



Kranaatinheitinjärjestelmän suorasuuntaustähtäimen kohdistustyökalun suunnittelu

Arto Kuivaniemi

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Auto- ja kuljetustekniikka
Työkonetekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma
Työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto

KUIVANIEMI, ARTO: Kranaatinheitinjärjestelmän suorasuuntaustähtäimen kohdistustyökalan suunnittelu

Opinnäytetyö 22 s.
Toukokuu 2011

Tämä opinnäytetyö on tehty tilaajan tarpeesta kehittää kohdistusmenetelmä liikkuviin alustoihin integroitujen kranaatinheitinjärjestelmien suora-ammuntatähtäimille. Kranaatinheitimiä käytetään epäsuoran tulen ampumiseen vihollisen jalkaväen tuhoamiseksi. Suora-ammuntaa käytetään vain itsepuolustustilanteissa.

Työn tilaajalla on kehitteillä kohdistusmenetelmä ja tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää vaihtoehtoisia tapoja kohdistamiselle. Työssä edettiin tutustumalla yleisesti kranaatinheitimiin ja niiden käyttöön ja tämän jälkeen työn tilaajan tuotteeseen. Työssä tehty tuotteen suunnittelu toteutettiin tuotekehitysprosessin mukaisesti. Työ keskittyi sotilasteollisuuteen, joten työ on tuloksiltaan ja työn tilaajan tuotteen osalta luottamuksellinen.

Työssä ideoitiin viisi eri vaihtoehtoa kohdistamisen suorittamiseksi. Näistä yksi ratkaisu valittiin jatkokehitettäväksi. Työn tuloksena päädyttiin suuntausmenetelmään, joka perustuu optiseen laitteeseen, kollimaattoriin. Kollimaattorin avulla tähtäysjärjestelmä pystytään kohdistamaan kaikissa olosuhteissa. Työn tuloksena kehitettiin kaksi vaihtoehtoa kollimaattorin kiinnittämiseksi asejärjestelmään. Toinen perustuu kitkan avulla tukemiseen ja toinen tukemiseen olemassa oleviin rakenteisiin. Suunnittelun pääpaino oli rakenteen yksinkertaisuudessa ja kestävyudessa. Ratkaisuille tuotettiin CAD-mallit ja alustavat lujusanalyysit.

Työn tuloksena on mallinnettu rakenteet, mutta rakenteita tulee jatkokehittää edelleen. Rakenteen optimoinnilla pystytään säästämään huomattavasti painoa. Suurin painoa kasvattava tekijä on kollimaattorin linssi, jonka massa ei voida vaikuttaa sen optisten ominaisuuksien vuoksi. Rakenteen optimoinnilla materiaalivahvuuksia voidaan tarkentaa ja poistaa materiaalia alueilta, jotka eivät heikennä kohdistuslaitteen lujutta. Tämä on opinnäytetyön julkinen versio. Opinnäytetyöhön liittyy luottamuksellista lisäaineistoa, jota ei ole esitetty opinnäytetyön julkisessa versiossa.

Asiasanat: Kranaatinheitin, kohdistaminen, kollimaattori.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Automotive Engineering
Option of Working Machine Engineering

KUIVANIEMI, ARTO: Designing of Grenade Thrower Direct Fire Sight System
Aiming Tool

Bachelor's thesis 22 pages
May 2011

The purpose of this thesis is to develop an aiming method for integrated grenade thrower systems. The development is focused to direct fire sight system. Direct fire is used for self defense purposes in enemy contact.

Thesis orderer has been developing a new method to aim direct fire sight system and the meaning of this thesis is to find alternative ways for aiming. The beginning of this thesis familiarizes reader with grenade throwers and after that thesis concentrates on the product in question. The thesis has proceeded in way of research and development process. This thesis has confidential parts.

There are many ways to perform aiming. In this thesis, five different ways for aiming were ideated. The best way of aiming has then been chosen for further study. The selected structure is based on optical device called collimator. Two different ways for fastening the collimator to grenade thrower were illustrated. First fastening opinion is based on friction and the other one is based on supporting the structure to main product with screw.

One result of this thesis is 3D-models of the selected structure but, the structure should be developed further. With the product optimization, there is possible to reduce weight without reducing the structure strength. This is a public version of thesis. The thesis includes confidential information that is not offered in this public version.

Keywords: Grenade thrower, aiming, collimator

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT.....	3
SISÄLLYS.....	4
1. JOHDANTO.....	5
2. KRANAATINHEITTIMET SOTILASKÄYTÖSSÄ.....	6
2.2 Suora-ammunta.....	8
3. KRANAATINHEITTIMEN KOHDISTAMINEN.....	10
3.1 Suora-ammuntatähtäimen kohdistaminen.....	10
3.1.1 Kohdistaminen etäiseen maaliin.....	11
3.1.2 Kohdistaminen lähietäisyydellä.....	13
3.1.3 Keskilinjojen kohdistaminen yhdensuuntaiseksi.....	17
3.1.4 Muita kohdistamismenetelmiä ja apuvälineitä.....	18
4. TYÖN ETENEMINEN.....	20
5. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	21
LÄHTEET.....	22

1. JOHDANTO

Kranaatinheitinheittämiä käytetään sotilastarkoituksissa pääasiassa epäsuoran tulen ammuntaan oman jalkaväen tukemiseksi ja näkymättömissä olevien maalien eliminoimiseksi. Ammunta tapahtuu tulenjohtoyksikön antamien ohjeiden ja koordinaattien mukaan. Tilanteessa, jossa epäsuoran tulen ammutyksikkö joutuu viholliskosketukseen ja vihollinen on esteettömästi näköetäisyydellä, on yksikön tukeuduttava suora–ammuntaan itsepuolustukseksi.

