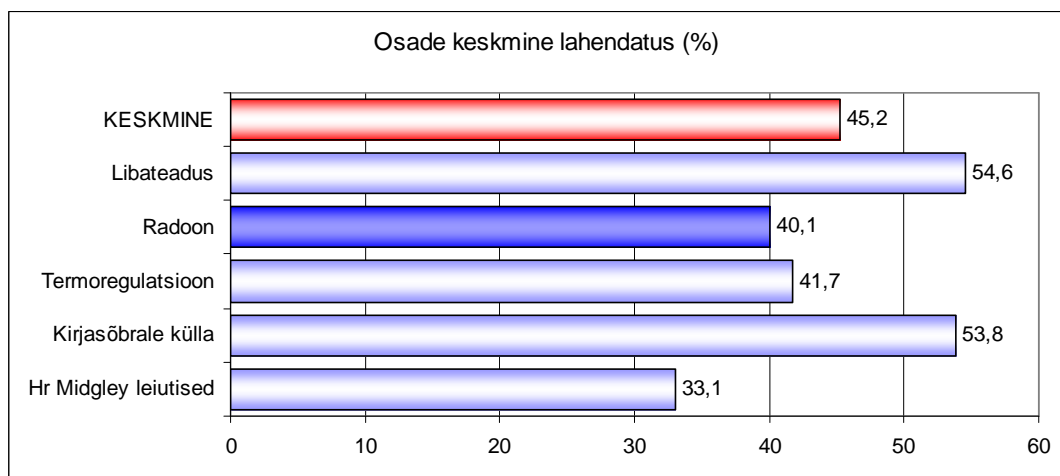


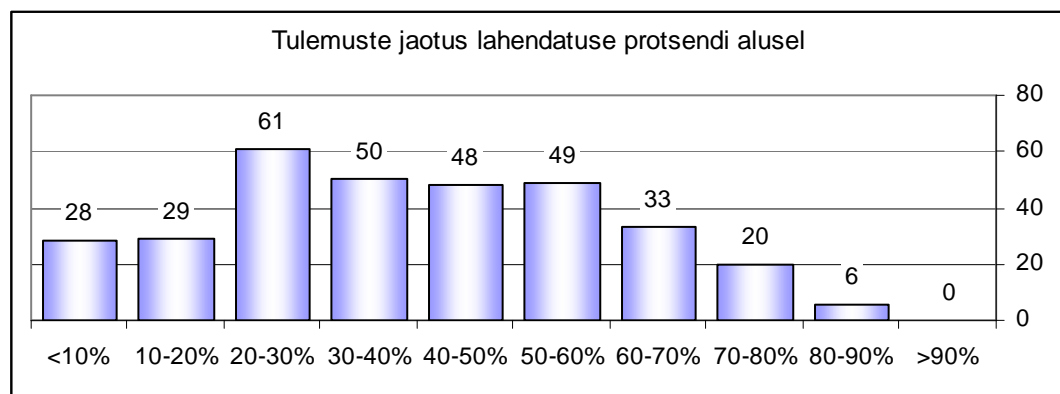
2015. a ELO piirkonnavooru osa 4 „Radoon“ kokkuvõte

Kommenteerisid Maria Krajuškina ja Enna Elismäe
Illustreeris ja täiendas Jaanus Uibu

Maapõue radooniga seotud temaatika on sarnaselt paljudele teistele „elust enesest“ võetud keskkonnaprobleemidele oma loomult interdistsiplinaarne ehk hõlmab korraga mitmeid teadusvaldkondi. Nii sisaldas ka radooni käsitlev ülesandeplokk sugemeid keemiast, füüsikast, geograafiast, bioloogiast, matemaatikast, aga ka praktilistelt elualadelt nagu ehitus ja tervisekaitse. Üsna keerukas ja paljudele ilmselt võõra sisuga (kuna radooniprobleemidest meedias väga palju ei räägita ja radooniohtu esineb vaid teatud piirkondades) ülesandeplokk oli siiski lahendatud korralikult: keskmiselt saadi 2/5 punktides.



Tulemuste jaotuse diagramm näitab, et valdavalt koguti radooni osa eest keskmisi või sellest madalamale jäävaid punkte. Üle 80% küündisid mõned üksikud, aga päris nukraid „nulliringe“ ei olnud ka liialt palju.



