



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Suojarakenteiden vaikutus maalin selviytymiseen epäsuoran tulen tai täsmäaseen iskussa

Patrik Lahti

31.08.2018

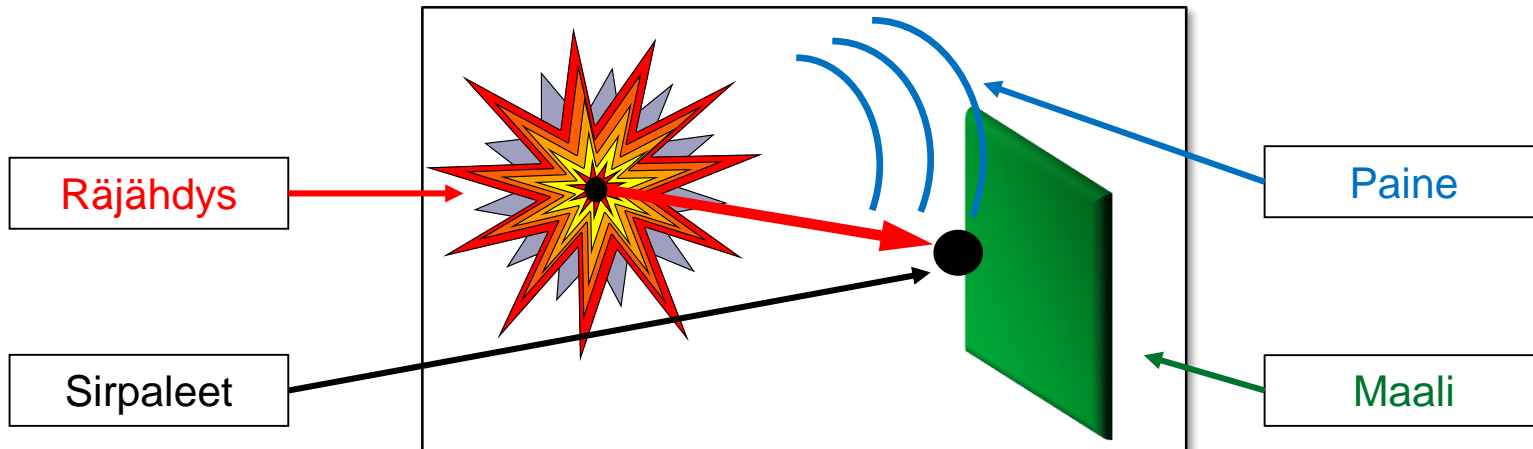
Ohjaaja: DI *Heikki Puustinen*

Valvoja: Prof. *Kai Virtanen*

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

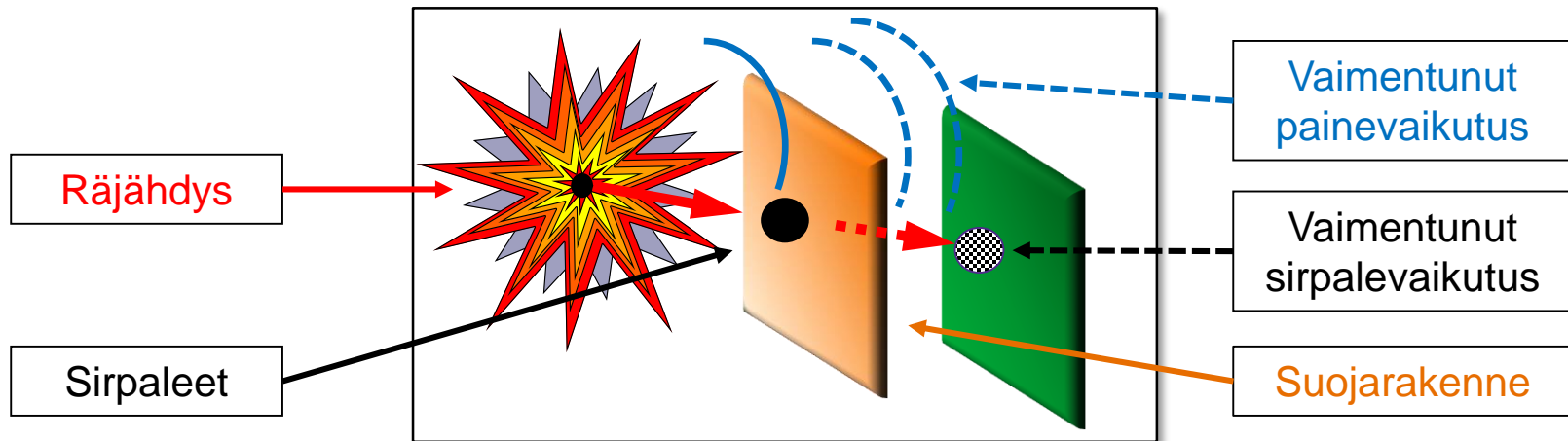
Tausta 1/2

- Räjähdevaikutus, reaali maailman tilanne
 - Ammus
