

AMPUMAMELUN MITTAAMINEN, LEVIÄMINEN JA ARVIOINTI

Timo Markula ja Tapio Lahti

Insinööritoimisto Akukon Oy
Kornetintie 4A, 00380 HELSINKI
timo.markula@akukon.fi, tapio.lahti@akukon.fi

1 JOHDANTO

Ampumamelu on hyvin impulsiivista ja voimakasta ja se eroaa monin tavoin muista ympäristömelulajeista. Erityisiä menetelmiä tarvitaan sekä ampumamelun mittauksessa, leviämisen mallinnuksessa että häiritsevyyden arvioinnissa. Meluselvityksen laadun kannalta oleellista on etenkin seuraavat seikat: melupäästöjen tarkka määrittäminen, laskentamallin mukaisten tulosten todentaminen mittauksilla ja sekä periaatteessa että käytännössä toimivien arviointisuureiden valinta.

Ampumamelusta voidaan erotella kolme eri melulähdettä: suupamaus, lentoääni ja iskemä. Näistä suupamaus ja iskemä ovat molemmat seurausta räjähdysaineen palamisen aiheuttamasta äkillisestä paineen noususta ja ne ovat melupäästöltään samaa suuruusluokkaa. Lentoäänellä viitataan useimmiten pelkästään ammuksen synnyttämään yliaänipamaukseen.

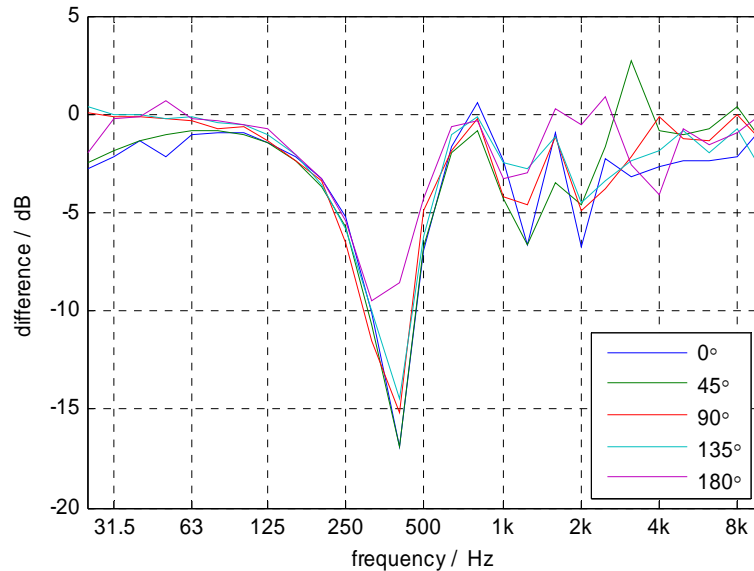
Ampumamelun arvioinnissa aseet jaetaan kevyisiin ja raskaisiin lähinnä melun taajuussisällön vuoksi. Kevyillä aseilla spektrihiippu on karkeasti 1 kHz ja raskailla aseilla 31,5 Hz taajuudella. Huippuäänitaso L_{peak} on kevyillä aseilla 150 dB noin 10 m etäisyydellä ja raskailla aseilla noin 100 m etäisyydellä.

2 ARVIOINTI

Suomessa kevyille aseille on määrätty ohjearvot Valtioneuvoston päätöksessä 553/1997 [1]. Päätöksessä arviointisuureeksi on valittu AI-painotettu enimmäisäänitaso $L_{AI,max}$. I-aikapainotus kuitenkin on tarkoitukseen huonosti sopiva sekä periaatteessa että käytännössä. Suurin periaatteellinen heikkous on 35 ms integrointi-aika, joka on kuulon äänekkyuden integrointi-aikaa (100-200 ms) selvästi lyhyempi. Toinen periaatteellinen heikkous on, että suure ei ota huomioon laukausmääriä vaan melutaso määräytyy yhden laukauksen perusteella. Lisäksi I-painotuksen on todettu toimivan väärin yhdessä taajuussuodatuksen kanssa [2].

