

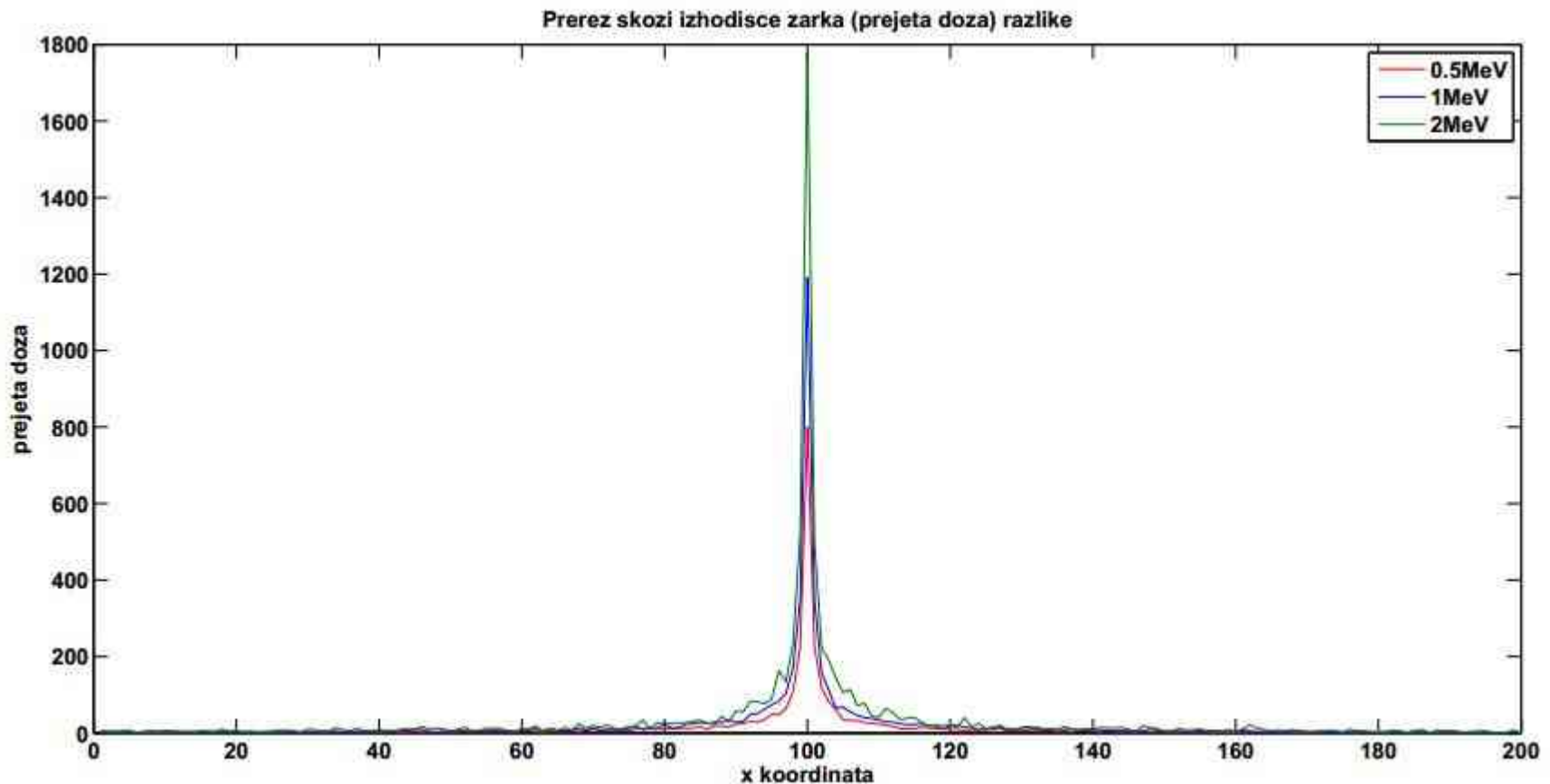
# 1. vaja iz Zdravstvene fizike - Rezultati

Simuliraj dozo izvora sevanja  $\gamma$  v centru kvadrata vode zanemarljive debeline. Primerjaj doze za energijo žarkov  $\gamma$  vzemi 0,5 MeV, 1 MeV in 2 MeV. Verjetnost za interakcijo podaja priložena tabela.