Osaülesannete tulemusi tutvustav tabel (allpool) näitab, et kõige lihtsamad selles plokis olid (meeldiva üllatusena) graafiku joonistamise ülesanne (4.3.1.) ja kõige viimane ülesanne (4.5.3.), kus tuli põhjendada, miks radoon kõige rohkem just kopse ohustab. Aga leidis ka päris keerukaid ülesandeid, mille eest teeniti keskmiselt alla veerandi punktides: talvise radooniohu suurenemise põhjendamine (4.4.3.) ning radoonisisaldusega positiivselt ja negatiivselt seotud tunnuste määramine (4.5.2.). Täispunkte ei saanud olümpiadi mahukaima osa eest keegi, selle võimaluse viis juba esimene, üpris pikk ja sisutihe ülesanne

Üi	4.1	4.2	4.3.1	4.3.2	4.3.3	4.4.1	4.4.2	4.4.3	4.5.1	4.5.2	4.5.3	4.5.4	KOKKU
Maksimum	10	10	6	2	1	3	3,5	2	2	4	4	2,5	51
Keskmine	4,1	3,7	3,8	0,6	0,3	1,4	0,9	0,5	1,0	0,9	1,7	1,5	20,4
% maks-st	41,4	37,3	63,2	30,8	26,7	45,1	26,9	24,9	49,5	21,7	43,5	61,0	40,1
100% saajaid	0	21	85	81	25	83	69	74	129	2	5	126	0
0 saajaid	17	86	78	205	176	118	220	232	134	131	66	75	7

Selle osa eest noppis juba kolmanda „alavõidu“ piirkonnavooru üldvõitja Richard Luhtaru, kes loovutas siin maksimumiga võrreldes pisut üle 6 punkti.

Osa IV parimad lahendajad			Kool	Klass	Punkte	Üldkoht
1.	Richard	Luhtaru	Miina Härma gümnaasium	8	44,8	1.
2.	Hannes	Kuslap	Miina Härma gümnaasium	8	42,9	5.
3.	Sullo	Saan	Tartu Kivilinna kool	8	42,1	4.
4.	Rainer	Kravets	Kiili gümnaasium	8	42,0	27.
5.	Martin	Puškin	Tallinna inglise kolledž	8	41,6	15.
6.	Airon Johannes	Oravas*	Tallinna prantsuse lütseum	9	41,2	2.

* – osales väljaspool arvestust

Ülevaade osaülesannete kaupa

4.1. (radooni omadusi puudutava lünkteksti täitmine, vigade parandamine)

Pikk „radooniga tutvumise“ ülesanne oli üldiselt hästi lahendatud. Perioodilisustabeli kasutamine ei tundunud õpilastele erilisi raskusi valmistavat. Keerukaks osutus viimane lõik, kuna ei teatud, et radooni lagunemisel tekkivad elemendid on tahkes olekus ning seonduvad sissehingamisel kopsukoega. Üksikud õpilased olid radooni (Rn) segamini ajanud raadiumiga (Ra). Mõni õpilane oli vigade paranduse osas hakanud parandama lausete õigekirja ja sõnastust – see võis küll olla õigustatud, aga loodusteaduste olümpiaadil seda ei hinnata.

4.2. (lugemisteksti põhjal radooniohu tegurite väljatoomine ja põhjendamine)