Raskaille aseille ei ole lainsäädännössä asetettu ohjearvoja. Puolustusvoimat on tehnyt oman ohjeen [3] raskaiden aseiden ympäristömelun arvioinnista, jossa tarkasteltaviksi tasosuureiksi on valittu C-painotettu äänialtistustaso L_{CE} ja A-painotettu päiväajan keskiäänitaso L_{Aeq} , joista jälkimmäisessä otetaan huomioon myös laukausten lukumäärä. Raskaiden aseiden tarkastelusuurteet ovat nykytiedon mukaan tarkoitukseensa sopivat.

Keskiäänitasa tarkasteltaessa mitattuun tai laskettuun tasoon lisätään impulssikorjaus ennen suositusarvoon vertaamista. Impulssikorjauksella ampumamelun suurempi häiritsevyys saadaan vastaamaan tavallisen jatkuvan melun häiritsevyyttä. Raskaiden aseiden ohjeessa on esitetty arvoa +9 dB, mutta Ympäristöministeriön tuoreessa kirjallisuusselvityksessä [4] on esitetty tätäkin suurempia arvoja.



Kuva 1. ISO:n ja Nordtestin mittausten mukaisesti mitattujen rynnäkkökiväärin suupamausten tasoero terssikaistoittain. Negatiivinen lukema merkitsee suurempaa mittaustulosta Nordtestin menetelmällä ISO:n menetelmään verrattuna.

3 EMISSIONMITTAUKSET

Kevyiden aseiden emissiomittauksista on olemassa Nordtestin ja ISO:n kilpailevat menetelmät [5,6]. Molempien standardien mukaan mittaus tehdään viidessä pisteessä puoliympyrän kehällä 10 m etäisyydellä aseiden suusta. Näin saadaan melun päästötieto 45° välein. Merkittävien erojen menetelmien välillä on mittauskorkeus. ISO:n menetelmässä mikrofonit asetetaan 1,5 metrin korkeuteen, kun taas NT:n menetelmässä mahdollisimman lähelle maanpintaa.

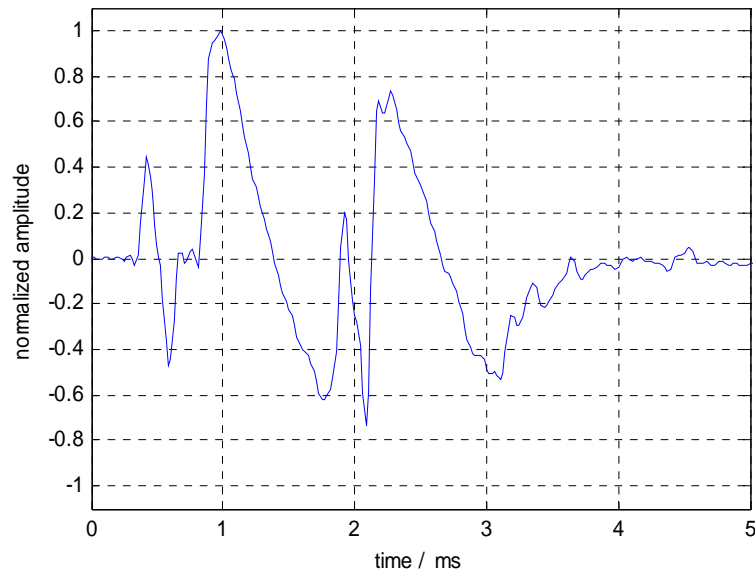
ISO:n menetelmän suurimpana ongelmana on hallitsematon maaheijastus, joka standardin mukaan pitää ikkunoida pois suorasta äänestä jälkikäteen. Heijastus kuitenkin saapuu mittauspisteeseen ainoastaan muutamia millisekunteja suoraa ääntä myöhemmin. Tämän vuoksi suoran äänen aikaikkuna jää liian lyhyeksi ja pienitaajuisista informaatiota häviää.[2]

Nordtestin menetelmässä vastaavaa ongelmaa ei ole. Maaheijastus saapuu riittävän yhtäaikaista suoran äänen kanssa, jotta mittaustuloksesta voidaan vähentää 6 dB vapaakenttäravon saavuttamiseksi. Mittaus pitää kuitenkin tehdä kovalla alustalla ja mikrofonien alla pitää olla lisäksi tasaiset levyt (esim. vaneri asfaltilla). Menetelmien eroa taajuusalueessa terssikaistoittain on esitetty kuvassa 1, kun maaheijastusta ei ole poistettu.