 - Tulokulma, -korkeus ja -nopeus
 - Sirpaleet
 - Paine
 - Maalin tuhoutuminen



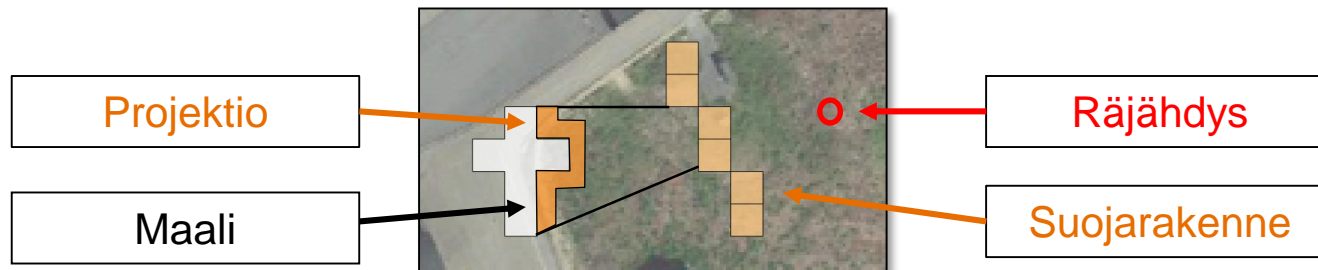
Tausta 2/2

- Olemassa olevalla simulointiohjelmalla voidaan simuloida yksittäisen räjähdysen paine- ja sirpalevaikutusta yksittäiseen maaliin
 - Tuottaa maalin tuhoutumistodennäköisyyden
- Ongelma: Simulointiohjelma ei huomioi, miten paine- ja sirpalevaikutukset vaimenevat maaliin osuessaan
 - Ei voida ottaa huomioon esim. suojarakenteita