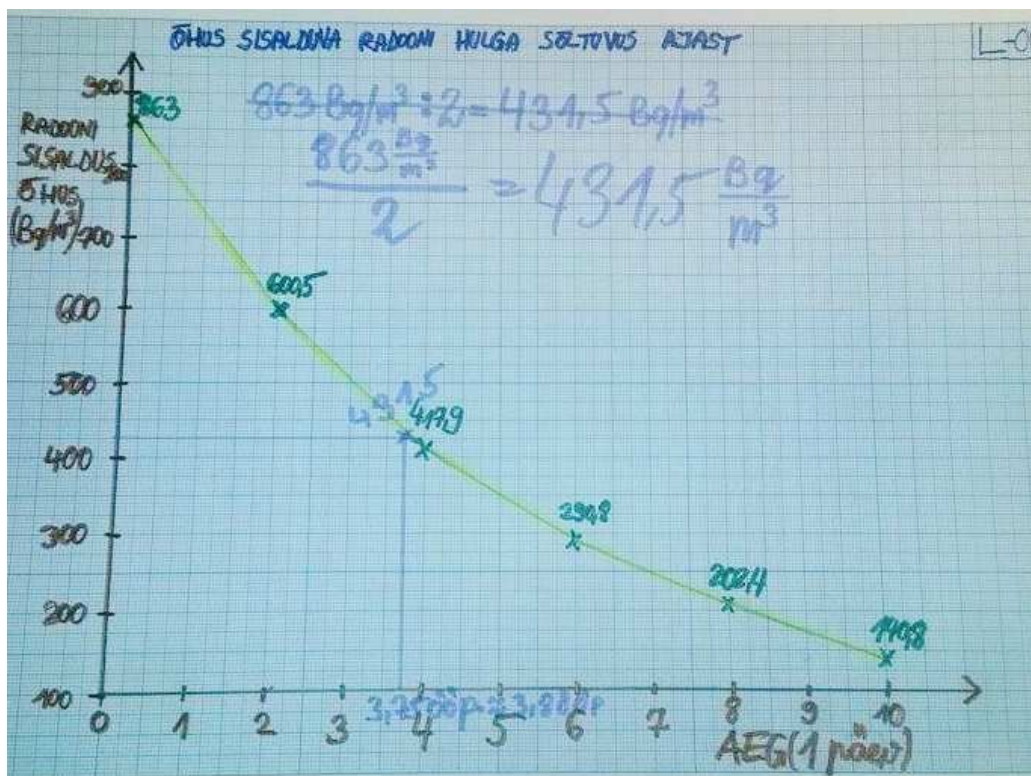
Selle üsna töömahuka ülesande olid paljud õpilased poolikult lahendanud või tegemata jätnud, kuid need, kes olid proovinud ülesannet lahendada, said tavaliselt ka mõned punktid. Kõige paremini osati välja tuua laguneva vundamendi ja pragulise puitpõranda rolli radooni siseruumidesse pääsemisel. Samuti teadsid paljud õpilased, et riskiteguriks on plaan kasutada keldrit eluruumina, kuna just keldris on maapinnast pärineva ja õhust raskema radooni kontsentratsioon kõrgeim. Riskiteguriks osati pidada ka peremehe suitsetamist, pae- ja kildakihte läbivat puurkaevu, suuremat radooniriski väikelastele ning tubade umbsust. Vähem toodi välja maja asukohta Harjumaal paeastangu veerel, mis kõrgendab radooniriski, kuna Harjumaal on kõrgeenenud loodusliku radooniriskiga ala ning uraanirikas diktüoneemakilt on selles piirkonnas maapinna lähedal. Vaid mõned õpilased oskasid

riskiteguriks pakkuda akende vahetust, mis vähendaks loomulikku ventilatsiooni ning takistaks sellega radooni väljumist majast.

- Kõige keerulisem tundus olevat riskiteguritele korrektsete loodusteaduslike põhjenduste andmine: vastuste “see on ohtlik”, “vees on radooni” jms eest ma punkte ei jagatud, vaja oluks selgitada, miks see nii on.
- Lisaks kaotati punkte, kuna ei loetud, mida oli küsitud. Vaja oli kirjutada radooniga seotud riskitegureid, ja vastuste eest, mis puudutasid pragudest sisse tulevat adru hõngu, ohtu külmetuda, puitmaja tuleohtlikkust jms, punkte ei saanud. Sellist tüüpi vastuste hulgast võis aga leida mitmeid toredaid mõttekäike.
 - ☢ Riskitegur: adru hõng. Põhjendus: maja hakkab haisema.
 - ☢ Riskitegur: puitmaja. Puitmajad põlevad kiiresti maha.
 - ☢ Riskitegur: toidu ja varustuse ostmise. Poed võisid väga kaugel olla ja on väga tülikas sõita autoga poodi kui näiteks linnas, kus kõik on lähedal.
 - ☢ Riskitegur: lapsed. Lapsed, kes ärimehel on Eesti tuleviku varu ja on tähtis, et nad elaksid.
 - ☢ Riskitegur: umbsevõitu toad. Tekib nt hallitust ja teisi baktereid.
 - ☢ Riskitegur: praod põrandas. Paljal põrandal istudes võib saada põiepõletiku.

