

# Modelleerimise Protokoll

Taavi Tammaru

Jaanuar 2025

## Sissejuhatus

Selle aruande eesmärgiks on analüüsida kiirguse interaktsioone pooljuhtdetektoritega, kasutades Monte Carlo meetoditel põhinevat simulatsioonitarkvara RayXpert. Praktilise töö käigus modelleeriti mõõtesüsteem, mis koosneb kõrge puhtusastmega germaaniumdetektorist (HPGe) ja radioaktiivse kiirguse allikast, milleks on kaalium-40 sisaldav standardproov RGK-IAEA-1. Simulatsioonide abil uuriti gamma-kiirguse spektraalseid omadusi, nagu fotoenergia piigid ja Comptoni kontiinum ning võrreldi saadud andmeid reaalses elus mõõdetud spektritega. Töö käigus kasutati järgmisi töövahendeid: RayXpert tarkvara mudelite ja simulatsioonide loomiseks, Exceli tabelarvutusprogrammi tulemuste analüüsimiseks ja visualiseerimiseks.

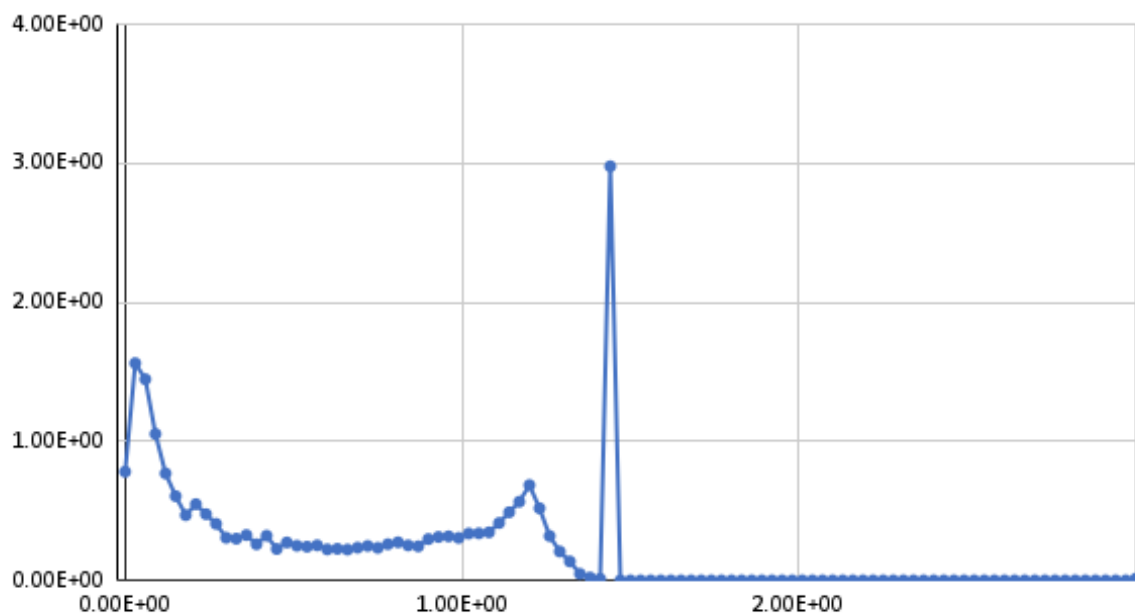
## 1. Pooljuhtdetektori modelleerimine

Esimese harjutuse seadistuses on ülesandeks luua lihtsustatud pooljuhtdetektori ja mõõdetava proovi mudel RayXpert simulatsioonitarkvaras, et paremini mõista pooljuhtdetektori tööpõhimõtteid ja gamma-kiirguse spektroskoopiat. Mudelis kasutatakse BEGe-tüüpi detektorkristalli, standardset RGK-IAEA-1 proovi (mis sisaldab teadaolevat kogust radioaktiivset kaalium-40), pliist varjestust ja vasest vooderdust, mis vähendavad taustkiirgust. Alustatakse detektori geomeetria loomisest, määrares igale elemendile (detektor, varjestus, vooder ja proov) õiged materjalid ja mõõtmed.

Seejärel arvutatakse RGK-proovi absoluutne aktiivsus, korrutades selle tiheduse, mahu ja aktiivsuskontsentratsiooni. Monte Carlo simulatsiooni allikas seadistatakse kiirgama isotroopselt 40K gammakiirgust ning seadistatakse detektori omadused, sealhulgas osakeste loendamine ja energiajaotuste määramine (vahemikus 0,001–3 MeV). Lõpuks viiakse läbi simulatsioon, mille tulemusi võrreldakse tegeliku mõõdetud spektriga.

