paper sleeves. Completed film roll is packed into protective film and placed on pallets.

- Storage:

Film kept in roofed, dry store-rooms, at a temperature of up to 40 °C at a distance of not less than 1m from active heating devices, with protection from direct sunlight.

7. Declaration of performance:

<i>PROPERTY</i>	<i>TEST METHOD</i>	<i>ACCEPTANCE LIMITS</i>
<i>Width [mm]</i>	<i>PN-EN 1848-2</i>	<i>0,30 mm +/-10%</i>
<i>Water tightness</i>	<i>PN-EN 1928</i>	<i>pass at 2kPa</i>
<i>Impact resistance [mm]</i>	<i>PN-EN 12691</i>	<i>200</i>
<i>Joint strength [N/50mm]: along / across</i>	<i>PN-EN 12317-2</i>	<i>min. 135 / min. 140</i>
<i>Tensile force (N/50mm): along / across</i>	<i>PN-EN 12311-2</i>	<i>min. 100 / min. 80</i>
<i>Elongation [%]: along / across</i>	<i>PN-EN 12311-2</i>	<i>min. 350 / min. 350</i>
<i>Resistance to tear [N]: along / across</i>	<i>PN-EN 12310-1</i>	<i>min. 60 / min. 60</i>
<i>Durability against artificial ageing</i>	<i>PN-EN 1296/ PN-EN 1928</i>	<i>Pass at 2kPa</i>
<i>Durability against chemicals</i>	<i>PN-EN 1847/ PN-EN 1928 PN-EN 1847</i>	<i>pass at 2kPa</i>
<i>Reaction to fire</i>	<i>PN-EN 11925-2</i>	<i>class F</i>
<i>Radon transmittance [m/s]</i>	<i>Metod CLOR</i>	<i>2,09x10⁻⁷</i>
<i>Radon resistance [s/m]</i>	<i>Metod CLOR</i>	<i>2,63x10⁷</i>
<i>Radon permeability [m²/s]</i>	<i>Metod CLOR</i>	<i>2,51x10⁻¹⁰</i>

Lisa 6. Radoonitökkele Blue Seal sertifikaat

Toimivusdeklaratsioon Nr 80222.001.20200331

1. Tootetüübi kordumatu identifitseerimiskood: Tectis BlueSeal Radon- / Aurutökkele.
2. Tüübi-, partii- või seerianumber või muu element, mis võimaldab ehitustoote identifitseerimist artikli 11 lõike 4 kohaselt:

Vaata punkti 1. (Nimetatud toote pakendamine ja / või trükkimine)

Toote nimetus	Tootekood	Mõõdud
Tectis BlueSeal Radon- / Aurutökkele 94,6 m ²	80222	4,3 m x 22 m
Tectis BlueSeal Radon- / Aurutökkele 100 m ²	80221	4,0 m x 25 m

3 Kavandatud kasutusotstarve: Plastikust ja kummist aurutökematerjalid, Standart: EN 13984

4. Tootja: Tectis Oy
Mänkimiehentie 19, 02780 Espoo
tel: +358 9 4393 460
e-mail: info@tectis.fi
www.tectis.fi

6. V lisas sätestatud ehitustoote toimivuse püsivuse hindamise ja kontrollimise süsteem: System 3 (EN 13984)

7. Ühtlustatud standardiga hõlmatud ehitustoote toimivusdeklaratsiooni korral: Eurofins Expert Services Oy (NB 0809) teostas ITT süsteemi kohaselt 3 ning andis välja katse/arvutuste protokollid nr EUFI29-19005191-T1.


9. Deklareeritud toimivus

Põhiomadused	Toimivus	Ühtlustatud tehniline kirjeldus
Veekindlus	Kvalifitseeritud	EN 13984:2013
Löögikindlus	250 mm, h	
Vastupidavus Veeauru läbivusele vananedes Leelistele	Kvalifitseeritud Kvalifitseeritud	
Rebenemiskindlus MD (naela vars) Rebenemiskindlus XD (naela vars)	≥290 N ≥305 N	
Liitekooha tugevus	NPD	
Veeauru läbivus (Sd)	275 (120...480) m	
Maksimaalne tõmbejõud (MD) Venivus maksimaalse tõmbejõu korral (MD) Maksimaalne tõmbejõud (XD) Venivus maksimaalse tõmbejõu korral (XD)	≥22 N/mm² ≥345 % ≥28 N/mm² ≥430 %	
Tuletundlikkus	Klass E	
Ohtlikud ained	Puuduvad	

10. Punktides 1 ja 2 kindlaksmääratud toote toimivus on kooskõlas punktis 9 osutatud deklareeritud toimivusega. Käesolev toimivusdeklaratsioon on välja antud punktis 4 kindlaksmääratud tootja ainuvastutusel.

Tootja poolt ja nimel allkirjastanud:

Espoo 31. Märts 2020


Thomas Virtanen
Tegevdirektor
Tectis Oy