Tämän opinnäytetyön tehtävänä on löytää ratkaisu laivastossa käytettävien kranaatinheitinjärjestelmien suora–ammuntatähtäinten kohdistamiseen vallitsevissa olosuhteissa. Laivastokäytössä maavoimille suunniteltu kohdistamismenetelmä, jossa ajoneuvo on stabiililla alustalla, ei onnistu. Tavoitteena on tuottaa sellainen ratkaisu, joka palvelee sotilaskäyttöä, ollen käytettävyydeltään yksinkertainen ja rakenteeltaan kestävä. Suunnittelun lähtökohtana käytetään maavoimille tuotettuja kohdistamisratkaisuja.

Opinnäytetyö toteutetaan viidessä vaiheessa, joista ensimmäisessä tutustutaan kranaatinheitinjärjestelmiin ja niiden käyttöön. Toisessa vaiheessa tutustutaan kyseisen yrityksen kranaatinheitinjärjestelmään, selvitetään suunnittelun lähtökohdat ja tehdään vaatimuslista. Kolmannessa vaiheessa tuotetaan ideoita mahdollisille kohdistamisvaihtoehdoille. Neljännessä vaiheessa tuotettuja vaihtoehtoja vertaillaan karkean arvostelun ja painoarvotaulukon avulla sekä valitaan sopivin vaihtoehto tarkemman suunnittelun lähtökohdaksi. Työn viimeisessä vaiheessa valittua rakenneratkaisua kehitellään edelleen jatkojalostamisen mahdollistamiseksi, valitaan valmistusmateriaali sekä toteutetaan alustavat lujuusanalyysit.

2. KRANAATINHEITTIMET SOTILASKÄYTÖSSÄ

Kranaatinheitinjärjestelmiä käytetään sotilaskäytössä usein oman jalkaväen tukena epäsuoran tulen ampumiseen vihollisen etulinjaan. Kranaatinheittimillä ampuminen tapahtuu yleisesti johdettuna toimintona tulenjohton antamien käskyjen mukaisesti. Sotilaallisessa toiminnassa yksittäisten taistelijoiden tai suurempien joukkojen toiminta perustuu esimiesten käskyihin, jotta toiminta olisi järjestelmällistä ja tavoitteen mukaista.

Sotilaskäytössä olevia kranaatinheitintyyppejä on lukuisia, mutta ne voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään: panssaroidut ajoneuvokranaatinheitimet ja kranaatinheitimet. Ajoneuvoryhmään kuuluu kranaatinheitimet, jotka on sijoitettu kiinteään yhteyteen ajoneuvon kanssa. Ajoneuvo voi olla joko pyörä- tai telialustainen. (Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas 2001, 215)

Kranaatinheittimille on ominaista teho ja suhteellisen suuri tulinopeus. Kranaatinheittimien teho perustuu niissä käytettäviin ampumatarvikkeisiin ja nopeaan tulitehtävän aloittamiseen, erityisesti ajoneuvokranaatinheitimissä käskystä tulitehtävän aloittamiseen kuluva aika on yleensä alle 30 sekuntia. Kranaatinheitimissä ampumatarvikkeina käytetään sirpale-, savu- ja valoammuksia, lisäksi panssarintorjuntaan käytetään ohjautuvia ammuksia. Sirpaleammuksien ulko-kuori on usein valettua pallografiittirautaa, joka räjähdyksestä aiheutuvasta paineesta johtuen sirpaloituu voimakkaasti. Sirpaleiden vaikutus ulottuu ammuksen räjähdyskohdasta muutamien kymmenien metrien etäisyydelle. (Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas 2001, 224)

2.1 Epäsuora–ammunta

Epäsuora–ammunta tarkoittaa ammuntaa, jossa haluttuun kohteeseen ammutaan kaarimaisella ammuksen lentoradalla. Ammus siis ammutaan jyrkässä kulmassa taivaalle ja se kääntyy lakipisteensä jälkeen kohti maata. Suomen puolustusvoimien käyttämät epäsuoran tulen menetelmät ovat lyhytkanta– sekä koordinaattimenetelmä. Lyhytkantamenetelmässä tulenjohtaja on sijoittuneena lähelle tuliyksikköä ja antaa maastoon perustuvan suuntausohjeet, jotka tuliyksikkö muuntaa ampuma–arvoiksi. Lyhytkantamenetelmää käytetään erityisesti kevyiden heitinjoukkueiden kanssa, nopeiden tuliasemien vaihtojen takia. Koordinaattimenetelmä perustuu nimensä mukaisesti tulenjohtajan antamiin koordinaattiarvoihin ampuma–arvojen määrittämiseksi. (Laakso 2011)

Koskettaessaan estettä ammus räjähtää sytyttimen toimesta. Sytyttimiä on erilaisia eri tarkoituksiin, kuten aika–, heräte– ja iskusytyttimiä. Mitä jyrkemmässä kulmassa ammus on maanpintaan nähden räjähtäessään, sitä suurempi ammuksen teho on, koska silloin sirpaleiden vaikutus ulottuu laajemmalle. Sirpaleiden ansiosta kranaatinheitin on erityisen tehokas jalkaväkeä vastaan taisteltaessa. (Yleinen ase– ja asejärjestelmäopas 2001, 59–68, 261)

Usein maali, johon ammutaan, ei näy tuliasemaan. Ammuksen korkean, kaarimaisen lentoradan takia vihollisen on helppo paikantaa kranaatinheittimen tuliasema, joten kranaatinheitinryhmän tulee kyetä nopeaan tuliaseman vaihtoon. Ajoneuvoratkaisuissa tuliaseman vaihtaminen on mahdollista jo ennen kuin ammus saapuu maaliinsa.

