



Aalto-yliopisto  
Perustieteiden  
korkeakoulu

# Luodin massajakauman optimointi

*Janne Lahti*

*07.06.2017*

Ohjaaja: *DI Mikko Harju*

Valvoja: *prof. Kai Virtanen*

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

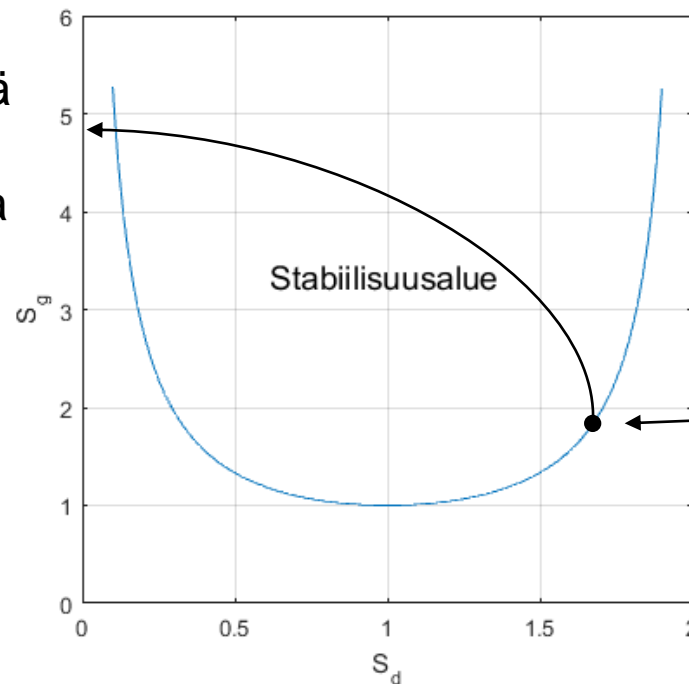
# Tausta 1/2

- Luoti pyörii lennon aikana, mikä pitää sen stabiilina
- Luodin pysyminen stabiilina johtaa pidempään kantamaan ja vakaampaan lentorataan
- Nopeus ja pyörimisnopeus hidastuvat lennon aikana – vaikuttavat stabiilisuuteen ja siten myös lentorataan

# Tausta 2/2

- Gyroskooppinen ja dynaaminen stabiilisuus

Lennon edetessä  
luoti poistuu  
stabiililta alueelta



Annetut

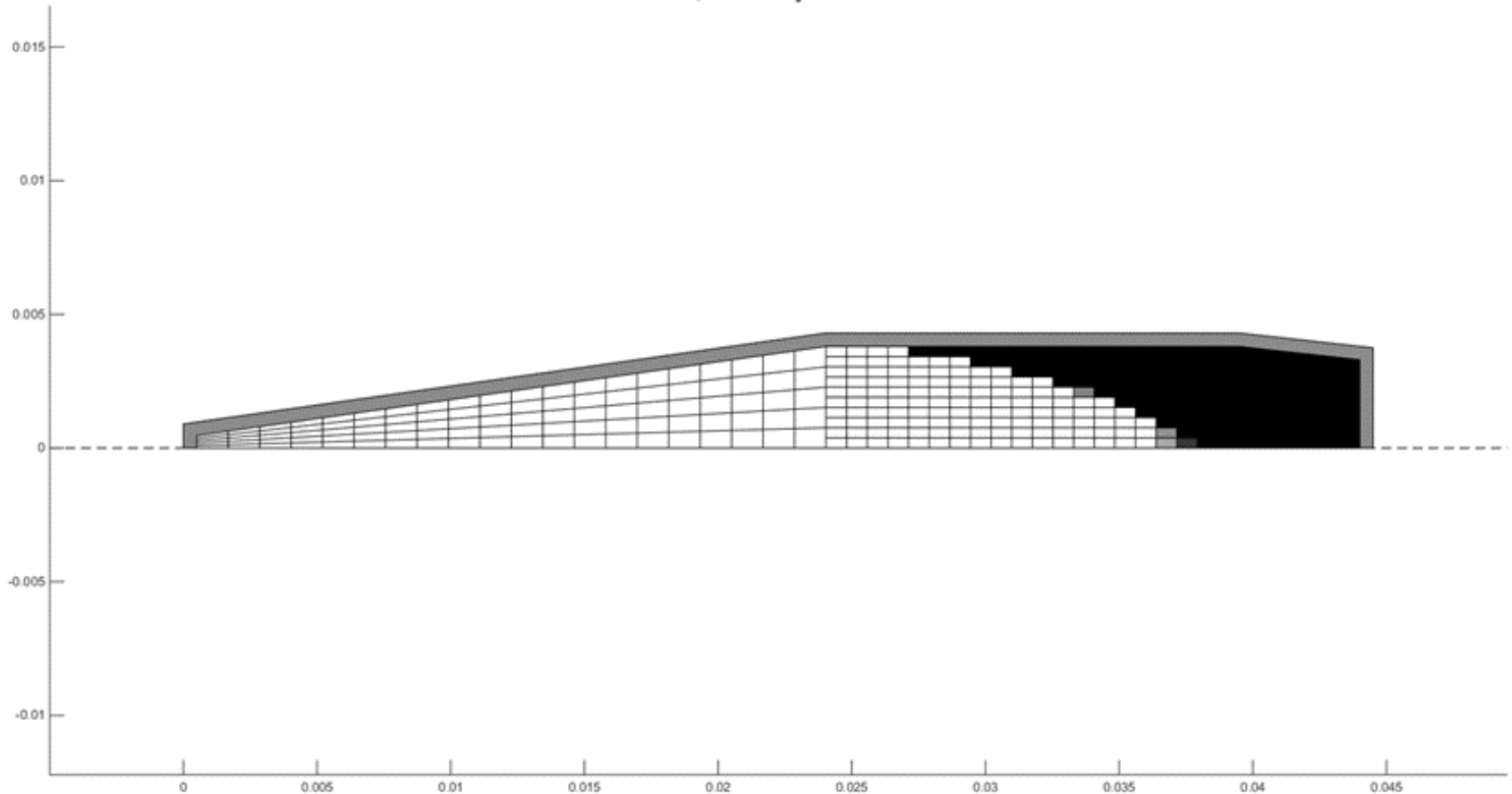
- Lähtönopeus
- Pyörimisnopeus
- Muoto
- Massajakauma

