

# Monte Carlo Nagyházi Dokumentáció

## A program ismertetése

A program egy adott pontból izotróp irányeloszlással induló monoenergetikus  $\gamma$ -fotonok útját követi egy NaI henger (detektor) belsejében. Ezt a *simulateDetector* függvény végzi, melynek bemeneti paraméterei rendre: a vizsgálandó részecskék száma, a detektor sugara, magassága, a forrás helye, energiája, a detektor sűrűsége, valamint a félértékszélesség.

A program először beolvassa a fájlban tárolt hatáskeresztmetszet értékeket, (melyet az XCOM adatbázisból töltöttem le), majd beszorozza a detektor sűrűségével, hogy megkapja a tényleges hatáskeresztmetszeteket, végül global változóvá teszi azokat, hogy egy függvény használni tudja a későbbiekben. Ezután, egy a vizsgált részecskék számának megfelelő hosszúságú ciklusban, a *getDetectorEnergy* függvény kiszámolja a detektor által elnyelt energiát, majd a megfelelő csatornába sorolja. A csatornák 0 és a forrásenergia 1,1-szeresét osztják fel 1024 részre. A cikluson belül ki van kommentelve egy olyan rész, amely egy többcsatornás analízátort modellez 'valós időben'. A függvény ezután kiszámítja a hatásfokot azáltal, hogy összeadja az egyes részecskék esetében a detektor által elnyelt energiát, ezt elosztja a vizsgált részecskék számával és energiájával, majd ha szükséges normálja a forrás detektor irányába eső térszögével. Végül pedig meghatározza a kiszökött energia és a detektorba belépő összes energia hányadosát, végül pedig grafikonon ábrázolja az egyes csatornába érkező beütések számát (az adott csatornához tartozó energia függvényében). A függvény kimenete rendre: a hatásfok, az analízátor kimenete (a csatornákra érkező beütések száma), valamint a kiszökő energia hányadosa. Azért ilyen sorrendben, mert a teszterek jellemzően csak az első kimeneti értéket használják.

A *getDetectorEnergy* függvény bemeneti paraméterei a detektor, a forrás paraméterei és a félértékszélesség. A függvény először a *getDirectionFromSource* függvény segítségével meghatározza a forrásból a detektor középpontjának irányába eső, a detektort körülvevő gömböt érintő kúp alakú térszögben izotróp módon sorsolt irányt, majd a forrástól a kapott irányba a *getDistanceToCylinderFromOutside* függvény segítségével meghatározza a detektor távolságát. Ezekből kiszámítható a detektorba való belépés helye. Ezután a *getAbsorbedEnergy* függvény meghatározza a detektor által elnyelt energiát, végül pedig hozzáad egy, a félértékszélesség szórású normális számot és az abszolútértékét veszi, ezt adja a kimeneten.

A *getAbsorbedEnergy* függvény a bemenetén a forrás és a detektor paramétereit kapja és rekurzió segítségével meghatározza a detektorban elnyelődött energiát. A rekurzió akkor áll le, ha a teljes energia elnyelődött, vagy ha a foton kilépett a detektorból. A függvény először a *getCrossSection* függvény segítségével kiszámolja az adott energiájú foton hatáskeresztmetszetét, ezután a totális hatáskeresztmetszet segítségével a *getFreePath* függvény sorsol egy szabadúthosszat, majd a függvény megvizsgálja, hogy a részecske a detektorban marad vagy nem. Ha a detektorban marad akkor a hatáskeresztmetszetek arányából egy sorsolt szám segítségével meghatározza az adott pontban végbemenő reakciót. Fotoeffektus esetén a detektor energiája a teljes energia lesz, ezután a részecske meghal. Compton-szórás esetén a *getScatteringDirection* függvény kiszámítja a szóródott foton energiáját és irányát, a saját koordináta-rendszerébe, ebből meghatározható a detektorban elnyelődött energia, valamint a szóródott foton új iránya, a *transformDirection*