Kranaatinheittimien ampumaetäisyys vaihtelee sadoista metreistä noin yhdeksään kilometriin. Ampumaetäisyyteen vaikuttavat itse ammus, heitin ja ammuksen panostaminen. Kranaatinheittimen suuntaaminen tapahtuu tulenjohdon antamien koordinaattien mukaisesti tai ennalta määrättyjen tulitehtävien perusteella. Tulen käytöstä vastaa upseeri, jolla on käsitys taistelutilanteen kokonaisuudesta. (Vidfelt 2010)

2.2 Suora-ammunta

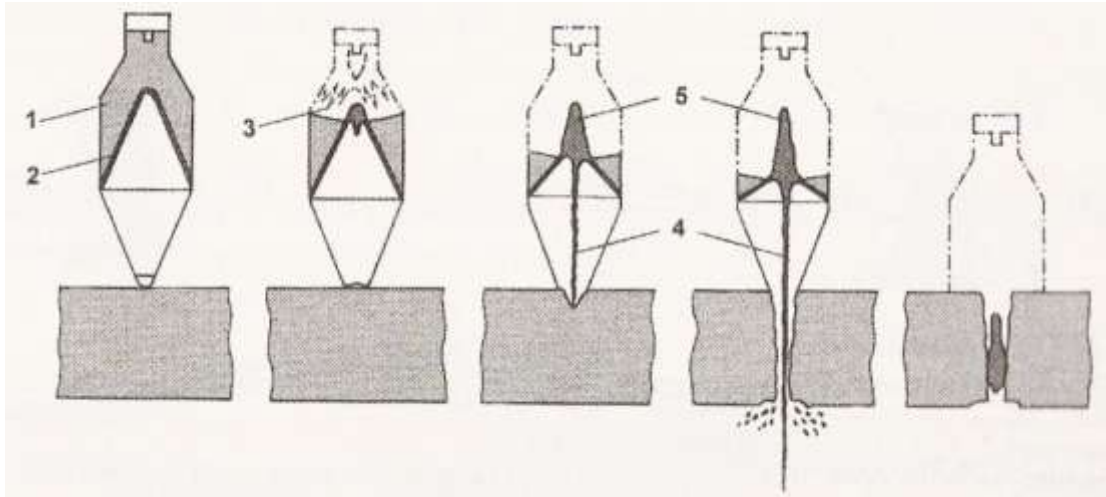
Suora-ammunta käsitteenä perinteisen kranaatinheittimien kohdalla on harhaanjohtava, sillä kranaatinheittimien suora-ammunnalla ei tarkoiteta ammuksen suoraa ampumista kohteeseen, kuten tapahtuu esimerkiksi konekiväärillä. Kranaatinheittimien suora-ammunnalla tarkoitetaan tilannetta, jossa vihollinen on päässyt näköetäisyydelle tulitehtävää suorittavasta yksiköstä ja yksikön johtaja suuntaa aseensa vihollista kohti ilma tulenjohton antamia käskyjä. Ampumatarvikkeen lentorata on edelleen kaarimainen, eli epäsuora.

Kiväärimäiseen suora-ammuntaan kranaatinheittimien kohdalla päästään ainoastaan sellaisilla asejärjestelmillä, joissa kranaatinheitintä ohjataan servotekniikan ja automaation avulla. Suora-ammuntaetäisyys on noin 1 km ja ampumisen edellytyksenä on esteetön näköyhteys kohteeseen. Ampumaetäisyyden maksimin määrittävät ampumatarvikkeen ballistiset ominaisuudet (Koho 2011).

Suora-ammuntatehtävät kranaatinheittimillä ovat harvinaisia ja tilanteita, joissa suora-ammuntaan joudutaan turvautumaan, pyritään välttämään viimeiseen asti. Eli turvauduttaessa kranaatinheittimen suora-ammuntaan, on usein kyseessä itsepuolustus viholliskontaktissa. (Laakso 2010)

Suora-ammunnassa ammuksen teho ei ole läheskään yhtä hyvä kuin epäsuorassa amunnassa. Ammuksen sirpaloitumiseen perustuva teho menetetään ammuttaessa suoraan kohteeseen, sillä ammuksen sirpaloituminen tapahtuu pystysuunnassa. Sen sijaan kranaatinheittimissä käytettävät panssaritorjunta-ammukset eivät menetä tehoaan suora-ammunnassa, sillä niiden teho ei perustu sirpaloitumiseen vaan panssarin läpäisyyn, kuten panssaritorjuntasingoilla. Panssarinläpäisy saavutetaan suunnatun räjähdysvaikutuksen avulla muotoilemalla ammuksen räjähdysainekappaleen puoleinen sivu ontelon malliseksi. Ontelon ansiosta räjähdysaineen räjähtäminen johtaa ontelometallin muovautumiseen, joka muodostaa pituusakselin suuntaisen panssariteräksen läpäise-

vän metallisuihkun. Kuvassa 1 on esitetty ontelokranaatin toimintaperiaate. (Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas 2001, 261, 337)