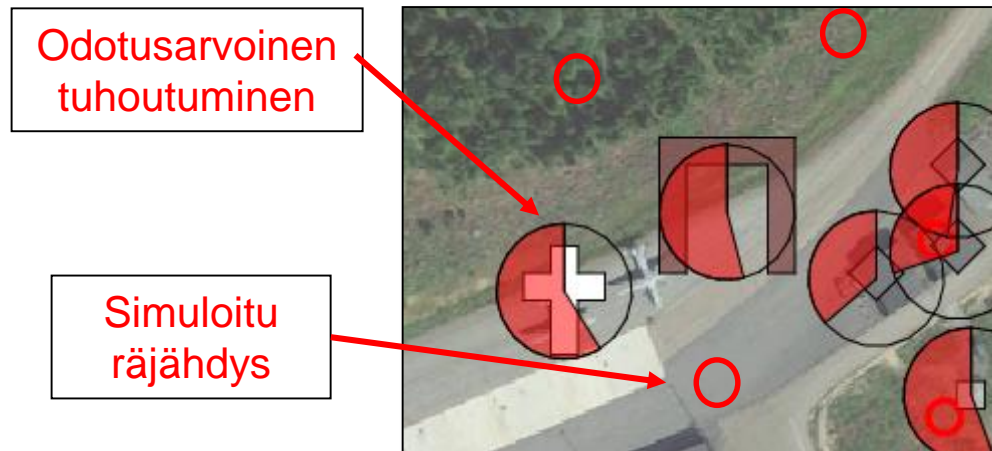
Tavoite

- Tarkastellaan suojarakenteiden vaikutusta maalin tuhoutumistodennäköisyyteen
- Toteutetaan laskentamalli, jolla voidaan ottaa huomioon suojarakenteiden vaimentava vaikutus
 - Suojarakenteiden materiaalin ja paksuuden projisointi maalien päälle
 - Muuntaa uudet maalit simulointiohjelmiston vaatimaan muotoon
 - Selvittää esimerkkitarkasteluin, miten suojarakenteet vaikuttavat maalien tuhoutumistodennäköisyyteen



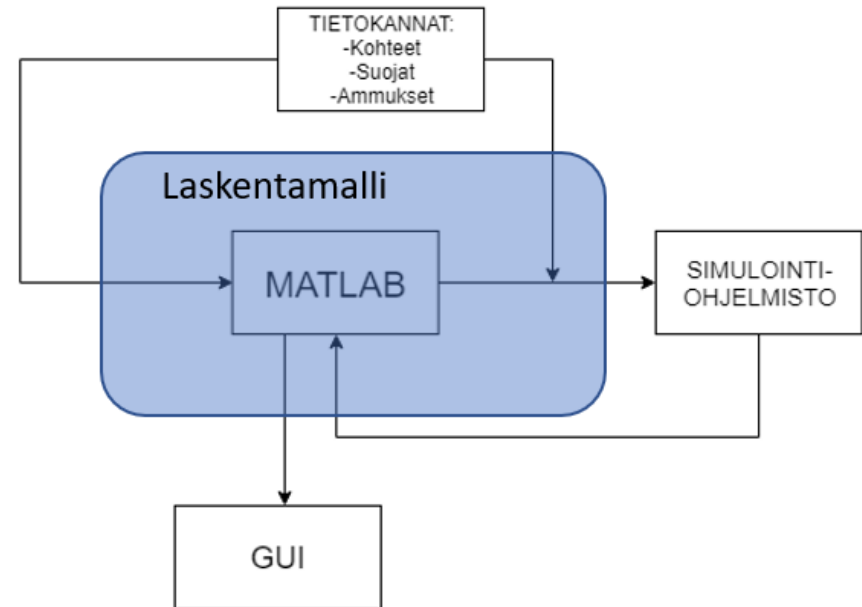
Rajaukset ja oletukset

- Tarkastellaan vain sirpalevaikutuksen vaimenemista
- Räjähdysvaikutuksen suoraviivainen eteneminen
- Työssä käsitellään vain laskentamallien kehittämistä
 - Mahdolliset sovellukset jäävät jatkotutkimuksen kohteeksi