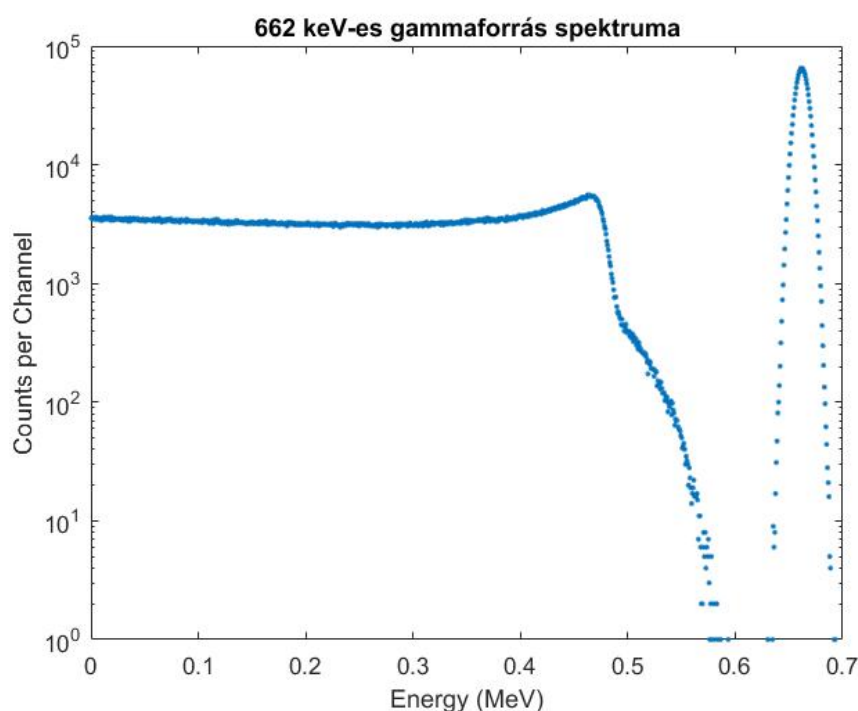
függvény segítségével, ezután a függvény meghívja magát az új paraméterekkel. Párkeltés esetén a detektor által elnyelt energia a forrásenergiál 1.022 MeV-rel kisebb, valamint keletkezik izotróp irányban két ellentétes irányú 0.511 MeV-es foton, amelyekre a függvény szintén meghívja saját magát. A függvény az egyes rekurziókban az elnyelt energiát határozza meg és adja hozzá az addig elnyelt energiához, végül így a teljes elnyelt energiát kapjuk meg.

## Viszogatok elvégeve

A program vizsgálatára különböző feladatokat kellett elvégezni, melyeket alább ismertetek.

### 1. Feladat

Az első feladat során egy spektrumot kellett felvenni a következő paraméterekkel: a detektor sugara: 2,5 cm, magassága: 3,0 cm, sűrűsége: 3,67 g/cm<sup>3</sup>, a forrás koordinátái: (3; -3; 2) cm, energiája: 0,662 MeV, a félértékszélesség: 6 keV. A vizsgálatot a *feladat1* függvény segítségével végezhetjük el, melynek bemeneti paramétere a forrásból kijövő részecskék száma. Az 1. ábrán a kapott spektrumot láthatjuk 10000000 részecske esetén.



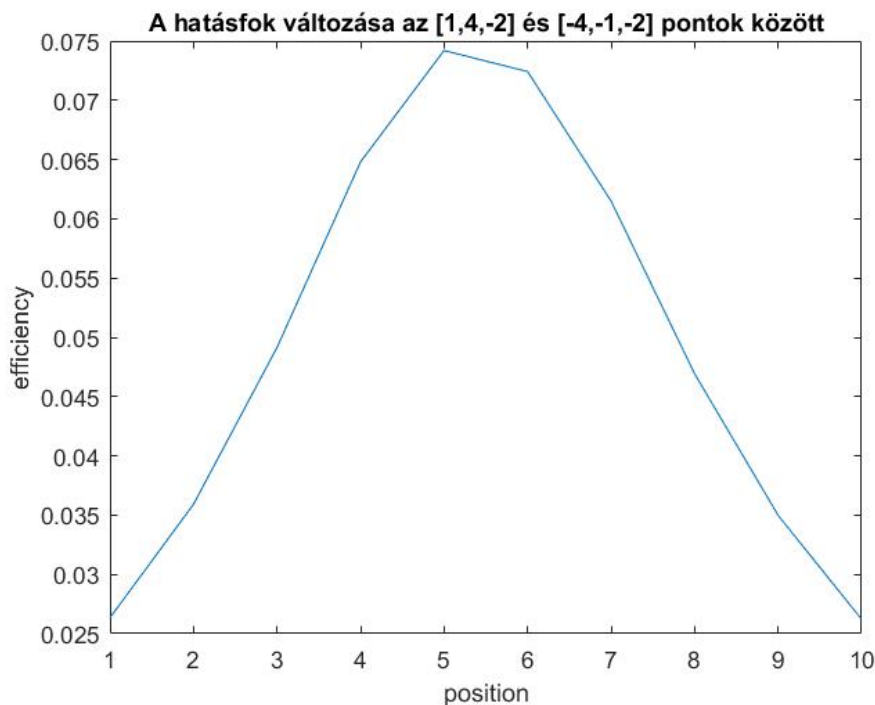
1. ábra. Spektrum 10000000 részecske esetén

A spektrumon jól megfigyelhető a Compton-él 0,47-0,48 MeV között, amely egybeesik az egyszeres Compton-szórás során átadható maximális energia értékével, amely 0,662 MeV-es forrás esetén 0,477 MeV-nek adódik. Láthatunk beütéseket a Compton-él és a teljes energia csúcs között is, melynek oka a többszörös Compton-szórás, amely során a

foton az egyszeres Compton-szórás során átadható maximális energiánál több energiát is átadhat (akár a teljes energiát). A függvény ezután a spektrumot fájlba kiírja. Ha az előzőekben ismertetett *simulateDetector* függvény kikommentelt részét is futtatjuk, akkor megfigyelhetjük a spektrum időbeli fejlődését is.

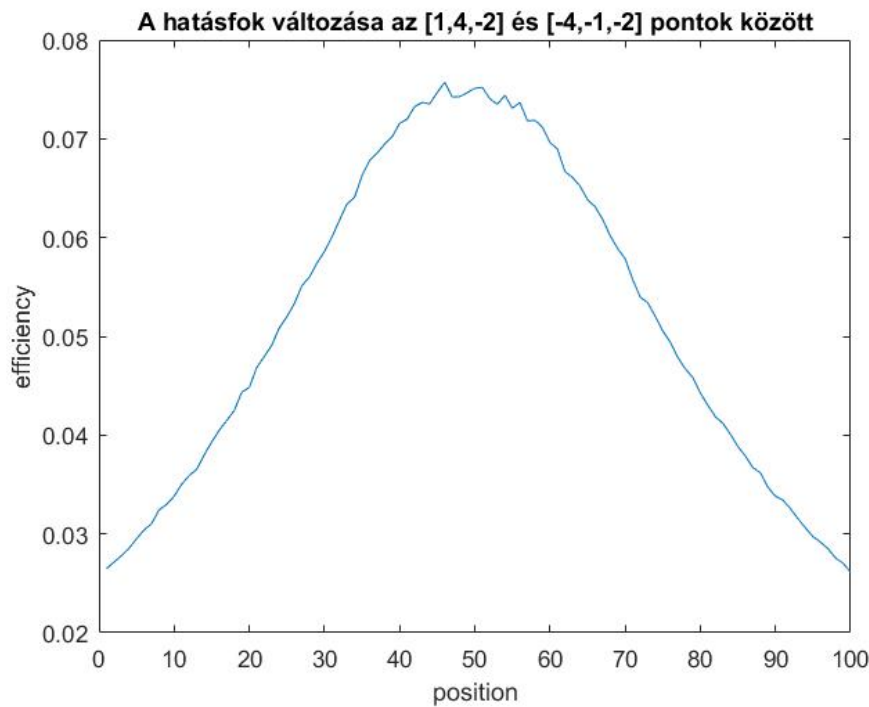
## 2. Feladat

A második feladat során a hatásfok értékét kellett meghatározni az (1; 4; -2) és a (-4; -1; -2) pontok között, 10 köztes pontban. A vizsgálatot a *feladat2* függvény segítségével végezhetjük el, a bemeneti érték 1000000 volt. A függvény az egyes pontokhoz tartozó források esetén kirajzolja a spektrumokat. A hatásfok helyfüggését a 2. ábrán láthatjuk.



2. ábra. Hatásfok helyfüggése

Látható, hogy a hatásfok a két pont között, középen a legnagyobb. A vizsgálatot elvégeztem 100 köztes pont esetén is (bemeneti érték: 100000), hogy pontosabb karakterisztikát kapjunk, ezt a 3. ábrán láthatjuk.

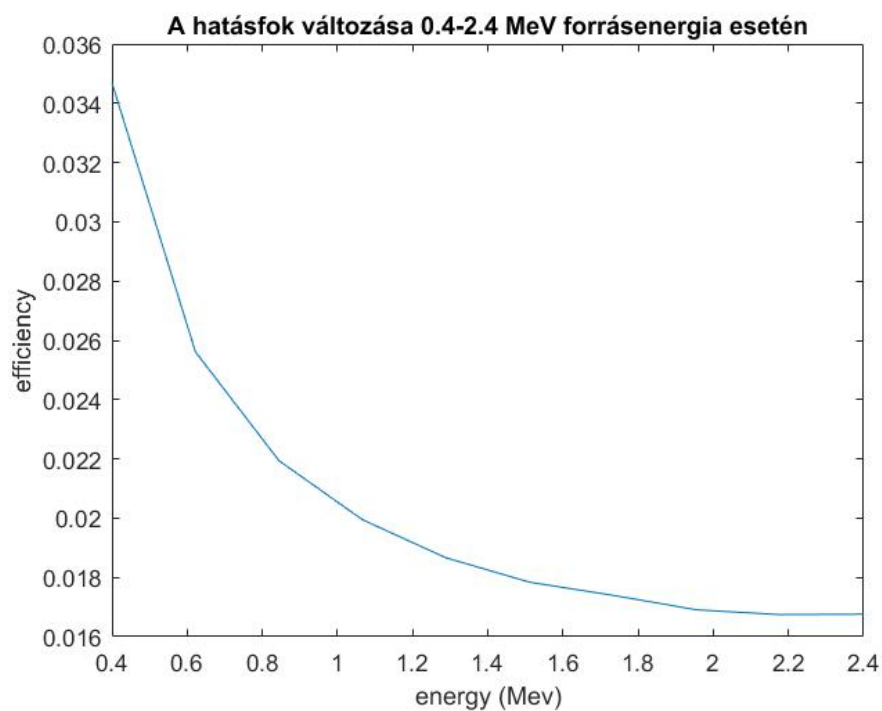


3. ábra. Hatásfok 100 köztes pont esetén

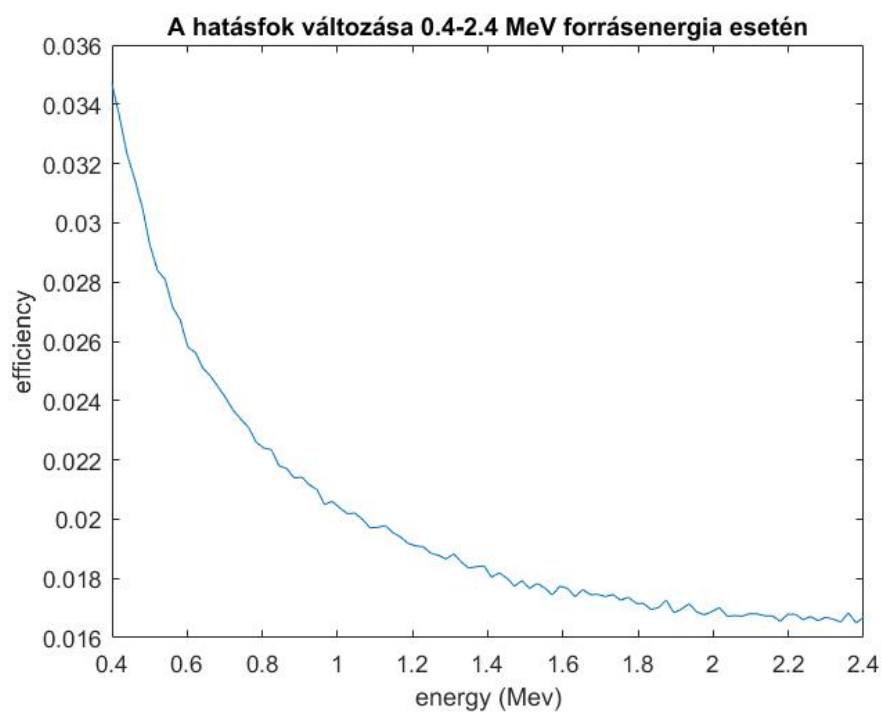
### 3. Feladat

A harmadik feladat során a hatásfok energiafüggését kellett megvizsgálni 0,4-2,4 MeV között 10 köztes pontban. A vizsgálatokat a *feladat3* függvény segítségével végezhetjük el, a bemeneti érték 1000000 volt. A függvény az egyes energiákhoz tartozó spektrumokat kirajzolja. A hatásfok energiafüggését a 4. ábrán láthatjuk.