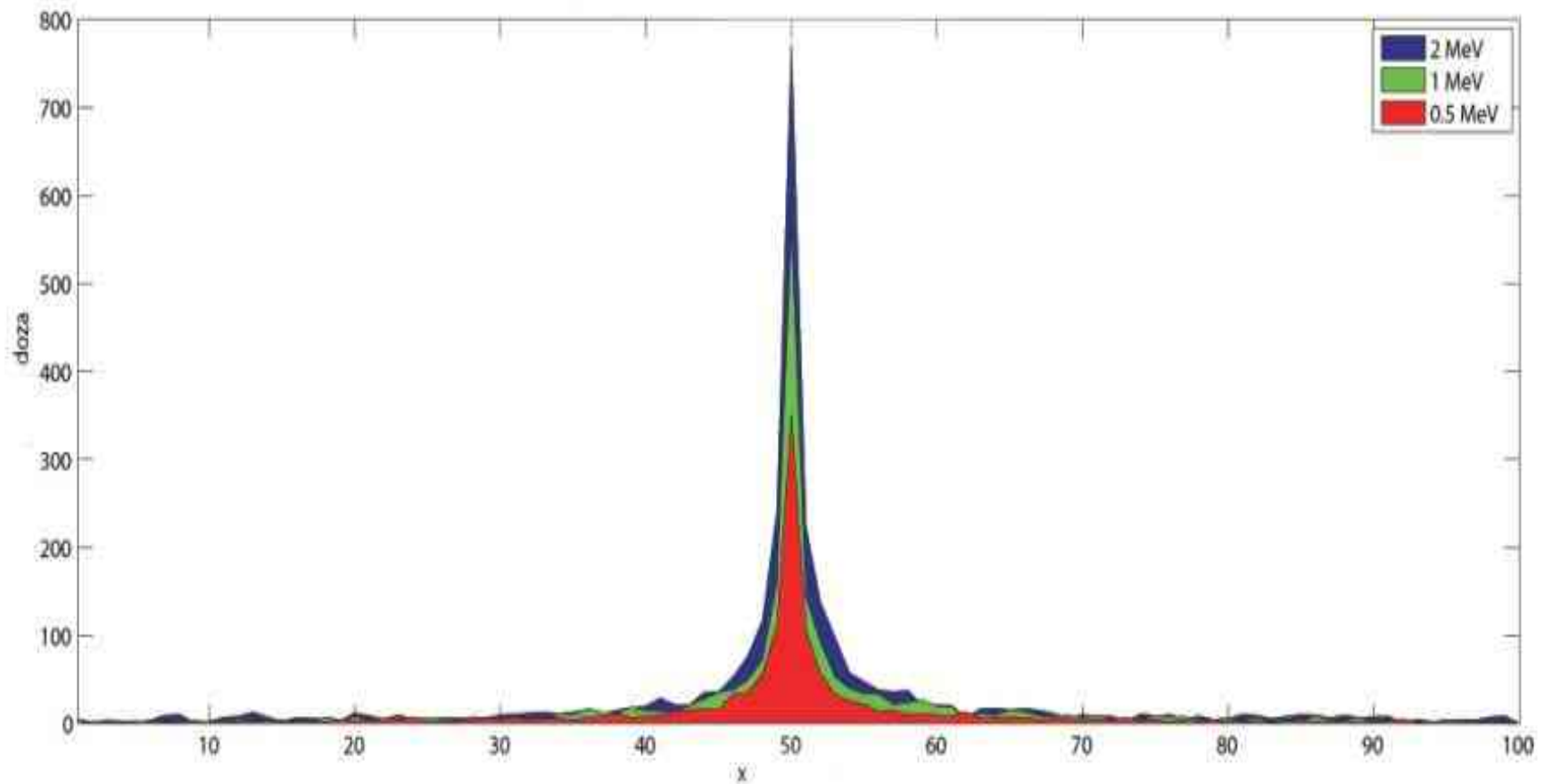
- Bistveni elementi, ki naj bi se jih iz te vaje naučili so:
  - kako se lahko uporabi transportno enačbo za simuliranje propagacije in interakcij delcev v snovi (korak, izbira interakcije glede na atenuacijo)
  - kako se generira naključne vrednosti, porazdeljene po določeni porazdelitvi
  - kako implementirati te metode v preprostem programu
- Sledijo poučni izvlečki iz oddanih izdelkov

- Jakob Meško

- grafi nakazujejo ustrezne rešitve, sploh iz grafa prereza, ki vključuje vse tri energije
- vendar je težko izluščiti kaj to pomeni za numerične rezultate (koliko doze je prejel pacient!), npr. amplitude grafov prereza so odvisne od binninga
- pri tem poročilu bi si želel le še vrednosti integralov grafov (2D, da bi imeli celotno deponirano energijo)



- Luka Rogelj
  - enaki komentarji, dodal bi le še da sem na grafih večine oddanih poročil močno pogrešal enote in včasih sploh oznake (x v mm?, doza v MeV?)