Kuva 1. Ontelokranaatin toimintaperiaate (Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas 2001, 337)

Kuvassa 1 numerolla 1 osoitetaan räjähdysainetta, numerolla 2 ontelon metallikartiota, numerolla 3 räjähdysrintaman etenemissuuntaa, numerolla 4 kärkisuihkua ja numerolla 5 jälkisuihkua. Sytyttimen osuessa pintaan, aiheuttaa sytytin räjähdysaineen syttymisen. Räjähdysaineen palorintama etenee pituussuuntaisesti aiheuttaen kartiometallin muovautumisen, mikä aiheuttaa pituussuuntaisen panssariteräksen läpäisevän metallisuihkun. Metallisuihkua seuraa jälkisuihku, joka etenee syntyneestä reiästä, aiheuttaen edelleen tuhoa panssaroidun ajoneuvon sisällä.

3. KRANAATINHEITTIMEN KOHDISTAMINEN

Perinteisillä kranaatinheittimillä ammuttaessa voidaan käyttää samaa tähtäimistöä sekä epäsuoraan että suoraan ammuntaan. Epäsuorassa ammunnassa kranaatinheitin suunnataan tulenjohdon antamien koordinaattien mukaan erilaisia suuntauslaitteita apuna käyttäen. Kranaatinheitintä kohdistettaessa tärkeää on ottaa huomioon aseiden vaakasuoruus, putken kallistuskulma eli koro ja aseiden sivusuunta.

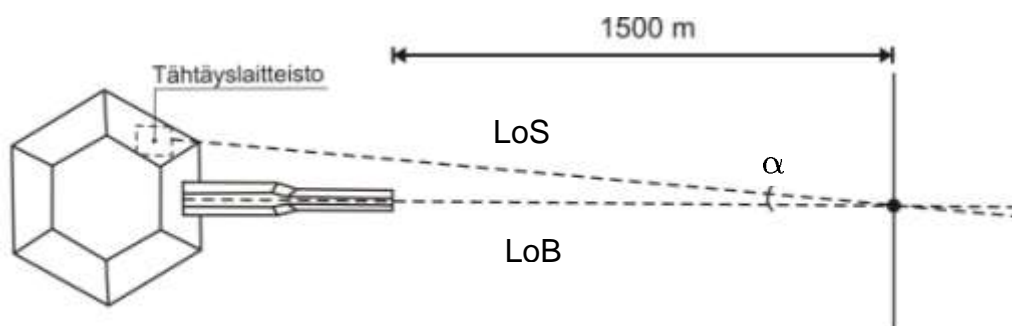
Nykyaikaisissa ajoneuvon integroidussa kranaatinheitinjärjestelmissä puhutaan ammunnanhallintajärjestelmistä aseiden suuntaamisessa epäsuoralla tulla ammuttaessa. Ammunnanhallintajärjestelmä on tietokonepohjainen automaattinen suuntausjärjestelmä. Ammunnanhallintajärjestelmä käyttää aseiden suuntaamisen apuna muun muassa ajoneuvon paikannusjärjestelmän ja ajoneuvon asennon tunnistavan järjestelmän tietoja. Näissä kranaatinheitinjärjestelmissä on omat tähtäyslaitteistonsa suoralle sekä epäsuoralle ammunnalle. (Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas 2001, 221)

3.1 Suora-ammuntatähtäimen kohdistaminen

Suora-ammuntatähtäimen kohdistamiseen on eri mahdollisuuksia. Lähtökohdana on, että maavoimissa käytettävien suora-ammuntajärjestelmien suora-ammuntatähtäimillä pystytään ampumaan tarkasti kilometrin päässä olevaan 2,3 m x 2,3 m kokoiseen maaliin. Merivoimilla vaadittu tarkkuus saavutetaan maalin koolla 4,6 m x 2,3 m. (Vidfelt 2010)

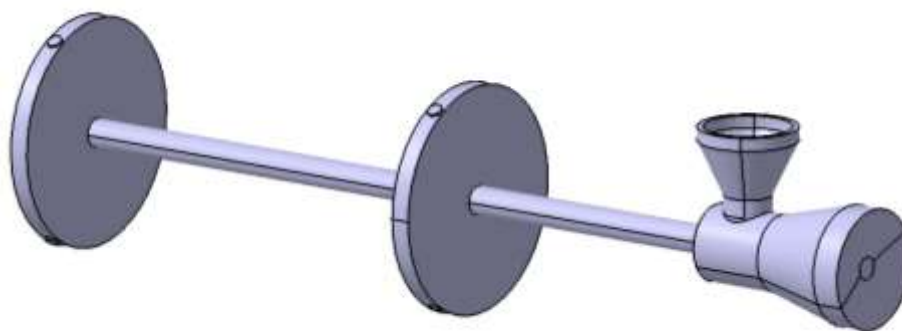
3.1.1 Kohdistaminen etäiseen maaliin

Suora-ammuntatähtäimien kohdistamisen perustana on saada kranaatinheittimen putken keskilinja (Line of Barrel, LoB) ja tähtäimien asettama tähtäyslinja (Line of Sight, LoS) yhdensuuntaisiksi. Usein toimitaan kuitenkin siten, että tähtäimien- ja putkenlinja asetetaan risteämään noin 1,5 km etäisyydellä aseesta (Laakso 2010). Keskilinjojen risteämisellä pystytään varmistamaan se, että keskilinjojen etäisyys lähestyy toisiaan tiettyyn pisteeseen asti, jonka jälkeen keskilinjat alkavat erkanemaan. Kuvassa 2 on esitetty havainnekuva keskilinjojen risteämisestä.