4.3. (graafik mm-paberile õhu Rn-sisalduse vähenemisest ajas, poolestusaja leidmine)

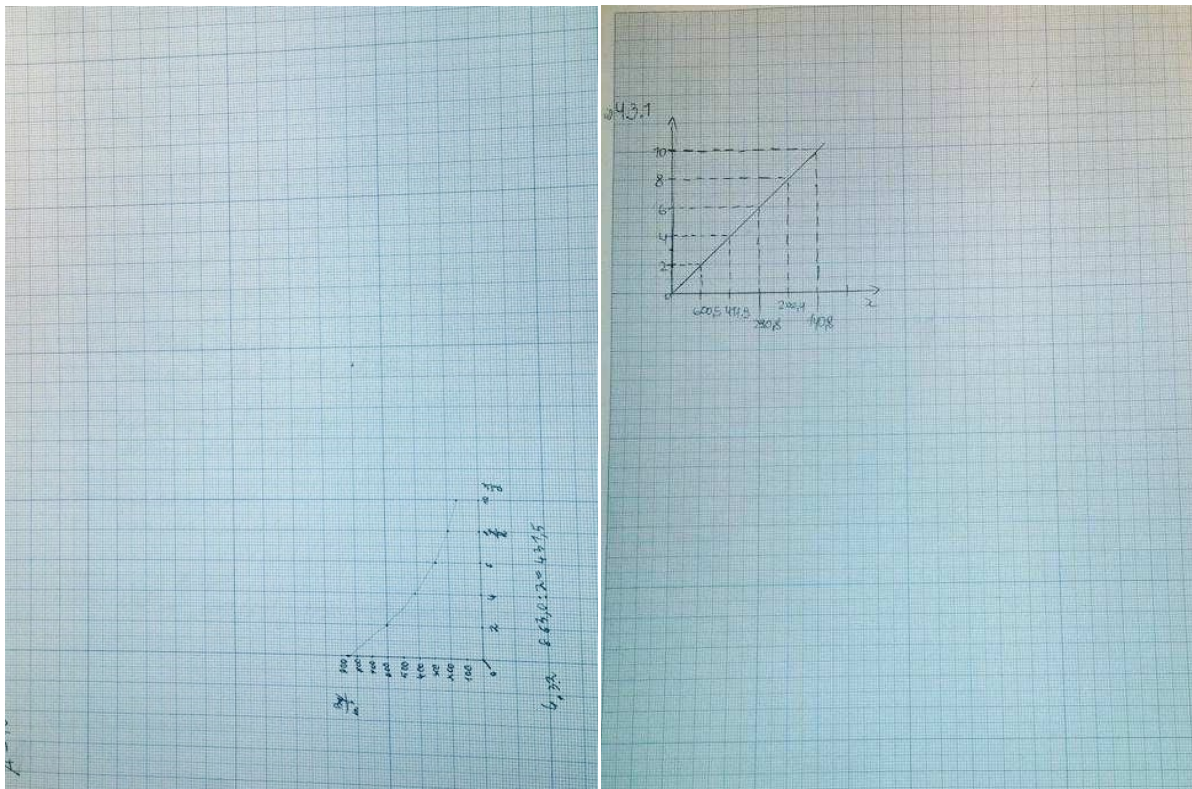
Alapunktis 4.3.1. hinnati õpilaste joonistatud graafikuid, mis väljendasid keldriõhu radoonisisalduse muutumist ajas. Valdavalt olid graafikud üsna hästi tehtud.



Näitena toodud graafik polnud küll kõige korrektsem (sodimine oli täiesti mittevajalik ja poolestusaja võinuks kirjutada pigem telje kohale, selmet telje skaala numbreid allapoole lükata), aga see-eest kõige värvikam. Kenasti on olemas üldpealkiri, telgede pealkirjad ja

ühikud. Ruumikasutus on hea, graafikujoon hariliku pliiatsiga ette tehtud ja värvipliiatsiga üle joonistatud. Olemas on ka arvutustehe poolestusajale vastava radoonisisalduse leidmiseks ning abijooned, mis näitavad, kuidas leiti poolestuseg.