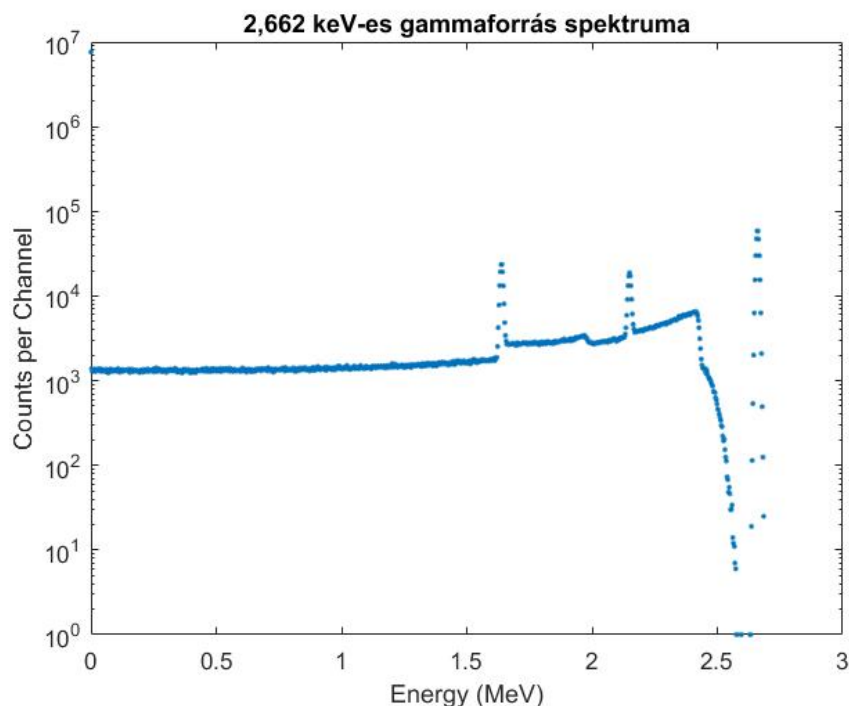
A megjelenített spektrumokon látható (először 1,2 MeV esetén), hogy megjelenik két csúcs a Compton-platón, melyeknek az oka az egyszeres és kétszeres kiszökés, azaz amikor a párkeltés során keletkező annihilációs fotonok közül az egyik, illetve mindkettő kiszökik a detektorból. Ezeknek a csúcsoknak a helye természetesen a teljes energiánál 0,511 illetve 1,022 MeV-el kisebb. Látható továbbá, hogy a hatásfok az energia növelésével nagy mértékben csökken. A vizsgálatot elvégeztem 100 köztes pont esetén is (bemeneti érték: 100000), hogy pontosabb karakterisztikát kapjunk, ezt az 5. ábrán láthatjuk. A megjelenő kiszökési csúcsokra egy példát láthatunk a 6. ábrán, ahol a bemeneti érték 10000000 volt, a forrás energiája pedig 2,662 MeV.