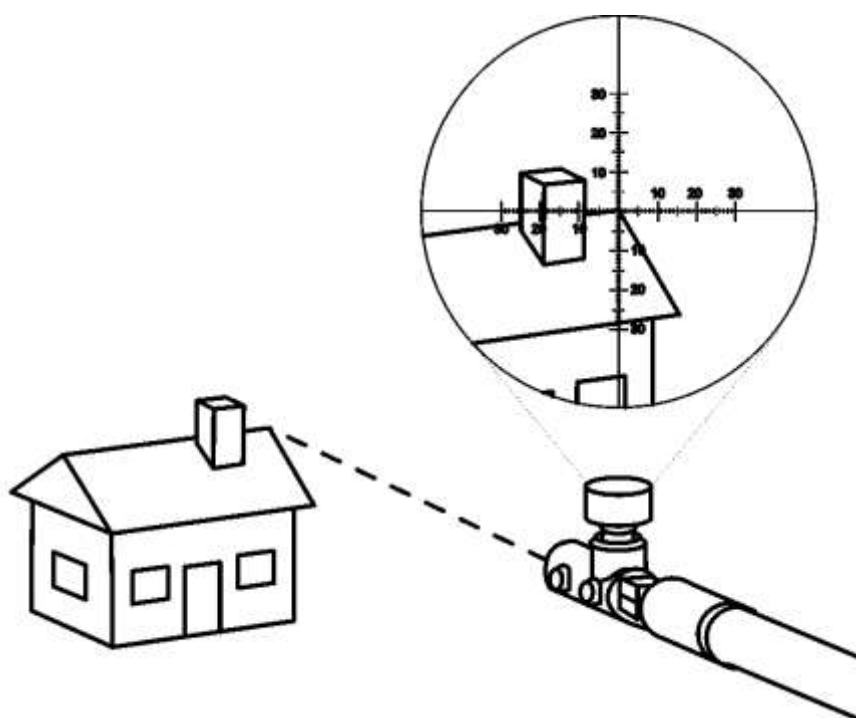
Kuva 2. Tähtäimen kohdistaminen etäiseen maaliin

Aseen putken keskilinja tarkastetaan usein putkikiikarilla, joka asetetaan aseeseen putkeen sisälle aseeseen päältä. Putkikiikarin päällä on optinen tähtäinlaite, jonka näkyvässä on kohdistuspisteen osoittava ristikko. Putkikiikarin kohdistus pystytään tarkistamaan kääntämällä putkikiikaria pituusakselinsa ympäri 90° ja katsomalla, että ristikon keskikohta osoittaa edelleen samaan pisteeseen.



Kuva 3. Putkikiikari

Kuvassa 3 on esitetty havainnekuva putkikiikarista. Kiikari asetetaan soviteholkin avulla aseeseen putkeen. Kiikari keskittyy putkeen siihen asetettujen sovitetappien ja jousikuormitteisen laakerikuulan avulla. Kiikariin tähystetään päällä olevasta tähystysaukosta. Tähystämisperiaate on esitetty kuvassa 4.

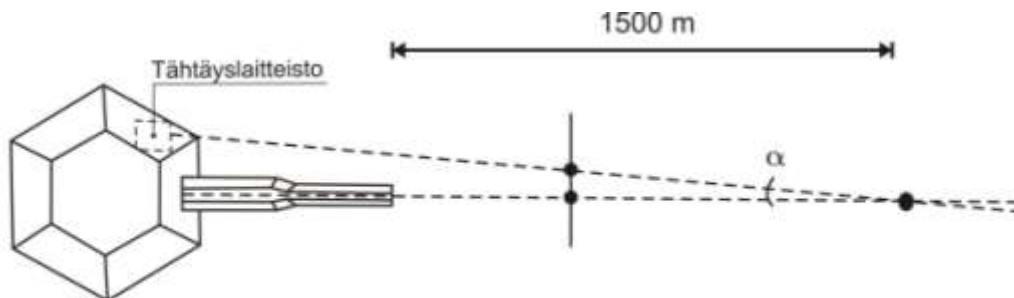


Kuva 4. Putkikiikarin näkymä (Laakso 2011)