Kõige enam oli üldiselt probleeme ruumikasutusega. Kui õpilasel on terve A4 paber graafiku tegemiseks, võiks sellest vähemalt poolt ka kasutada. Praktika näitas, et suurematelt graafikutelt loeti välja ka täpsemad vastused. Palju vigu oli tehtud telgede tähistamisel. Graafiku x-teljele märgitakse tavaliselt see (sõltumatu) suurus, millest sõltub teine, meie poolt uuritav ja y-teljele märgitav suurus. Telgedele tuleks kirjutada ka pealkirjad (vastavate suuruste nimetused) ja suuruste graafikul kasutatavad ühikud. Meie ülesandes on x-teljel aeg (ühik: ööpäevi ruumi tihendamisest) ning y-teljel radooni sisaldus õhus (ühik: Bq/m^3).



Nähtavad graafikud ei paista silma mõistliku ruumikasutusega ning puudu on lisaks üldpealkirjale telgede pealkirjad, parempoolsel ka ühikud. Vasakpoolne graafik, mida tuleks vaadelda lapiti asendis, näib muidu olevat põhimõtteliselt õigesti tehtud ja lisatud on ka arvutus radooni poolkoguse leidmiseks, aga ei paista ainsatki märki, kuidas on selle põhjal leitud poolestusaeg ööpäevades. Parempoolsel graafikul on lisaks muudele puudustele ära vahetatud x- ja y-telje suurused. Samuti on x-telje skaala vigane, kuna andmetabelist võetud ebavõrdsete vahedega skaalapunktid on märgitud teljele võrdsete vahedega. Enne tulnuks valmis teha korrektsed, sobiva mõõtkavaga teljeskaalad ja alles siis asuda graafikule punkte kandma. Meie lahendajal sai graafik küll kena sümmeetriline, vastates kujult kõige lihtsama seose $y=x$ graafikule, aga poolestusaja leidmisel sellest kahjuks abi ei olnud.

Punktis 4.3.2. oli vaja oma graafikult leida radooni poolestusaeg, märkides info leidmise viisi joonisele. Viimast nõuet olid paljud kahjuks ignoreerinud. Soovisime näha y-telje poolele radoonikogusele vastavast punktist ristuvaid abijooni kasutades graafikuni ja sealt alla x-teljele kantud punkti, mis vastaks poolestusajale, kuid lugesime rahuldavaks ka õigestesse

kohtadesse telgedel ja/või graafikul tehtud ristikesed. Sama kehtis **punktis 4.3.3.**, kus tuli leida Rn-sisalduse ohutuks loetava 200 Bq/m³-ni jõudmise aeg.

Ülimalt oluline on graafikulehele võistlejakoodi kirjutamine, kuna ilma selleta ei oska me võistlejat ja graafikut kokku viia ning nii jääb ka väga korrektse graafiku joonestanud õpilane punktidest ilma.

4.4.1. (mitme % võrra ületab aasta keskmine radoonisisaldus piirnormi)

Sellistes pikemates arvutusülesannetes on maksimumpunktide saamiseks vaja näidata ka vahetehted. Enamasti saadi aasta keskmise Rn-sisalduse leidmisega hakkama, kuid ilmselt seoses hulga järjestikuste liitmistega oli juhtunud apsakaid ja ka õige tehe mõnikord valesid vastuseid andnud. Suurem osa ülesannet lahendanud õpilastest suutis õigesti leida ka keskmise Rn-sisalduse protsendi piirnormist, kuid komistuskiviks sai protsentide vahe leidmine. Kui Rn-sisaldus moodustas lubatust 283,5%, siis leidmaks, kui palju see ületab lubatut, tuli sellest lahutada 100%. Taaskord oli oluline tähelepanelikult lugeda ülesande teksti. Küsitud oli protsenti, kuid mitmed õpilased leidsid normi ületava Rn-sisalduse arvulise väärtuse.