- Tanja Kaiba

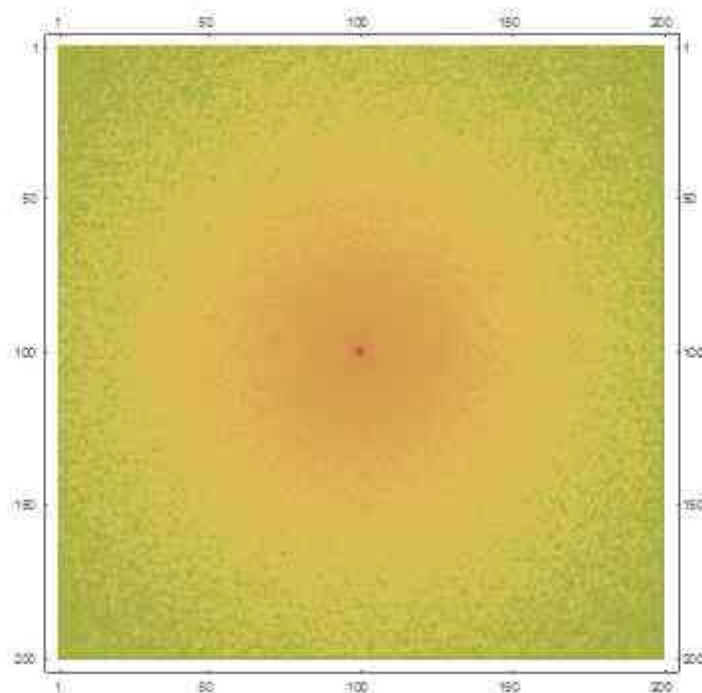
- rezultati podani tudi v numerični obliki, iz česar lahko takoj sklepamo o prejetih dozah in primerjamo različne energije, vključno z oceno zanesljivostjo rezultata in vplivom statistike

| E [MeV] | N [1]  | $E_{avg}$<br>[MeV] | $E_{avg(0,0)}$<br>[MeV] | $E_{dep}$<br>[MeV] | $E_{dep(0,0)}$<br>[MeV] | $E_{dep}/N$<br>[MeV/foton] | $E_{dep}/(E \cdot N)$<br>[%] |
|---------|--------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 0,5     | $10^4$ | 1664               | 9,1                     | 1688               | 10,3                    | 0,169                      | 33,8                         |
| 0,5     | $10^4$ | 1702               | 10,1                    |                    |                         |                            |                              |
| 0,5     | $10^4$ | 1698               | 11,8                    |                    |                         |                            |                              |
| 0,5     | $10^5$ | 16850              | 91,7                    | 16854              | 90,7                    | 0,169                      | 33,7                         |
| 0,5     | $10^5$ | 16823              | 85,4                    |                    |                         |                            |                              |
| 0,5     | $10^5$ | 16888              | 95,0                    |                    |                         |                            |                              |
| 0,5     | $10^6$ | 168352             | 927                     | 168499             | 970                     | 0,168                      | 33,7                         |
| 0,5     | $10^6$ | 168744             | 914                     |                    |                         |                            |                              |
| 0,5     | $10^6$ | 168402             | 910                     |                    |                         |                            |                              |
| 1       | $10^4$ | 3122               | 17,8                    | 3090               | 17,6                    | 0,309                      | 30,9                         |
| 1       | $10^4$ | 3104               | 19,2                    |                    |                         |                            |                              |
| 1       | $10^4$ | 3045               | 15,7                    |                    |                         |                            |                              |
| 1       | $10^5$ | 31059              | 168                     | 31011              | 180                     | 0,310                      | 31,0                         |
| 1       | $10^5$ | 30890              | 184                     |                    |                         |                            |                              |
| 1       | $10^5$ | 31085              | 188                     |                    |                         |                            |                              |
| 1       | $10^6$ | 310507             | 1711                    | 310078             | 1736                    | 0,310                      | 31,0                         |
| 1       | $10^6$ | 310226             | 1741                    |                    |                         |                            |                              |
| 1       | $10^6$ | 309501             | 1756                    |                    |                         |                            |                              |
| 2       | $10^4$ | 5221               | 24,7                    | 5217               | 28,7                    | 0,522                      | 26,1                         |
| 2       | $10^4$ | 5234               | 25,8                    |                    |                         |                            |                              |
| 2       | $10^4$ | 5196               | 35,6                    |                    |                         |                            |                              |
| 2       | $10^5$ | 52238              | 322                     | 52185              | 300                     | 0,522                      | 26,1                         |
| 2       | $10^5$ | 52135              | 295                     |                    |                         |                            |                              |
| 2       | $10^5$ | 52182              | 283                     |                    |                         |                            |                              |
| 2       | $10^6$ | 525475             | 2966                    | 525174             | 2950                    | 0,525                      | 26,3                         |
| 2       | $10^6$ | 525318             | 2944                    |                    |                         |                            |                              |
| 2       | $10^6$ | 524729             | 2940                    |                    |                         |                            |                              |