3.1.2 Kohdistaminen lähietäisyydellä

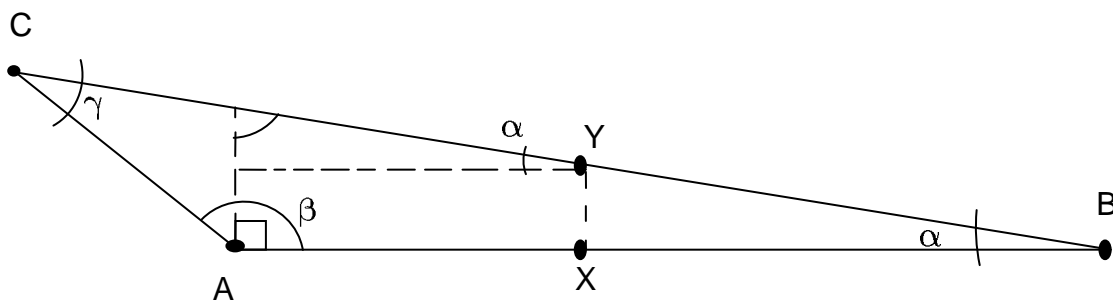
Kohdistaminen voidaan suorittaa myös erityiseen kohdistusmaaliin lyhyemmällä etäisyydellä, 10 – 20 m. Kohdistamisessa on tärkeää että maali, johon asetta ollaan kohdistamassa, on tarkoitettu juuri kyseiselle asejärjestelmälle. Erityisen tärkeää on, että maali ja ase ovat vaakasuunnassa eli pituusakselidensa suhteen yhdensuuntaiset. (Laakso 2010)

Maali asetetaan tietylle etäisyydelle, jolle maali on tarkoitettu käytettäväksi. Kohdistamisen tarkoituksena on sama kuin etäiseen maaliin kohdistamisessa, saada keskilinjat risteämään tietyllä etäisyydellä. Maali on rakennettu siten, että risteämiskohta on 1 – 1,5 km sisällä. Tällä risteämisetäisyydellä päästään riittävään tarkkuuteen. Kuvaan 5 on esitetty havainnekuva tähtäimen kohdistamisesta kohdistusmaaliin.



Kuva 5. Tähtäimen kohdistaminen kohdistusmaaliin

Kuvassa 5 ylempi viiva esittää tähtäimen keskilinjaa eli tähtäyslinjaa ja alempi esittää aseputken keskilinjaa. Kuvan mittasuhteet eivät ole missään määrin todennukaisia. Todellisuudessa keskilinjojen välinen kulma α on vain asteen sadasosa, mikä on osoitettu seuraavassa laskuesimerkissä.

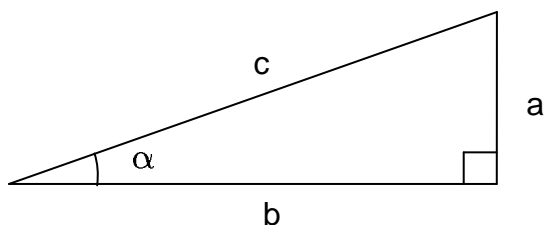


Kuva 6. Esimerkkilaskun geometrinen kuva

Kuvan 6 pisteessä A on putken keskilinjan alkupiste putken suulla, pisteessä B keskilinjojen risteämiskohta, pisteessä C oletetaan olevan tähtäimen alkupiste ja pisteessä X haluttu kohdistusmaalin paikka ja jana XY osoittaa kohdistuspisteiden etäisyyttä toisistaan.

Halutaan, että keskilinjojen risteämiskohta on 1500 m etäisyydellä putken suulta, joten janan AB pituus on silloin 1500 m. Oletetaan, että asejärjestelmän valmistaja on ilmoittanut putken suun ja tähtäimen alkupisteen väliseksi etäisyydeksi AC 1,5 m. Lisäksi valmistajan tiedoista saadaan putken keskilinjan ja tähtäimen alkupisteen välinen kulma $\beta = 175^\circ$.

Laskutoimituksessa käytetään suorakulmaisen kolmion laskukaavoja, kosini- ja sinilauseetta sekä tunnettua kolmion kulmien summaa.



Kuva 7. Suorakulmainen kolmio

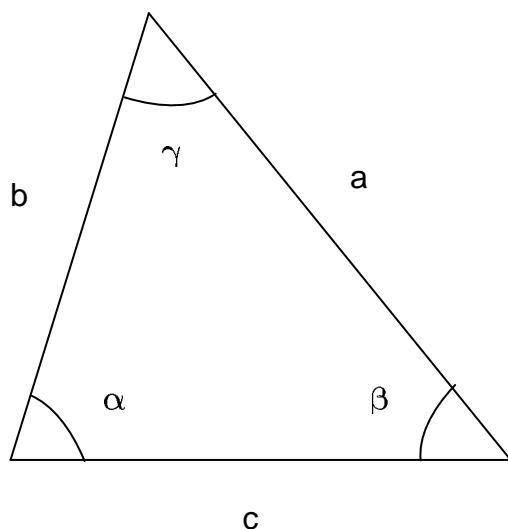
Kuvan 7 suorakulmaisen kolmion avulla voidaan havainnollistaa trigonometrian peruskaavat (Mäkelä, Soininen, Tuomola & Öistämö 2005, 12):

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad (1)$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} \quad (2)$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} \quad (3)$$

$$\text{Pythagoraan lause: } a^2 + b^2 = c^2 \quad (4)$$



Kuva 8. Yleinen kolmio

Kuvan 8 yleisen kolmion avulla voidaan kirjoittaa sini- ja kosinilause ja todeta kolmion kulmien summa (Mäkelä ym. 2005, 18):

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ \quad (5)$$

$$\text{kosinilause: } c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma \quad (6)$$

$$\text{sinilause: } \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \quad (7)$$

Edellä mainittujen kaavojen avulla pystytään määrittämään kuvassa 5 olevat tuntemattomat komponentit. Merkitään: jana AC = a, jana AB = b ja jana BC = c.