Nordtestin menetelmää ei ole käytännössä mahdollista skaalata suoraan raskaille aseille, joilla mittausetäisyys pitää kasvattaa noin 100 metriin suurten äänipaineiden vuoksi. Käytännössä ei ole mahdollista löytää tarpeeksi isoa, tasaista ja akustisesti kovaa alustaa, jossa koherentti maaheijastus esiintyisi mittauspisteessä koko tarkasteltavalla taajuusalueella. Tämän vuoksi mikrofoni onkin edullista nostaa mahdollisimman korkealle, jolloin maaheijastuksen osuus on mahdollisimman pieni ja helpoimmin laskettavissa. Maaheijastus on mahdollista laskea pois mittaustuloksesta (rajallisella tarkkuudella) esimerkiksi yleisten laskentamallien avulla.

Emissiomittauksissa on huomioitava myös yliaänenopeudella lentävän luodin tai kranaatin aiheuttama yliaänenpamaus. Yliaänenopeudella etenevän kappaleen aiheuttama shokkiaalto voidaan havaita vain tietyssä kulmassa (Mach-kulma) nopeudesta riippuen. Kuvassa 2 on esitetty ISO:n menetelmän mukaisesti mitattu kiväärin melun aaltomuoto, missä on mukana myös luo-

tiääni. Melun osatekijät aikajärjestyksessä ovat luotiääni, suupamaus ja niiden maaheijastukset vastaavassa järjestyksessä. Tärkeä huomio on, että luotiääni saattaa olla merkittävä myös joissain tapauksissa häiriintyvien kohteiden etäisyyksillä.



Kuva 2. Rynnäkkökiväärin 7.62 Rk 62 luotiäänen ja suupamauksen mittaustulos 10 m etäisyydellä ja 1,5 m korkeudella ampumasuuntaan nähden etuviistossa mitattuna. Ääni-impulssit aikajärjestyksessä ovat luotiäänen suora osuus, suupamauksen suora ääni, luotiäänen maaheijastus ja suupamauksen maaheijastus.