- Domen Kotnik

- podane so zgolj slike kakršna je spodaj, na podlagi katerih se sicer da ugibati, da je bil pristop pravi, vendar...
- slika nujno potrebuje skalo v Z osi (vrednost deponirane energije - barva grafa), iz katere bi se lahko dozo sploh ocenilo

1. Primer:  $E_0 = 0,5 \text{ MeV}$  ;  $N(\text{število fotonov}) = 1E6$

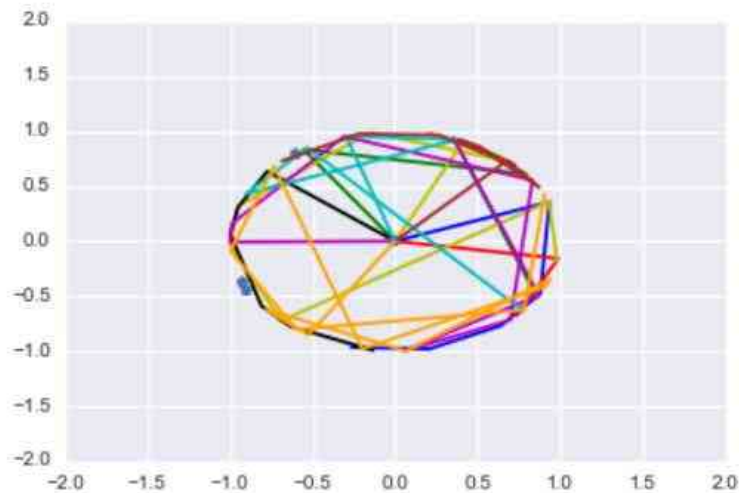


Opazimo sferno simetrično porazdelitev izsevane doze. Koordinatno izhodišče je pri [100,100], enote so v [mm].

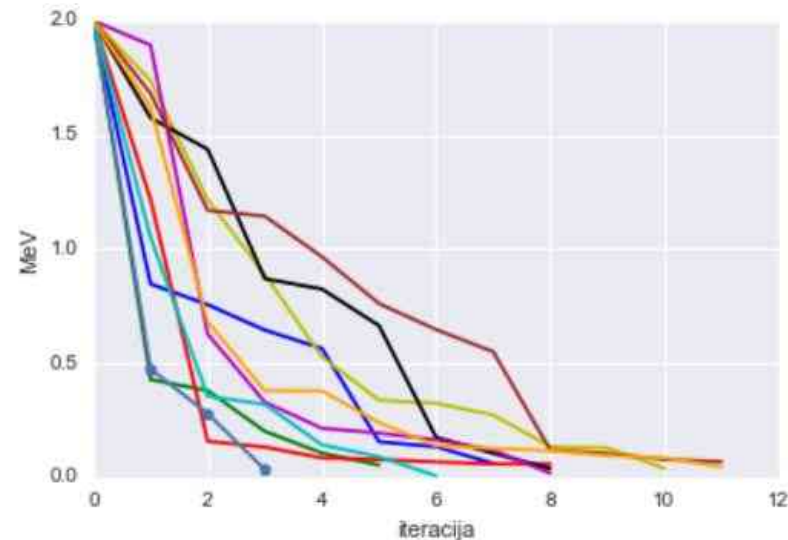
- Ingrid Vavtar

- na podlagi leve slike lahko ugibam, da je implementacija v kodi na dobri poti do ustrezne rešitve (očitno so še problemi, saj do sipanj prihaja le pri radiju 1 - je spremenljivka za prosto pot celo število?)
- na podlagi desne slike je težko oceniti deponirano energijo, razen tega da je v 10 simuliranih dogodkih delec pustil vso energijo. Spet bi bil dobrodošen numeričen rezultat, ali vsaj drugačen grafičen prikaz
- v vsakem primeru je 10 dogodkov močno premalo za takšno MC simulacijo

Začetna energija fotona 2 MeV:



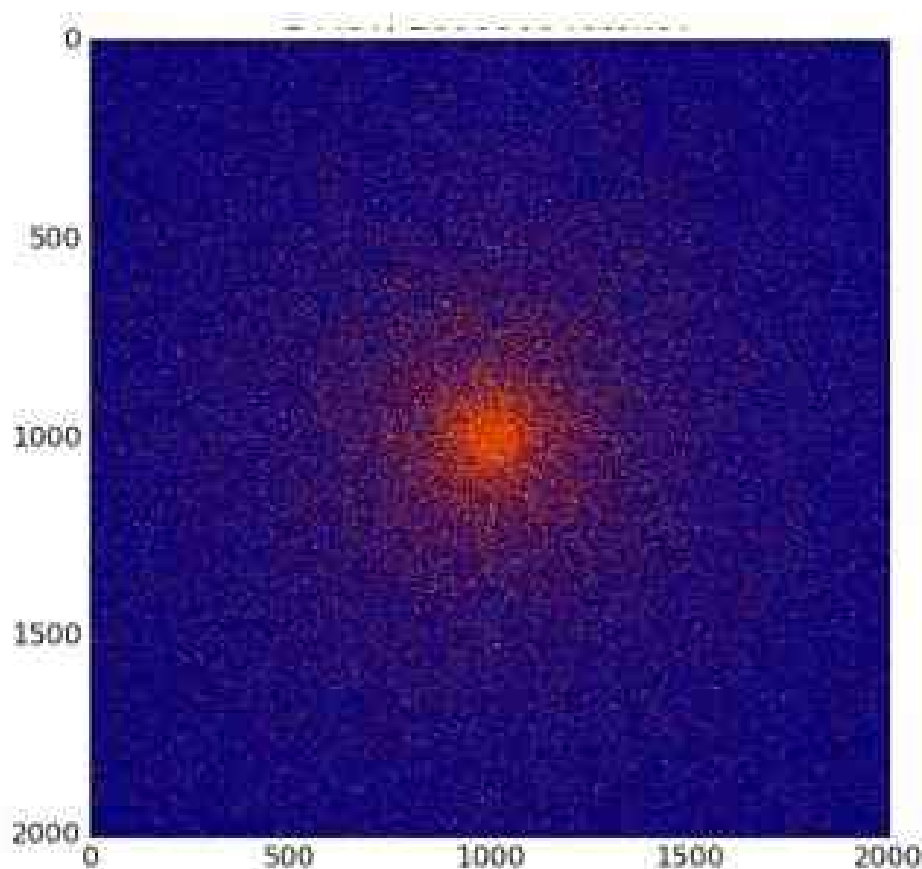
Slika 1: Izrisani tiri poti fotonov, pri začetni energiji 2 MeV.



Slika 2: Izrisana energija fotonov v odvisnosti od števila iteracij.

- Vid Seražin

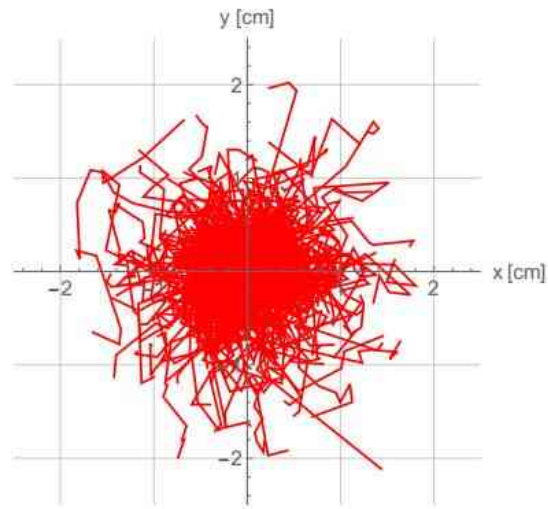
- tudi tej sliki manjka skala Z osi ali vsaj kakšna numerrična vrednost za deponirano dozo
- za to sliko potrbnih 6 ur: povsem OK za prve korake v MC simulaciji, prave simulacije pogosto trajajo še veliko dlje, je pa dobra demonstracija kako prav pridejo pri takšnih problemih izkušnje iz numeričnih metod in fizikalni občutek za pogoje simulacije (tu mreža na 10 mum)