Kaavan 6 mukaan voidaan laskea tähtäimen etäisyys c maalista edellä kerrotuin arvoihin:

$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta$, josta lukuarvoihin saadaan ratkaistua etäisyys c:

$$c = \sqrt{1,5^2 + 1500^2 - 2 \cdot 1,5 \cdot 1500 \cdot \cos(175^\circ)} \text{ m} = 1501,49 \text{ m}$$

Kaavan 7 avulla voidaan laskea myös keskilinjoiden välinen kulma α :

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{c}{\sin \beta} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{\sin \beta}{c} \cdot a\right)$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{\sin 175^\circ}{1501,49 \text{ m}} \cdot 1,5 \text{ m}\right) = 0,005^\circ$$

Edelleen saatujen arvojen ja kaavan 3 avulla voidaan määrittää kohdistuspisteiden etäisyys XY kun tiedetään, mille etäisyydelle maali asetetaan. Oletetaan, että maali asetetaan 30 m etäisyydelle piipun suusta. Tällöin janan XB pituus on 1470 m ja janan XY pituus saadaan laskemalla seuraavasti:

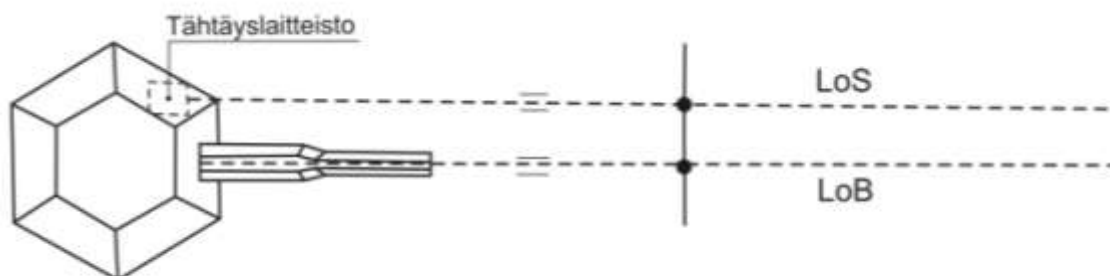
$$\tan \alpha = \frac{XY}{XB} \Rightarrow XY = \tan \alpha \cdot XB$$

$$XY = \tan 0,005^\circ \cdot 1470\text{m} = 0,128\text{m}$$

Edellä suoritettujen laskutoimitusten perusteella pystytään määrittämään keskilinjojen välinen kulma α ja halutun kohdistusmaalin kohdistuspisteiden välinen etäisyys XY . Esimerkkilaskussa laskettuun keskilinjojen väliseen kulmaan α vaikuttaa voimakkaasti putken keskilinja ja tähtäimen alkupisteen välinen kulma β sekä putken keskilinjan ja tähtäimen alkupisteen välinen etäisyys.

3.1.3 Keskilinjojen kohdistaminen yhdensuuntaisiksi

Aseen kohdistaminen voidaan toteuttaa myös suuntaamalla aseeseen ja tähtäimen keskilinjat yhdensuuntaisiksi. Yhdensuuntaistaminen on mahdollista, mikäli aseeseen tähtäimen ja putkilinjan välinen kanta on riittävän lyhyt, jonka ei katsota aiheuttavan epätarkkuutta suuntaamisessa. Yhdensuuntaistaminen tapahtuu muuten samoin kuten kohdistusmaaliin kohdistaminen, mutta nyt maalin kohdistuspisteiden etäisyys on sama kuin putkilinjan ja tähtäimen keskilinjan välinen kannan pituus. Kuvassa 9 on esitetty havainnekuva keskilinjojen yhdensuuntaistamisesta.



Kuva 9. Keskilinjojen yhdensuuntaistaminen

Yhdensuuntaistamisen onnistumisen voi tarkistaa kohdistusmaalin etäisyyttä siirtämällä. Etäisyydestä riippumatta tulee tähtäimen osoittaa edelleen kohdistuspisteeseen.

3.1.4 Muita kohdistamismenetelmiä ja apuvälineitä

Ase voidaan kohdistaa myös muita menetelmiä käyttämällä, kuin yllä mainitut kranaatinheittimien kohdistamismenetelmät. Aseen kohdistamiseen voidaan käyttää kohdistamislaukauksia. Kohdistamislaukaukset ammutaan usein 3 – 5 laukauksen sarjoina tietyllä etäisyydellä olevaan maalitauluun. Laukausten jälkeen mennään maalitaululta katsomaan, ovatko laukaukset osuneet haluttuun kohtaan ja tehdään tarvittavat tähtäinsäädöt. Kohdistuslaukaukset kohdistamismenetelmänä sopivat erityisesti pienemmille aseille, kuten käsiaseille. Suurikaliberisia (yli 100 mm) järjestelmiä kohdistettaessa ei ole järkevää käyttää kohdistuslaukausmenetelmää ammusten korkean hinnan vuoksi.