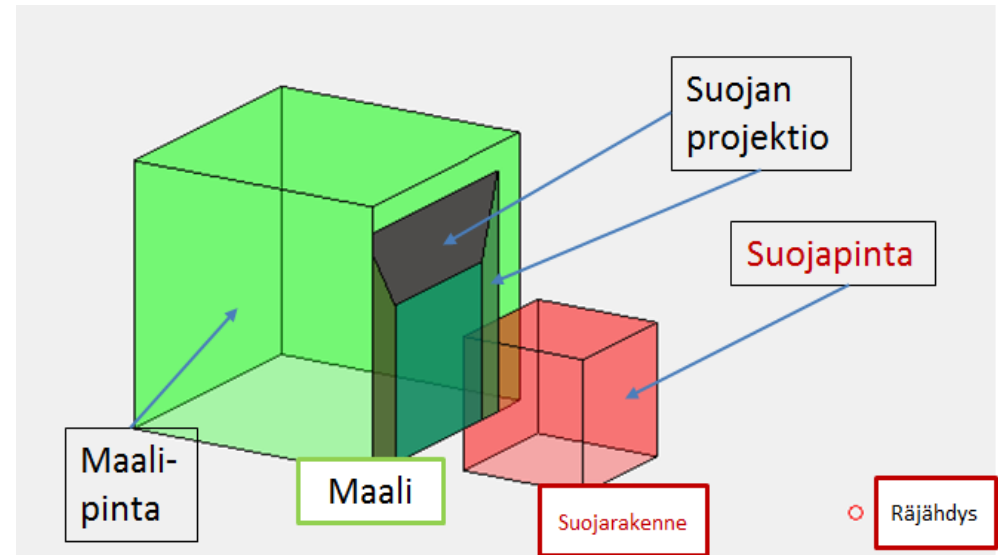
Laskentamalli

- Hyödyntää olemassa olevaan simulointiohjelmistoa
- Koostuu kolmesta algoritmista
 1. Projisointi
 2. Päällekäisten projektoiden erittely
 3. Neliöinti



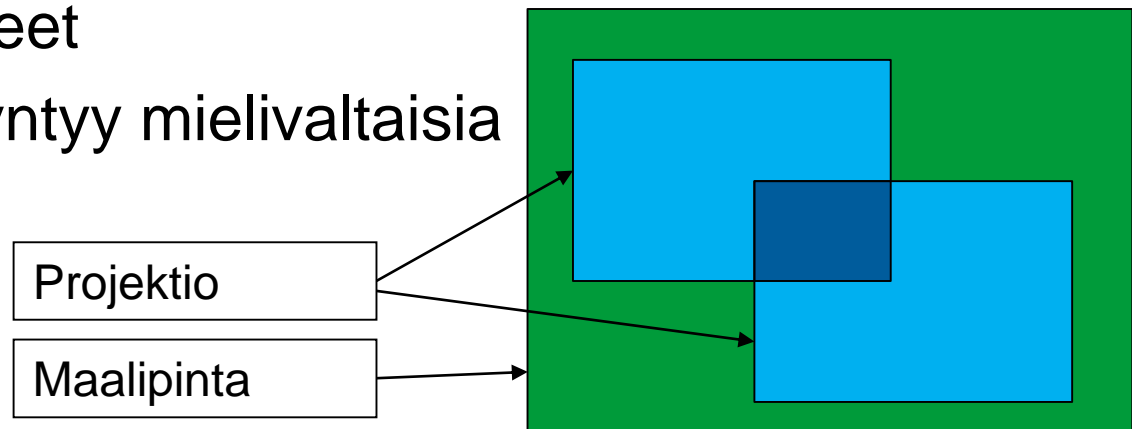
1. Projisointi-algoritmi

- Perustuu suojarakenteen varjostavaan vaikutukseen
- Suojarakenne projisoidaan maalin pinnalle räjähdysen suhteen
 - Vain räjähdykseen päin suuntautuneet maalipinnat
- Suojarakenne koostuu neliönmuotoisista pinnoista
- Lasketaan räjähdyspisteestä kulmien kautta kulkevat suorat
 - Suorien leikkauspisteet maalipinnan kanssa