4.4.2. (4 jahedaima ja 4 kõige soojema kuu radoonisisalduste suhte leidmine)

See ülesanne oli reeglina lahendatud kas täiesti õigesti või üldse mitte. Enamus ülesannet lahendanutest sai selle eest maksimumpunktid. Vigu esines kõige jahedamate kuude määramisel, kuna mõned lahendajad asendasid märtsi novembriga (graafiku korralikul uurimisel oleks nähtud, et novembri puhul on nii maksimum kui ka miinimum märtsi omast kõrgemal). Esines ka hooletusvigu: kuude radoonisisaldused olid sageli tabelist valesti maha kirjutatud, kuigi kuud olid õigesti määratud. Samuti juhtus ette töid, kus õpilane ei olnud korrektselt lugenud tööjuhendit ning nelja kõige jahedama ja soojema kuu asemel tegi arvutusi ühe jahedama ja ühe soojema kuu radoonisisaldustega. Paar õpilast hakkasid kokku liitma kuude radoonisisalduse asemel kuude keskmist temperatuuri, mistõttu tulemuseni ei jõudnud.

4.4.3. (miks on jahedal ajal siseruumide õhus rohkem radooniaatomeid)

on lahendustes pakutud kaks varianti. Paraku mitte ükski õpilane ei kirjutanud, et jahedatel kuudel on siseruumide õhus rohkem radooniaatomeid, sest maapind hoone ümber on külmunud ja radoon pääseb pinnasest välja vaid majaaluse pinna kaudu. Enamus õpilastest olid samas taibukad ja said aru, et talvel ei tuulutata ruume ja radoon ei saa ruumidest väljuda. Oleksin oodanud õpilastelt rohkem põhjendust, et miks just ruumide tuulutamine radooniaatomite hulka siseruumide õhus vähendab. Paljud õpilased keskendusid temperatuurierinevustele väljas ja sees. Pakuti, et siseruumides on soojem ja selle tõttu radooniaatomid „paljunevad“ kiiremini. Väga armsalt vastas üks õpilane, kes kirjutas, et radooniaatomitel on toas soojem, sest nii pisikesi jopesid ei ole, et nad saaksid jahedas olla.

4.5.1. (millises umbse keldri osas on radoonisisaldus kõrgem ja miks)

Vastuseks valiti enamasti kas „põranda lähedal“ (õige) või „ühtlane, sõltumata asukohast). Kui vastati, et radoonisisaldus on suurem põranda lähedal, siis paljud põhjendasid seda sellega, et radooni tuleb maapinnas või keldris olevatest pragudest ning see jääb sinna püsima. See on ebatäpne arusaam. Põhjuseks on ikkagi see, et radoon on õhust raskem. Õpilased arvasid ka, et radoonisisaldus võib olla ühtlane sõltumata asukohast, sest kinnises

ruumis ei toimu gaaside ringlust. Pigem muudaks just gaaside ringlus radoonisisalduse ruumis ühtlasemaks.

4.5.2. (valikvastuseline: erinevate tunnuste seosed radooni sisaldusega hoones)

Siin kaotasid õpilased palju punkte selle tõttu, et vale vastuse eest sai miinuspunkte. Sageli said õpilased, kes jätsid osa lahtreid tühjaks, rohkem punkte, kui need, kes kõik lahtrid täitsid. Punktikaotuse vältimiseks tasunukski vastata vaid väidetele, mille puhul jõuti vastus korralikult läbi mõelda. Päris õige lahenduse sai lõpuks ritta ainult kaks õpilast.

4.5.3. (valikvastuseline: elumajas radooniriski tõstvad maapõuega seotud asjaolud)

See ülesanne oli eelmisest mõnevõrra lihtsam, sest keskmiselt teeniti poole rohkem punkte. Ent täistabamusi oli siiski ka siin ainult viis. Tundub, et õpilasi hämmastas tähtede järjekord (SSMMSSSS). Sageli muudeti õige vastus vastupidiselt just seal, kus tähed korduma hakkasid.

4.5.4. (radooni kahjustatav organ, põhjendus ja haigus, mida see põhjustab)

Enamus õpilasi määras õigesti organi, mida radoon kahjustab, ja haiguse, mille see tekitab. Raskusi oli aga põhjendusega, miks ja kuidas radoon kopsu kahjustab. Ammendavaks põhjuseks ei saanud lugeda seda, et radooni hingatakse sisse ja kopsud on esimene elund, mis ette juhtub. Osa õpilastest arvas, et radioaktiivne radoon kahjustab kõige rohkem nahka, sest see on gaasile kõige rohkem avatud. Oluline on siin ikkagi see, millise organiga radoon ja selle radioaktiivsed lagunemissaadused osakesed kehas seostuvad, et seal pikema aja vältel kahjustusi põhjustada.