# Luodin massajakauma 1/2

- Vaikuttaa kokonaismassaan, keskipisteeseen ja hitausmomentteihin – siten myös stabiilisuuteen ja lentorataan
- Symmetrinen pyörimisakselin suhteen
- Mallinnetaan jakamalla luoti satoihin pieniin ruutuihin, joilla jokaisella oma massatiheys
- Eri materiaaleilla erilaiset tiheydet

# Luodin massajakauma 2/2

$$S_d = -0.10386, S_y = 15.4275$$



# Tavoite

- Miten luodin massan tulisi olla jakautunut, jotta saavutetaan haluttuja ominaisuuksia:
  - Luoti pysyy mahdollisimman pitkään stabiilina – pitkä kantama
  - Luoti muuttuu halutulla/sopivalla hetkellä epästabiiliksi – ei lennä liian pitkälle
  - Luodilla halutut arvot dynaamiselle ja gyroskooppiselle stabiilisuudelle

# Menetelmät

- Epälineaarinen optimointitehtävä
- Päätösmuuttujat kunkin ruudun massatiheys – satoja muuttujia
- Rajoitteita:
  - Luodin kokonaismassa
  - Tiheyden ylä- ja alarajat
    - Vastaavat realistisia materiaaleja
  - Stabiilisuus
- Kohdefunktio perustuu suureisiin  $S_d$  ja  $S_g$ , mutta määräytyy haluttujen ominaisuuksien mukaan

# Työkalut

- Optimointitehtävä ratkaistaan MATLABilla fmincon-funktiota käyttäen
- Hyödynnetään aerodynamiikka-asiantuntija TkT Timo Sailerannan tietotaitoa
- Lennon hidastumista tarkastellaan olemassa olevalla simulointityökalulla



# Tietolähteitä

- McCoy, R. *Modern exterior ballistics, the launch and flight dynamics of symmetric projectiles*. Schiffer Publishing, 1999
- Sailaranta, T. *Studies on Unmanned Atmospheric Flight*. Väitöskirja. Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu, Konetekniikan laitos. 2016
- Gkritzapis, Dimitrios N. et al. Computational atmospheric trajectory simulation analysis of spin-stabilized projectiles and small bullets. *Int. J. Computing Science and Mathematics*, 2008. Vol. 2:1-2. S. 53-72.

# Aikataulu

- Aloitus 1.6.2017
- Aiheen esittely 7.6.2017
- Optimointitehtävän implementointi MATLABilla 6/2017
- Optimointitehtävien formuloinnit ja ratkaisut 7/2017
- Kandidaatintyön kirjoittaminen 6-8/2017
- Työn esittely syksyllä 2017
  
- Työn tuloksia tarkoitus hyödyntää tieteellisessä julkaisussa tulevaisuudessa