Kohdistamiseen voidaan käyttää työkalua nimeltä kollimaattori. Kollimaattori on optinen laite, joka asetetaan soviteholkilla aseeseen piippuun. Aseen tähtäimillä katsotaan kollimaattorin läpi. Kollimaattorin sisällä on tähtäysristikko, joka asetetaan kollimaattoria kiertämällä yhdensuuntaiseksi aseeseen tähtäimien kanssa. Aseen tähtäimien ristikko säädetään siten, että se on kollimaattorin ristikon kanssa päällekkäin. Kollimaattorin näkymässä voi olla asteikko, jonka mukaan ase voidaan kohdistaa kokemukseräisesti tarkemmin. Usein kollimaattoria käytettäessä joudutaan ampumaan kohdistuslaukaukset aseeseen suuntaamisen onnistumisen toteamiseksi. Kuvassa 10 on esitetty käsiaseelle tai kiväärille tarkoitettu kollimaattori.



Kuva 10. Kollimaattori

Kollimaattoriksi kutsutaan myös laitetta, jolla pystytään aiheuttamaan optinen harha esineen etäisyydestä. Eli asetettaessa aseelle kohdistusmaali, joka on aseeseen piipusta esimerkiksi 5 metrin etäisyydellä ja katsotaan aseeseen tähtäimistä edelleen kollimaattorin läpi, näyttää maali olevan todellisuutta kauempana. Kollimaattori taittaa siis valonsäteitä. (Koho 2011)

Aseen kohdistamisen apuvälineenä voidaan käyttää myös lasersädettä. Lasersäteen avulla pystytään osoittamaan kohdistuspiste maaliin. Lasersäteen heijastamiseen on olemassa erilaisia välineitä, kuten laserkollimaattori ja erityiset laserluodit, jotka asetetaan aseeseen patruunapesään.

4. TYÖN ETENEMINEN

Työssä on edetty tuotekehitysprosessin mukaisesti. Tästä eteenpäin työssä on tutustuttu työn tilaajan tuotteeseen ja sen toimintaa. Tämän jälkeen on luonnosteltu 5 mahdollisia vaihtoehtoja kranaatinheittimen suorasuuntaustähtäimen kohdistamiselle. Mahdollisia vaihtoehtoja arvioidaan karkean arvioinnin ja painoarvotaulukon avulla. Paras mahdollinen ratkaisu on otettu lisätutkimuksen kohteeksi. Mahdollisen tuotteen rakennetta on alettu suunnittelemaan päätuotteen asettamien rajoitteiden ja työn tilaajan antamien tietojen perusteella. Tuotteelle on tehty materiaalivalinnat ja rakenteista on tuotettu 3D-mallit ja alustavat lujuusanalyysit mekaniikkasuunnitteluohjelmistolla. Seuraavassa on tämän opinnäytetyön pohdinta ja johtopäätökset, joka on sama sekä työn luottamuksellisessa että julkisessa versiossa.

5. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuotekehitysprojekti onnistui hyvin ja työn tilaajan asettamat toivomukset täyttyivät. Työssä päädyttiin suuntausmenetelmään, joka perustuu optiseen laitteeseen nimeltä kollimaattori. Työssä suunniteltiin ja mallinnettiin kaksi mahdollista rakenneratkaisua kollimaattorin tukemiseksi. Rakenteet ovat rakenteellisilta mitoituksiltaan turhan järeät, minkä lujuuslaskelmien perusteella voi todeta. Kollimaattorin linssin massaa voidaan kasvattaa lineaarisesti rakenteen rajavarmuusluvun kertaiseksi, jotta myötölujuus saavutetaan.

Työn tuloksena suunniteltu kitkaan perustuva tukiratkaisu on erittäin hyvä, sillä se täyttää hyvin toimeksiantajan vaatimukset. Se ei aiheuta vahinkoa päätuotteelle, on helppo käyttää ja voidaan käyttää useissa sovellutuksissa. Ruuvituentaan perustuva vaihtoehto ei myöskään aiheuta päätuotteelle vahinkoa, mikäli tuenta toteutetaan kranaatinheittimen lämpösuojaan kulmapisteeseen. Suojarakenteelle tehtyjen FEM-laskelmien perusteella se kestää annetut kuormat.

Käytettäessä linssin materiaalina sellaista materiaalia, joka läpäisee sekä lämpösäteilyn että näkyvän valon säteilyn kollimaattorin kokonaisuudessa kasvaa oletetusta 15 kilogrammasta. Mikäli kollimaattorin linssin materiaalina voidaan käyttää tavallista lasia tai muuta optista materiaalia, voi linssin massa taasen laskea puoleen lasketusta massasta. Kollimaattorin tukirakenteen optimoinnilla materiaalivahvuuksia voidaan tarkentaa ja poistaa materiaalia alueilta, jotka eivät heikennä kohdistuslaitteen lujuutta. Näin on mahdollista päästä oletettuun 15 kg:n painoon. Suoritettujen FEM-laskelmien perusteella on helppo aloittaa tukirakenteen optimointi. Laskelmista nähdään suoraan alueet, joilta materiaalia voidaan poistaa. Näin kannattaa tehdä ennen tuotteen valmistamista.

LÄHTEET

Koho, T. Diplomi insinööri. 2011. Keskustelu 4.2.2011.

Laakso, M. 2010. Insinööri 2010. Keskustelu 5.11.2010.

Laakso, M. 2011. Insinööri 2010. Keskustelu 7.3.2011.

Outinen, H., Salmi, T. & Vulli, P. 2007. Lujusopin perusteet. Tampere: Pressus Oy.

Vidfelt, J. Diplomi insinööri. 2010. Keskustelu 10.12.2010.

Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas. 2001. Vammala: Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus.