

Käsimõõteseadmed Protokoll

Taavi Tammaru

Jaanuar 2025

Sissejuhatus

Praktikumi eesmärgiks on tutvuda erinevate käsimõõteseadmete võimaluste ja piirangutega erinevate kiirgusliikide detekteerimisel. Lisaks viiakse läbi saastunud pinna seire ja allikate tuvastamine.

Vastused küsimustele

1. Kuidas muutub kiirguse detekteerimise efektiivsus, kui muuta detektori ja kiirgusallika vahekaugust?

Detekteerimise efektiivsus väheneb vahemaa suurenedes, kuna kiirgus hajub ja nõrgeneb pöördvõrdeliselt vahemaa ruuduga.

2. Mida tähendavad mõisted „spektromeetriline mõõtmine“ ja „integraalne mõõtmine“?

Spektromeetriline mõõtmine eristab kiirgusosakeste energiasid, võimaldades kindlaks teha konkreetsete radionukliidide olemasolu. Integraalne mõõtmine mõõdab kiirguse üldist taset, ilma eristamata üksikute osakeste energiasid.

3. Tuleta meelde Geigeri loenduri tööpõhimõte ning kirjelda, kuidas oleks teoreetiliselt võimalik vahet teha alfa-, beeta- ja gammakiirgusest põhjustatud impulssidel.

Geigeri loendur mõõdab ionisatsiooni, mida põhjustavad kiirgusosakesed. Teoreetiliselt oleks võimalik eristada erinevate kiirguste poolt tekitatud elektriimpulsse filtrite abil. Alfa-kiirguse saab peatada tavalise paberlehega. Beeta-kiirguse peatamise jaoks on vaja juba paksemat materjali. Tehes mõõtmisi ilma filtrita ning Alfa ja beeta-kiirguse jaoks mõeldud filtritega on võimalik välja arvutada igat tüüpi kiirguse panus üldloendisse.

Ülesanne 1: Radionukliidide omaduste analüüs

Praktikumi alguses annab juhendaja nimekirja potentsiaalsetest radionukliididest, mis võivad esineda saastunud alal. Kastades andmebaasi lnhb.fr/Laraweb/ koostasime vastavad tabelid:

Kujutletav 10 aastat vana saaste

Allikas	Poolestusaeg	Lagunemisviis	Energia (keV)
^{57}Co	271.81 <i>p</i>	elektronhaare	122
^{54}Mn	312.19 <i>p</i>	beta +	834.8
^{133}Ba	10.539 <i>a</i>	elektronhaare	356.0
^{137}Cs	30.018 <i>a</i>	beta-	661.7
^{109}Cd	461.9 <i>p</i>	elektronhaare	88.0
^{65}Zn	244.01 <i>p</i>	beta+ ja elektronhaare	1115.5
^{90}Sr	28.80 <i>a</i>	beta-	2186.2 ja 511

Värske saaste:

Allikas	Poolestusaeg	Lagunemisviis	Energia (keV)
^{210}Po	138.3763 <i>d</i>	alfa	5304,33
^{209}Po	115 <i>a</i>	alfa	4883

Arutelu:

Kõik gamma- ja beetakiirgust kiirgavad nukliidid on meie vahenditega tuvastatavad, aga alfakiirgajad ei ole tuvastatavad.

Ülesanne 2: Käsिमोतeseadmete analüüs

Tuleta meelde Geiger-Mülleri tüüpi detektori tööpõhimõte – miks ei ole nende seadmetega võimalik mõõta kiirguse spektrit?

Geigeri loenduri põhiline komponent on suur negatiivselt laetud metallist toru, mille sees on väärisgaas ja positiivse laenguga varras. Kui torusse siseneb ioniseeriv kiirgus, suudab see keemiliselt inertselt aatomilt ühe elektroni eemaldada. Tekkinud positiivne ioon liigub toru välisküljele ning eraldunud elektron hakkab sisemise positiivse varda poole liikuma. Eraldunud elektron saab piisavalt suure kineetilise energia, et ise aatomeid ioniseerida, ning siis tekib elektronide laviin, mis jõuab keskmise laetud toruni. Torusse jõudnud elektronid tekitavad voolu impulsi, mida loendur siis interpreteerib ühe ioniseeriva kiirguse osakesena, mis jõudis torusse.

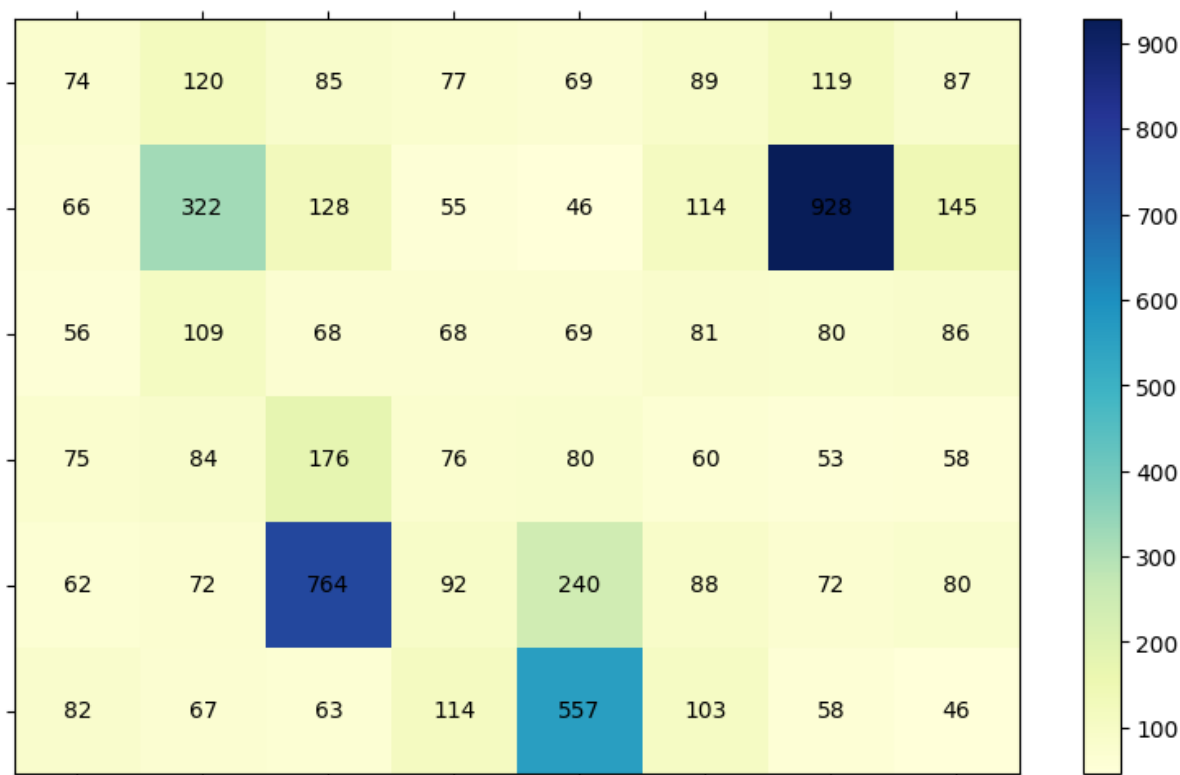
Iga ioniseeriv kiirgus tekitab umbes sama tugeva elektrilise impulsi, seega ei ole võimalik eristada erinevaid energiasid ja mõõta kiirguse spektrit.

Miks eelistada Pakri E seadet?

Pakri-E dosimeeter erineb paljudest teistest Geiger-Müller tüüpi detektoritest tänu mitmekülgsusele ja täpsusele. See mõõdab kolme tüüpi kiirgust (α , β , γ) spetsiaalsete eemaldatavate filtrite abil, mis võimaldavad eristada gammakiirgust teistest kiirgustest. Seadmel on kaks mõõterežiimi: normaalrežiim kiireks hindamiseks ja täppismõõtmise režiim, mis kogub andmeid pikema aja jooksul, et suurendada täpsust madala kiirgustaseme korral. Pannkoogi-tüüpi detektorid tagavad suunatundlikkuse, mis muudab kiirgusallikate lokaliseerimise lihtsamaks, ning helisignaali sageduse muutus annab vahetu tagasiside kiirgustaseme tõusust. Seade suudab kuvada tulemusi nii ühikutes $\mu\text{Sv/h}$ kui ka pulssidena minutis, pakkudes paindlikkust erinevate kiirgusliikide mõõtmisel.

Ülesanne 3: Saastunud ala mõõtmine

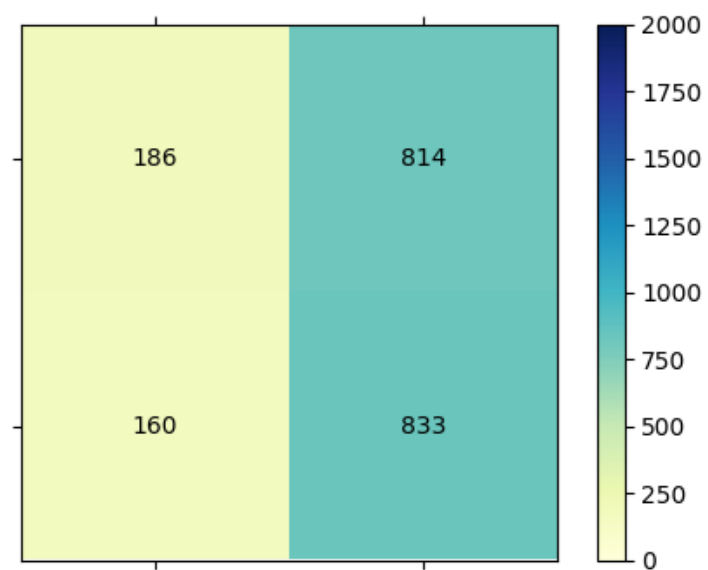
Mõõtmistulemused esitatud kaardina:



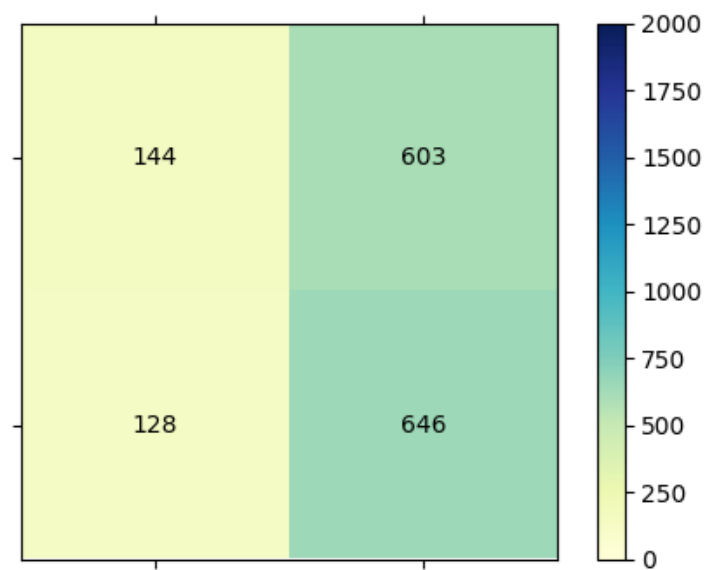
Kordusmõõtmised kuumkohtades:

Tegime kordusmõõtmised kõikide ruutude juures, mis ületasid 150 loendit minutis. Jaotasime iga suure ruudu neljaks väiksemaks ruuduks ja tegime mõõtmised igas väiksemas ruudus. Tegime samasugused mõõtmised ka beetakiirguse filtriga, mis annab meile sama ruudustiku, aga ainult gammakiirguse kohta.

ruut 322:

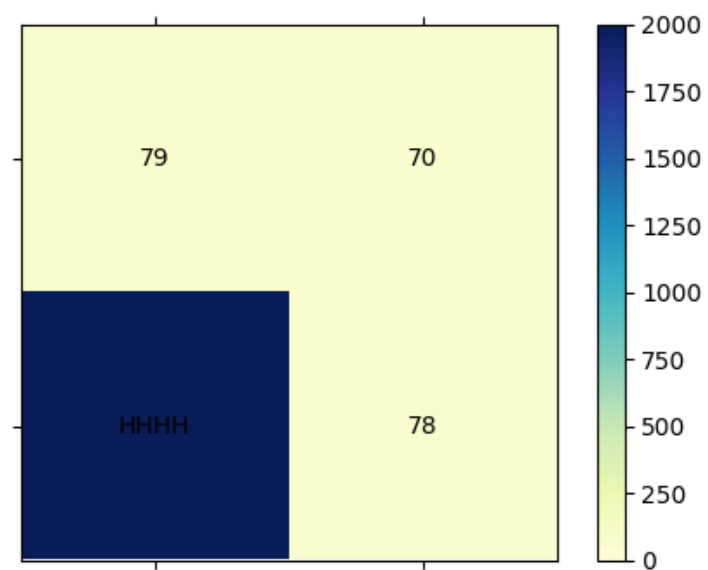


Kogu kiirguse loendid



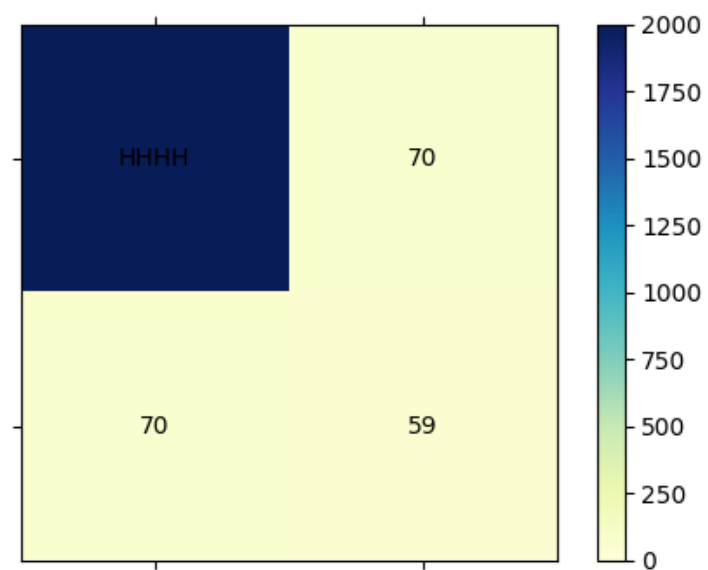
Gamma kiirguse loendid

ruut 176:



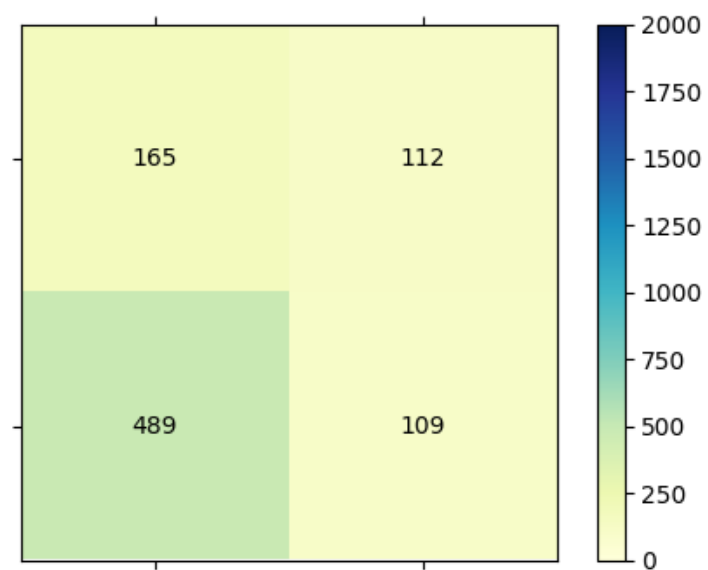
Kogu kiirguse loendid

ruut 764:

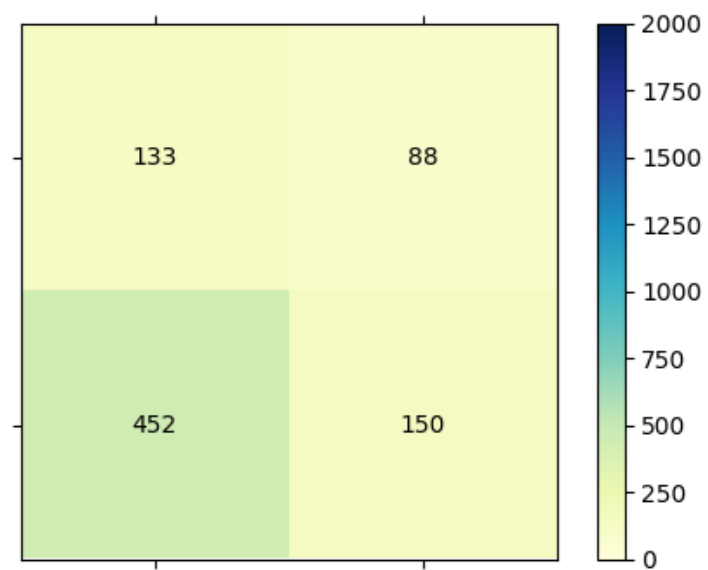


Kogu kiirguse loendid

ruut 240:

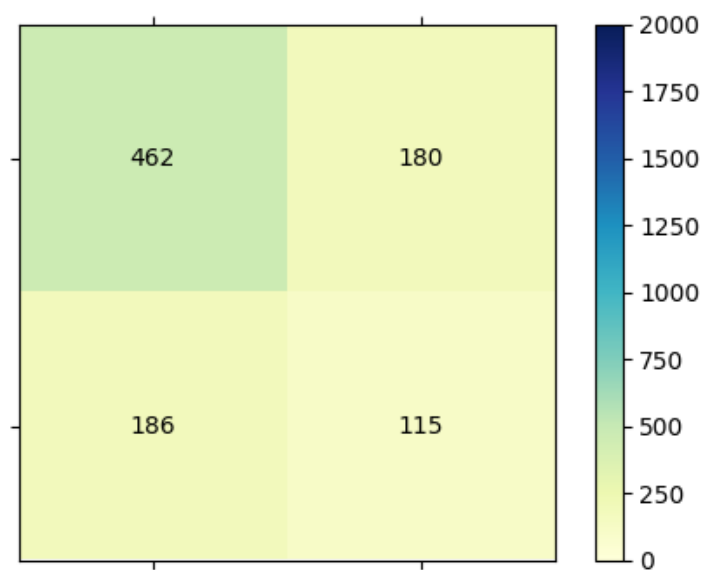


Kogu kiirguse loendid

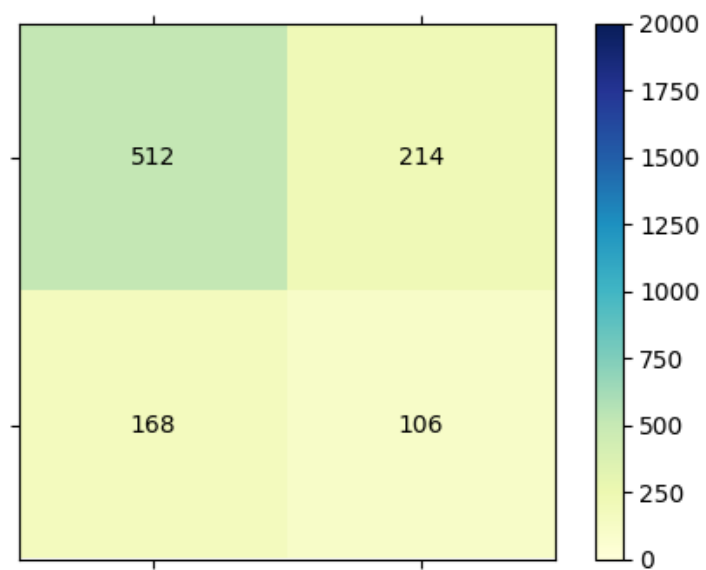


Gamma kiirguse loendid

ruut 557:

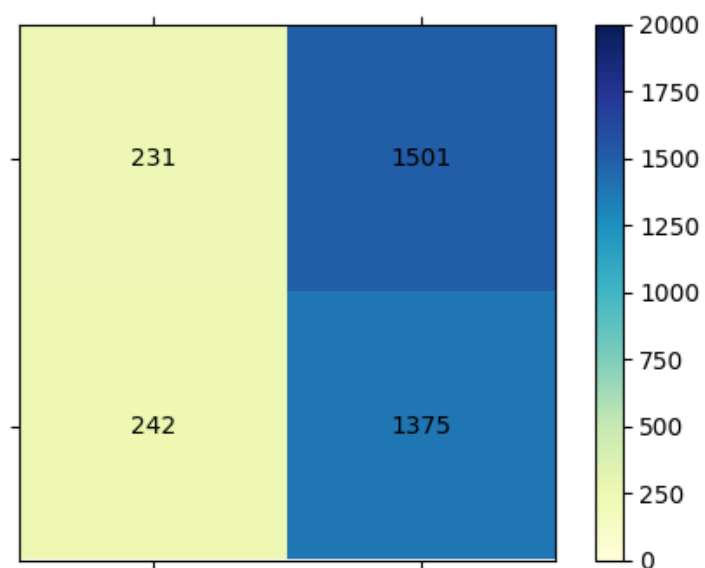


Kogu kiirguse loendid

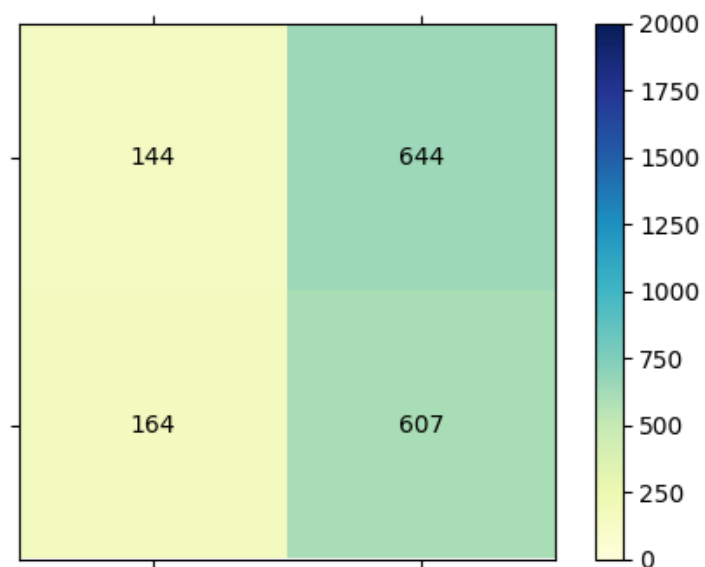


Gamma kiirguse loendid

ruut 928:



Kogu kiirguse loendid



Gamma kiirguse loendid

Potentsiaalsed saasteallikad ja nende tuvastatavus:

Kui asendan kiirguse allikad isotoopidega, mis on minu arvamusel põhjustajateks saan vastava graafiku:

	Co-60					Cs-137	
		Sr-90					
				Ba-133			

Minu pakkumised isotoopide jaoks

Lahtrisse 2x2 sobib hästi Co-60 kuna ta on nii gamma- ja beetakiirgaja. Kuid siiski gammakiirgus on domineerivam. Lahtrisse 2x7 sobib hästi Cs-137 kuna ta on ka gamma- ning beetakiirgaja kuid mõlemad kiirgused on intensiivsemad kui Co-60 puhul. Lahtrisse 5x3 sobib Sr-90 kuna seal on ainult tugev beetakiirgus ja gammakiirgus puudub, Lahtrisse 6x5 sobib ba-133 kuna ta on tugev gammakiirgaja.

Doosihinnang

Arvutame efektiivdoosi, mille saime ohulalas viibides. Olime ohualas 65 minutit ja mõõtsime seal 0.3 $\mu\text{Sv/h}$.

Efektiivdoosi arvutamiseks kasutatakse valemit:

$$\text{Efektiivdoos } (\mu\text{Sv}) = \text{Kiirgustase } (\mu\text{Sv/h}) \times A_{\text{eg}} \text{ (tundides)}$$

Asendame väärtused valemisse:

$$\text{Efektiivdoos} = 0.3 \mu\text{Sv/h} \times 1.083 \text{ tundi} \approx 0.325 \mu\text{Sv}.$$

Seega efektiivdoos inimesele oli ligikaudu:

0.325 μSv