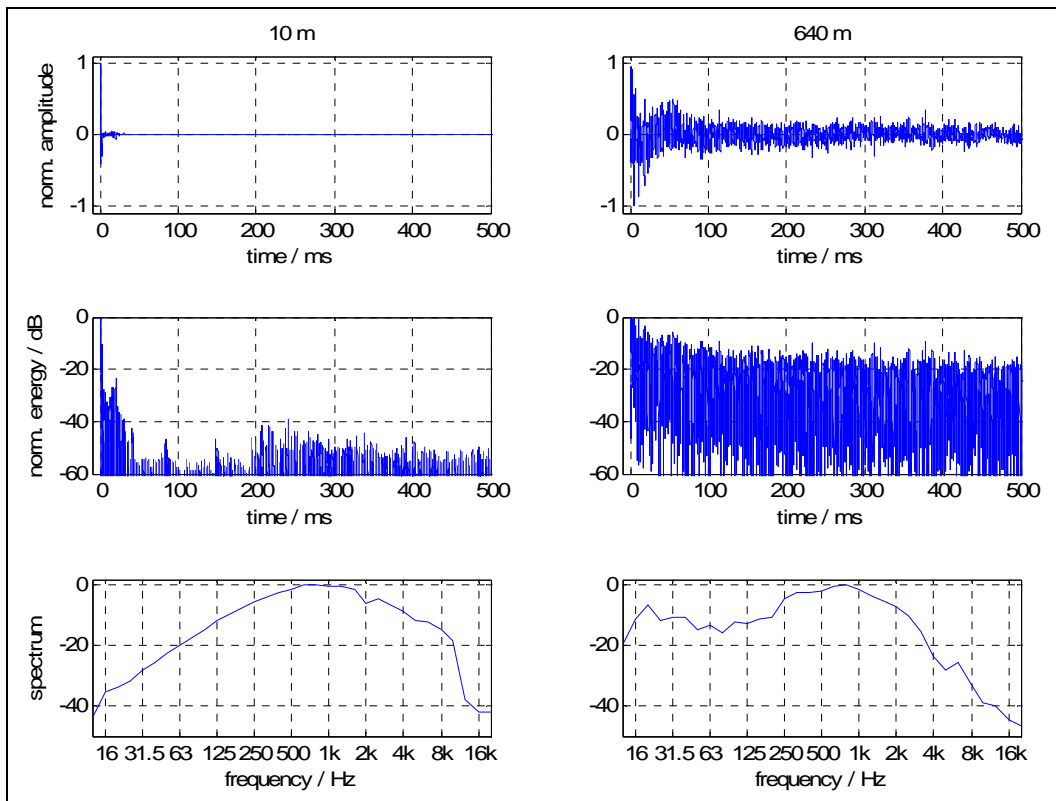
4 MELUN LEVIÄMINEN

Esimerkki aaltomuodoista ja spektreistä rynnäkkökiväärin suupamaukselle lähi- ja kaukoetäisyydellä on esitetty kuvassa 3. Yksi tärkeä havainto kuvista on äänienergian leviäminen siirron ja heijastuksien seurauksena aikatasossa. Ilmiö on havaittavissa lähes aina lähimpien häiriintyvien kohteiden etäisyyksillä. Kevyiden aseiden tapauksessa havainto tukee I-painotuksen huonoa soveltuvuutta myös käytännössä. Laskentamallit eivät osaa ottaa huomioon aikatason leviämislmiötä, vaan ne toimivat tältä osin virheellisesti I-aikapainotettua enimmäistasoa L_{AImax} laskettaessa. Laskentamallien toiminnan kannalta parempi tarkastelu olisi energiasuure äänialtistustaso L_{AE} tai siitä laskettava keskiäänitaso L_{Aeq} , joiden laskemiseen mallit ovat suunniteltu.

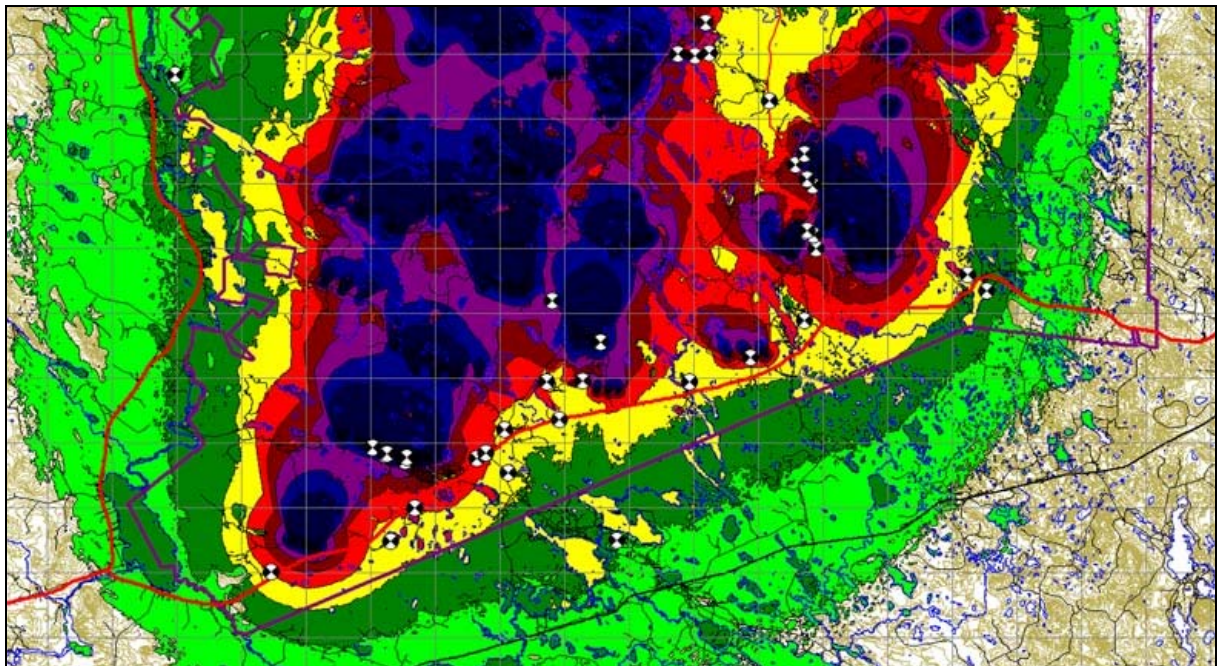
Raskailla aseilla hetkellinen äänipainetaso voi olla yli 150 dB vielä 100 m päässä aseesta. Äänen suuren hetkellisen voimakkuuden vuoksi se on kuultavissa huomattavasti tavallista melua pidemmällä etäisyyksillä. Esimerkiksi Rovajärven ampuma-alueella on mitattu 18 km päässä tuliasemasta L_{Cpeak} yli 100 dB (kuva 4). Melun leviämisen laskennassa käytetään kuitenkin tavallisia ympäristömelun laskentamalleja, jotka ovat suunniteltu alun perin enimmillään 1-2 km etäisyyksille. Pohjoismaisen laskentamallin [7] avulla on kuitenkin pystytty arvioimaan melutasoja huomattavasti pidemmälläkin etäisyyksillä kohtalaisella tarkkuudella.

Ympäristömeluselvityksissä laskettuja melutasoja tarkistetaan kaukomittauksilla. Karkeasti ilmaistuna voidaan sanoa, että äänen etenemisen kannalta suotuisalla säällä mitatessa päästään noin 5 dB tarkkuuteen mittaus- ja laskentatuloksien välillä. Epäsuotuisissa olosuhteissa mitat-

tuna tulos voi taas olla jopa 20-30 dB laskentatulosta pienempi. Laskentamallin rajoitusten lisäksi epätarkkuutta aiheuttaa joidenkin aseiden osalta puutteelliset emissiotiedot.



Kuva 3. Rynnäkökiväärin 7.62 Rk 62 melun mittaustulos 10 m ja 640 m etäisyydellä; aaltomuodon aikafunktiot (yläkuvat); energian aikafunktiot (keskikuvat); spektrit (alakuvat).



Kuva 4. Esimerkki keskiäänitason melukartasta Rovajärven ampuma-alueella Kemijärven länsipuolella. Pallot esittävät mittauspisteiden sijaintia. Ruutukoko kuvassa on 5 x 5 km.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kevyiden aseiden melupäästön määrittämiseksi toimiva menetelmä on olemassa ja Puolustusvoimien tärkeimpien aseiden melupäästöt ovat jo tällä tavalla määritetty. Menetelmää voidaan sellaisenaan soveltaa myös siviilikäytössä oleviin aseisiin. Raskaiden aseiden osalta käytännön olosuhteet asettavat rajoituksia eikä yhtä tarkkoihin tuloksiin ole mahdollista päästä kuin kevyillä aseilla. Raskaiden aseiden emissiot on kuitenkin pystytty kohtalaisella tarkkuudella määrittämään ympäristömeluselvitysten yhteydessä.

Kevyiden aseiden osalta tarkastelusuure L_{AImax} on monellakin tapaa huono ja siitä pitäisi luopua. Parempi tarkastelusuure olisi impulssikorjattu keskiäänitaso L_{Aeq} . Raskailla aseilla Puolustusvoimien käyttämät tarkastelusuureet ovat nykytiedon mukaan tarkoitukseensa sopivat.

LÄHTEET

1. Valtioneuvoston päätös 53/1997 *Ampumaratojen aiheuttaman melutason ohjearvoista*. Helsinki 1997.
2. MARKULA T, *Propagation, measurement and assessment of shooting noise*. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. Espoo 2007. 71 s.
3. JALONIEMI R, PÄÄKKÖNEN R, PARRI A, *Raskaiden aseiden ja räjähteiden aiheuttaman ympäristömelun arviointi*. Puolustusvoimien ohje. Hamina 2005. 47 s.
4. JOKITULPPO J, LAHTI T, MARKULA T, *Ampumamelun arviointi*. Ympäristöministeriö, Helsinki 2007. 64 s.
5. NT ACOU 099 *Shooting ranges: prediction of noise*. Nordtest method. 17 s.
6. ISO/FDIS 17201-1:2005 *Noise from shooting ranges – Part 1: Determination of muzzle blast by measurements*. International Organization for Standardization, 2005. 41 s.
7. KRAGH J, ANDERSEN B, JAKOBSEN J, *Environmental noise from industrial plants. General prediction method*. Danish Acoustical Laboratory. 1982. 89 s.