Saame vastava graafiku:

## Gammakiirguse spekter (HPGe)



Võrdleme seda meie saadud graafikut juhendis välja toodud graafikuga, mis on saadud päris mõõtmistel.

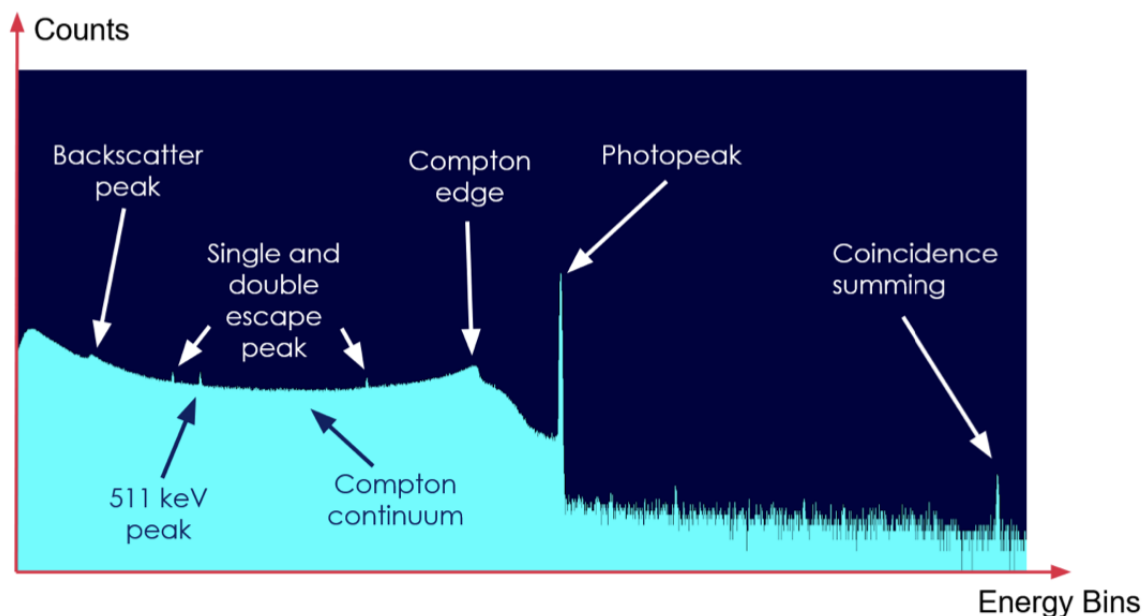


Figure 1: Example of a BEGe-type HPGe detector logarithmic counts spectra measuring  $^{40}\text{K}$ .

Võrreldes neid kahte graafikut näeme, et simulatsiooni graafikul on selgelt olemas *backscattering peak*, *compton edge*, *compton continuum* ja *photopeak*.

Graafikul siiski ei ole hästi näha *single* ja *double escape peak*'e, aga selle põhjuseks võib olla lihtsalt simulatsiooni resolutsioon. Selle simulatsiooniviisiga võivad need tekkida, aga

lihtsalt selle resolutsiooniga ei ole need efektid spektris nähtavad.

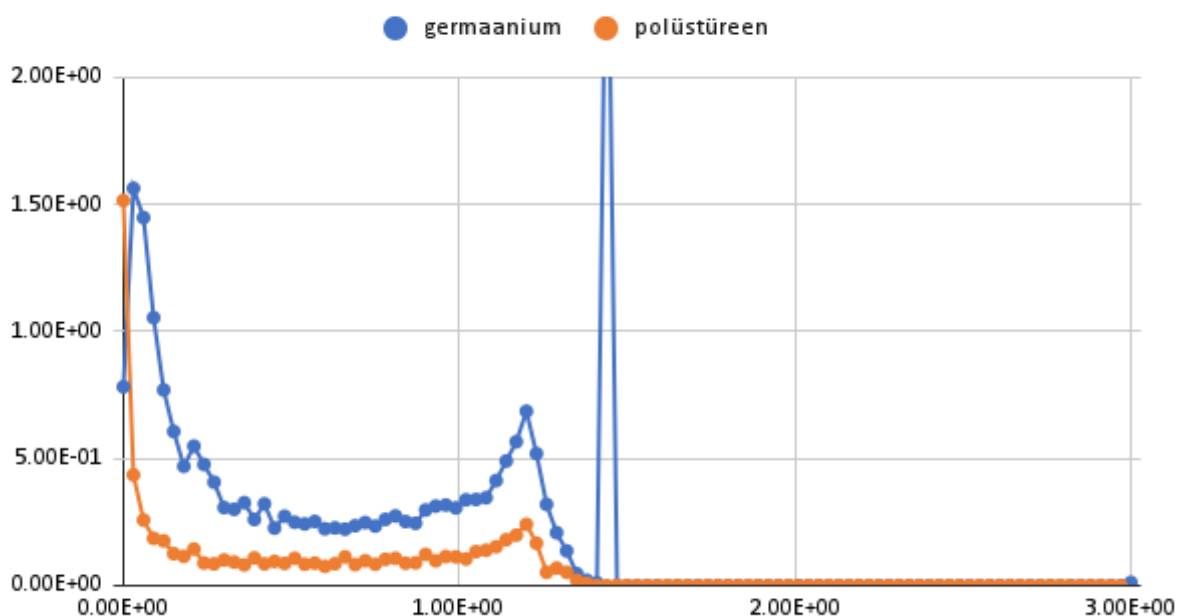
Simulatsiooni puhul puudubki *double peak*, sest simulatsioonis vaadatakse ühte osakest korraga ja ei ole võimalik, et detektor registreeriks kaks osakest ühena. Lisaks puudub graafikult kogu müra, mis reaalsel spektril esineb.