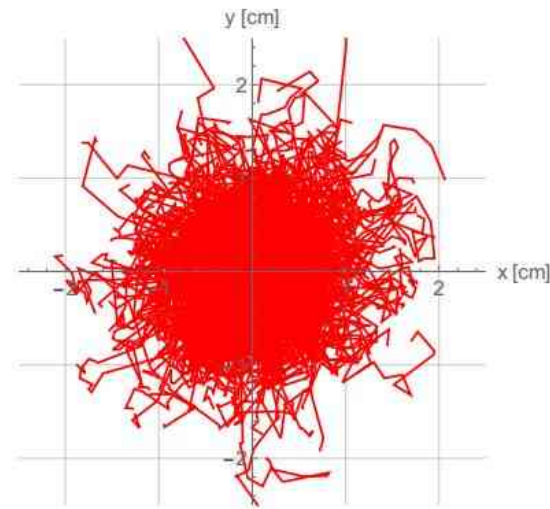
Slika 1: 10000000 fotony, 2 MeV

- Nastja Poljanšek

- super prikazani vmesni rezultati (verjetno med preizkušanjem simulacije, ko se dodaja korak po korak?), kot spodaj prikazane poti fotonov

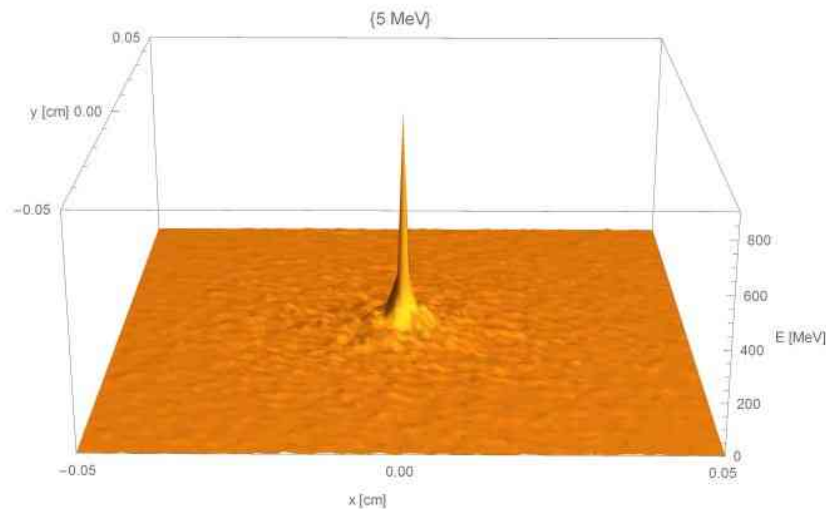


Slika 3:  $E = 50 \text{ keV}$



Slika 4:  $E = 5 \text{ MeV}$

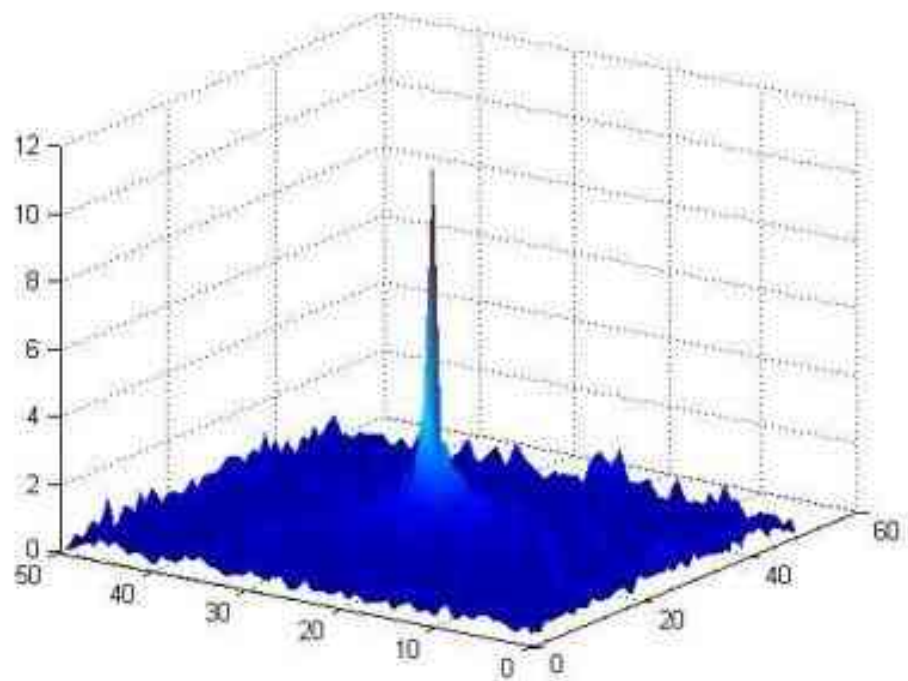
- spet bi se želel še numerični rezultat, npr. integral končne porazdelitve (tukaj ustrezno označene enote!):



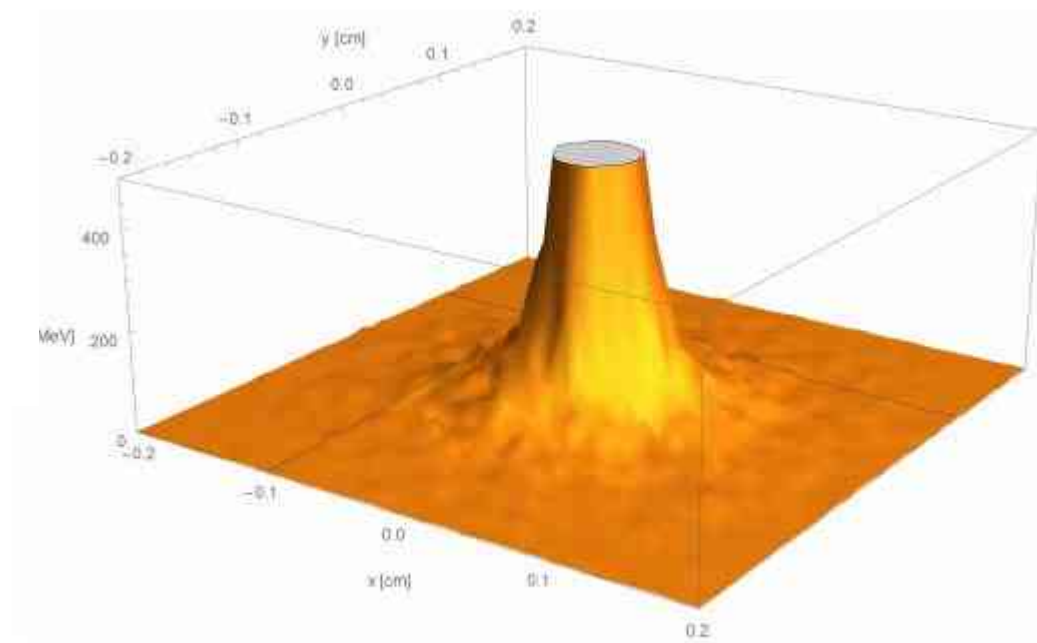
Slika 5: Prečna porazdelitev energij.

- Katja Lapuh
  - numerični rezultati...
  - koliko statistike (generiranih dogodkov) potrebujemo, da nas ne moti več šum naključno generiranih spremenljivk?

→ Energija: 0,5 MeV



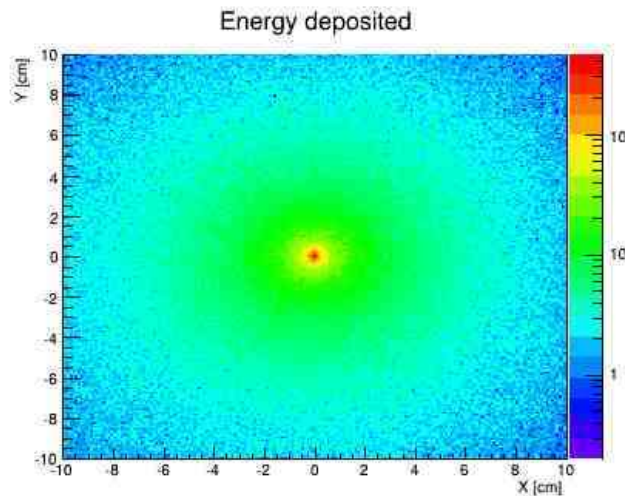
- Marko Mahne



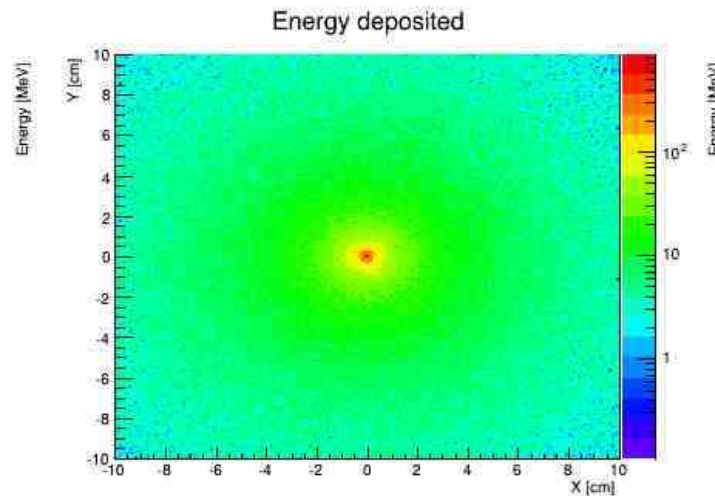
Slika 5: Pogled blizu izvora

- Asistent
  - za primerjavo še perfektni in brezhibni rezultati

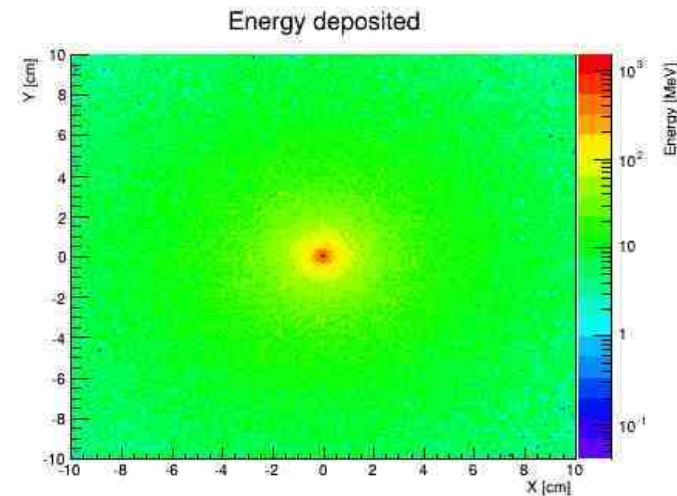
**0.5 MeV**



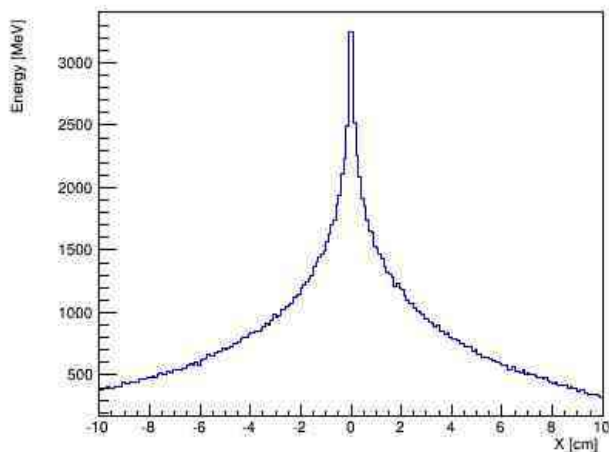
**1 MeV**



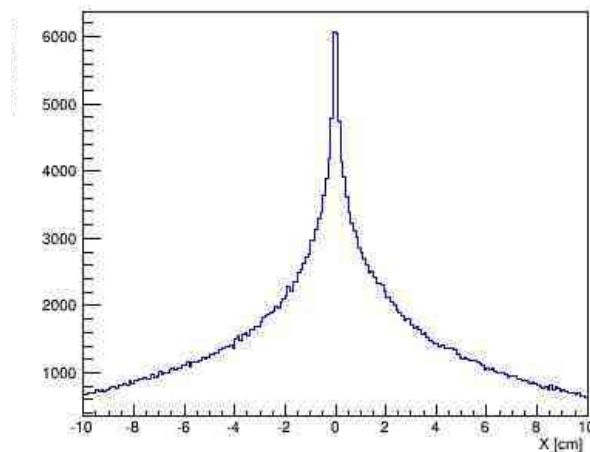
**2 MeV**



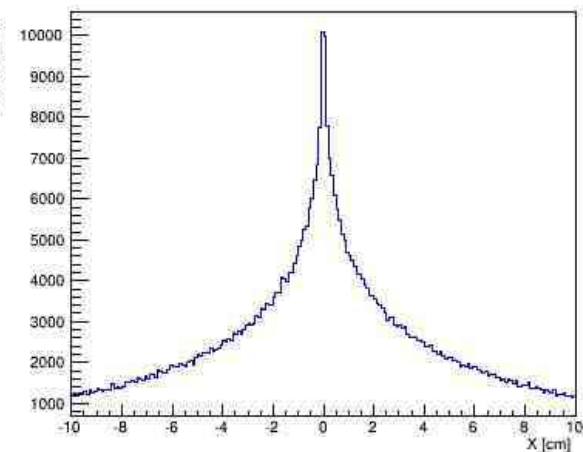
Projection



Projection



Projection



Delež deponirane energije (v 20x20 cm<sup>2</sup>): 34%, 31%, 26%  
 Razmerje deponiranih energij: 1:1.85:3.10