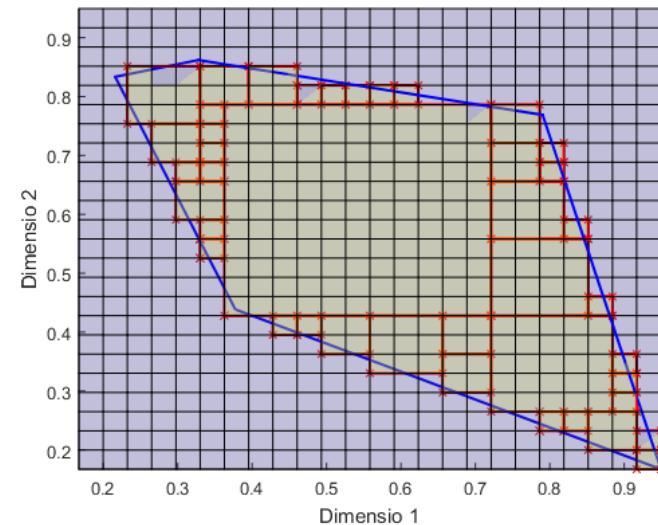
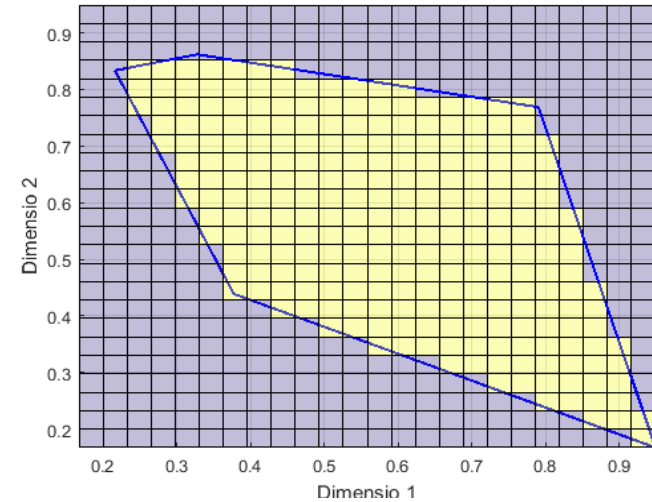
2. Projektoiden erittely-algoritmi

- Simulointiohjelmisto käsittelee pinnat yksittäin
→ Pällekkäiset projektiot tulee eritellä
- Tarkastellaan jokainen projektiopari erikseen jokaiselle räjähdykselle
- Projektioparien leikkauksien perusteella saadaan selville päällekkäiset alueet
- Maalipinnalle syntyy mielivaltaisia monikulmioita



3. Neliöinti-algoritmi

- Mahdollistaa olemassa olevan simulointiohjelmiston käytön
- 1-vaiheessa muodostetaan ruudukko, joka asetetaan monikulmion päälle
- Tarkastetaan jokaisen ruudun keskipisteen sijainti
 - Jos keskipiste monikulmion sisällä, otetaan ruutu neliöintiin
- 2-vaiheessa käytetään suurimman neliön etsintää pienentämään neliöiden lukumäärää



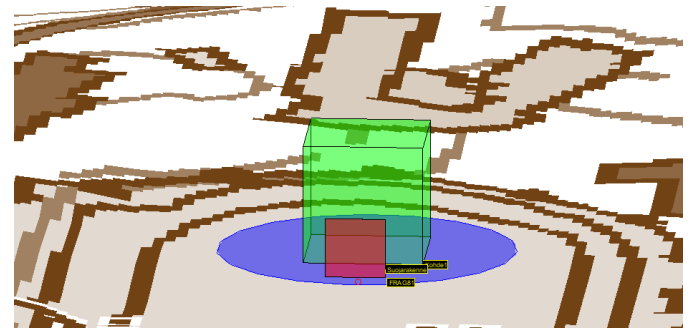
Esimerkkisimulaatiot

- Haluttiin osoittaa laskentamallin toimivuus ja käytännön soveltuvuus
- Esimerkit:
 1. Suojarakenteen vaikutus maalin tuhoutumistodennäköisyyteen
 2. Suojarakenteen paksuuden vaikutus maalin tuhoutumistodennäköisyyteen
 3. Monimutkaisempi skenaario
 - Useita maaleja ja suojarakenteita

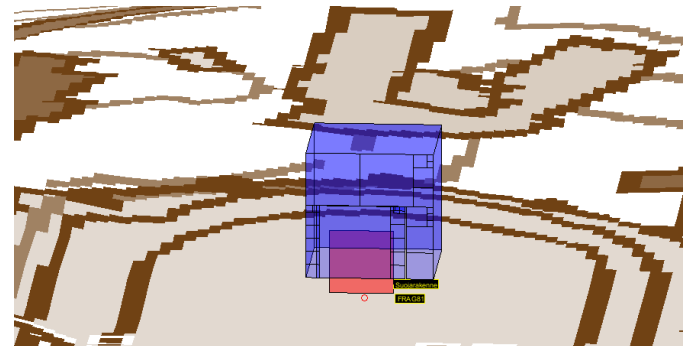
Esimerkkisimulaatio 1

- 1 maali, 1 suoja, 1 räjähdys
 - Paksuudet
 - Maali: 10 mm
 - Suoja: 4 mm
- Havaittiin projektoiden oikeellisuus
- Havaittiin neliöinnin toimivuus
- Suojarakenne pienensi tuhoutumistotennäköisyyttä
 - 28% → 20%