## 2. Detektori materjali modelleerimine

Teise harjutuse eesmärk on uurida, kuidas detektorimaterjali muutmine mõjutab gammakiirguse spektrit. Kasutame varasemalt loodud detektori mudelit, kuid asendame detektorkristalli alternatiivsete materjalidega, näiteks polüstüreeni või neoongaasiga. Kokkuvõtlikult analüüsime harjutuses, kuidas erinevad detektorimaterjalid mõjutavad gammakiirguse ja detektori vahelisi interaktsioone.

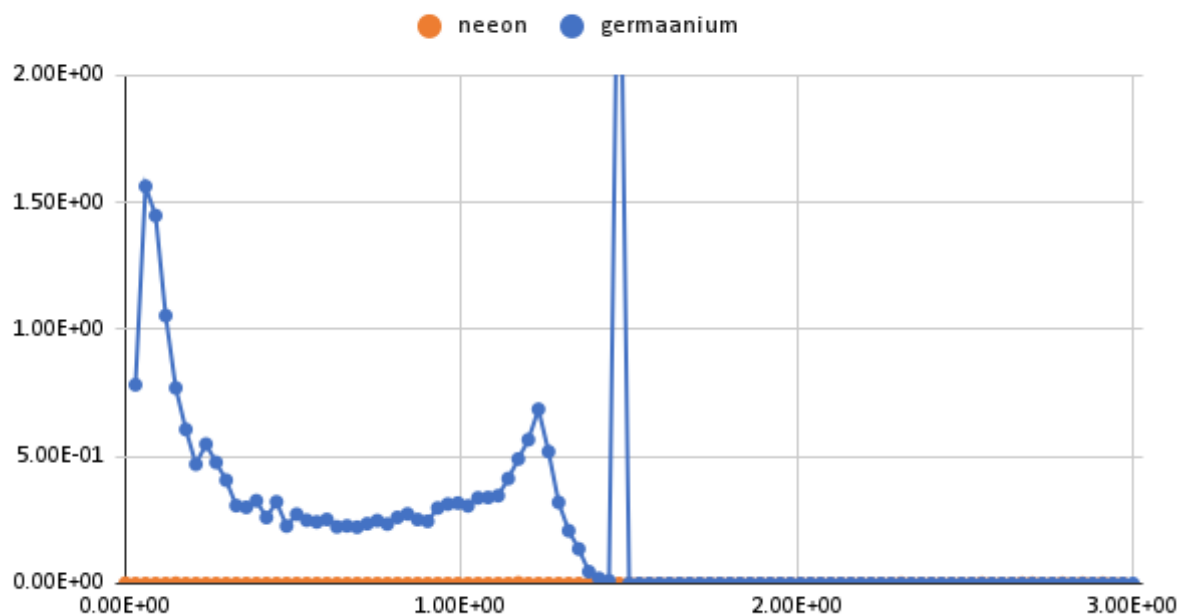
Kõigepealt vahetasime detektoris germaaniumi polüstüreeniga. Saame vastava graafiku:

Germaanium vs Polüstüreen



Neid graafikuid võrreldes saame väga huvitava tulemuse. Mõlemad graafikud on üsna samasuguse kujuga. Kuid kogu tundlikkus on väiksem polüstüreeni detektori puhul. Huvitaval kombel polüstüreeni graafikul puudub *photopeak*. Samamoodi nagu germaaniumi graafikul puudub ka üleliigne müra ja *double peak*.

## Germaanium vs Neon



Neoni detektori andmed, kas on äärmiselt nõrgad või üldse puuduvad. Saame öelda, et mõõtmistel on tekkinud viga, sest teoreetilislt peaks olema võimalik teha täpselt samasuguseid mõõtmisi neon detektoriga.