4. ábra. Hatásfok energiafüggése



5. ábra. Az energiafüggése 100 köztes pont esetén

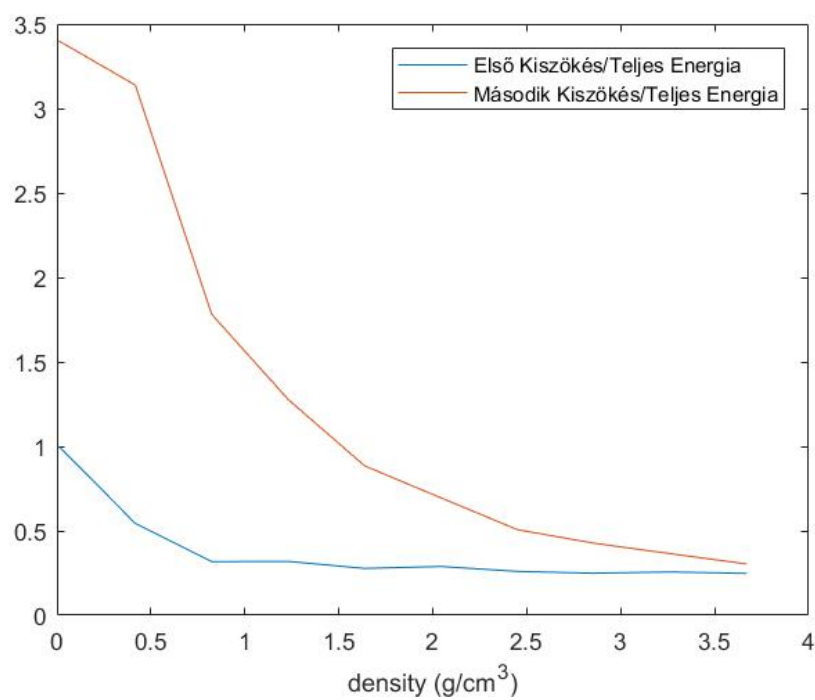


6. ábra. A megjelenő kiszökési csúcsok 2,662 MeV-es forrás esetén

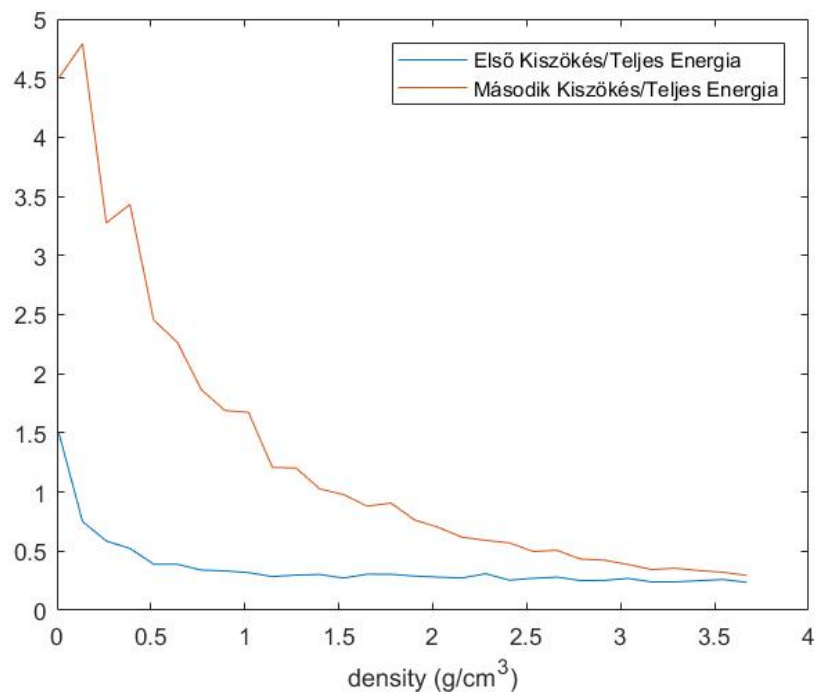
#### 4. Feladat

A negyedik feladat során 2 MeV-es foton esetén a kiszökési csúcsok magasságának és a teljesenergia csúcs magasságának hányadosát kellett megvizsgálni a detektor sűrűségének függvényében  $0,01\text{--}3,67\text{ g/cm}^3$  között 10 köztes pontban. A vizsgálatokat a *feladat4* függvény segítségével végezhetjük el, a bemeneti érték 1000000 volt. A függvény az egyes energiákhoz tartozó spektrumokat kirajzolja. A sűrűség energiafüggését a 7. ábrán láthatjuk.

Az ábra alapján látható, hogy a csúcsok magasságának aránya kis energián nagyobb, azonban ahogy a függvény által megjelenített grafikonokon is láthatjuk, kis sűrűség esetén alig tapasztalunk beütést a detektorban, melynek oka a hatáskeresztmetszet sűrűségfüggése. Kis hatáskeresztmetszet esetén a sorsolt szabadúthossz nagyon nagy, a fotonok nagyon könnyen kiszöknek a detektorból. A vizsgálatot elvégeztem 30 köztes pont esetén is (bemeneti érték: 500000), hogy pontosabb karakterisztikát kapjunk, ezt a 8. ábrán láthatjuk.



7. ábra. A hatások sűrűségfüggése



8. ábra. A sűrűségfüggés 30 köztes pont esetén