Skenaarion alkutilanne

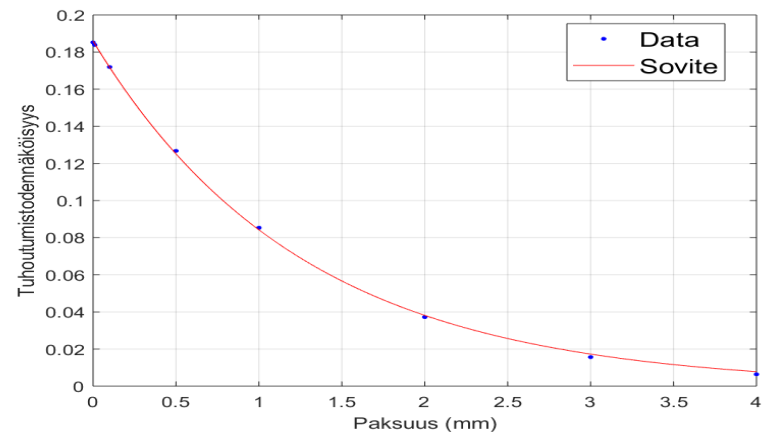
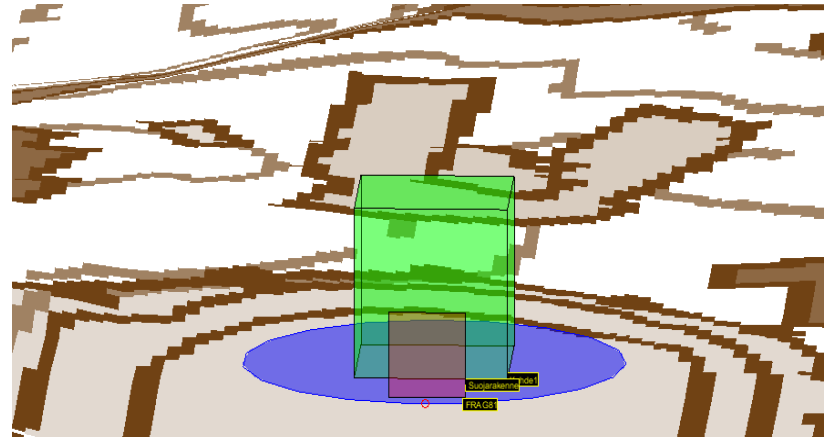


Neliöidyt projektiot



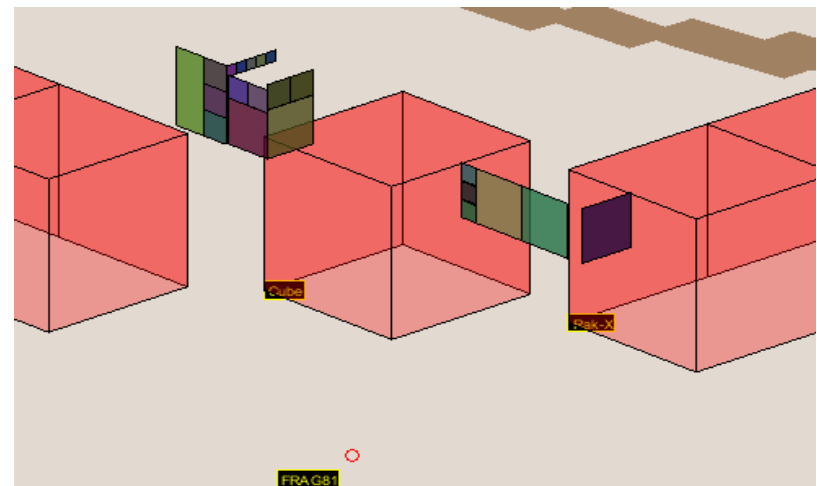
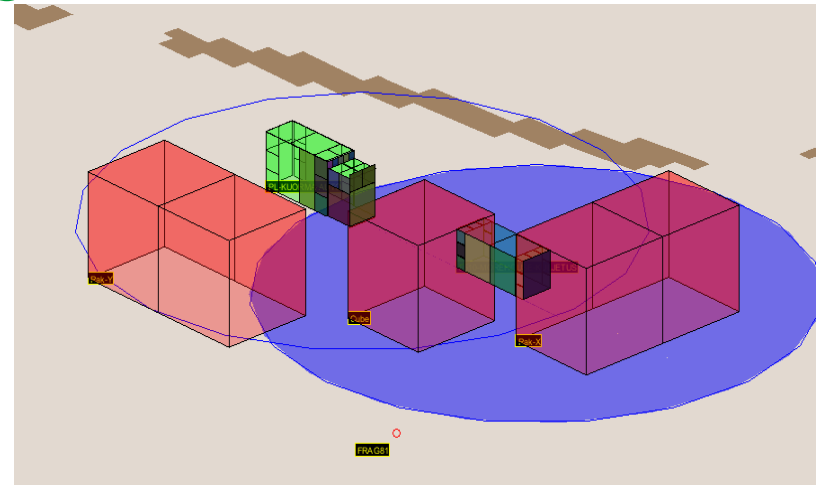
Esimerkkisimulaatio 2

- 1 maali, 1 suoja, 1 räjähdys
 - Paksuudet
 - Maali: 10 mm
 - Suoja: 0 – 4 mm
- Havaittiin, että suojarakenteen paksuuden kasvattaminen pienentää tuhoutumistodennäköisyyttä
 - Suhde vaikuttaa eksponentiaalisesti vähenevältä
- Tuhoutumistodennäköisyys dataan sovitettiin vähenevä eksponenttifunktio



Esimerkkisimulaatio 3

- 2 maalia, 3 suojaa, 1 räjähdys
 - Osoitettiin käyttökelpoisuus monimutkaisemmassa tilanteessa
- Havaittiin maalien sijoittelun merkitys



Yhteenveto ja johtopäätökset

- Laskentamalli toimii esimerkkisimulaatioissa odotetusti
 - Soveltuu jatkotutkimuksissa työkaluksi
- Laskentamalli huomioi paksuuden lisäyksen fysikaalisia vaimennuslakeja vastaavasti
 - vrt. Sähkömagneettinen säteily absorboivassa väliaineessa (Beer-Lambert laki)
 - Swinehart, D. F. (1962). The beer-lambert law. *Journal of chemical education*, 39(7), 333.
- Tulevaisuudessa voidaan tarkastella esimerkiksi erilaisia suunnittelutehtäviä:
 - Suojarakenteiden sijoittelu maalien suhteen
 - Maalien sijoittelu rakenteiden suhteen
 - Käänteinen tarkastelu: Mihin asevaikutus tulee kohdentaa, kun tunnetaan maalien ja suojarakenteiden sijainnit

Tietolähteet ja aineistot

- Borén, A., Mikkola, P., Kangasniemi, I., Lappi, E., Reijonen, P., Solanti, J., Åkesson, B. M. 2015. Team 5: Protection of High-Value Targets from Indirect Fire Using Temporary Constructions, Scythe: Proceedings and Bulletin of the International Data Farming Community, Issue 17, Workshop 29, pp. 22-26
- Lappi, E. 2012. Computational methods for tactical simulations. Väitöskirja. Maanpuolustuskorkeakoulu. Taktiikan laitos. Helsinki.
- Åkesson, B. M., Lappi E., Pettersson, V. H., Malmi, E., Syrjänen, S., Vulli, M., Stenius, K. Validating indirect fire models with field experiments, Journal of Defence Modeling and Simulation, 10(4), October 2013, pp. 425-434.
- Kleemola, O. 2016. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen vuosikirja 2016. Puolustusvoimien tutkimuslaitos. Ylöjärvi. pp. 44-45.