

STABILOINTIRAKENNE LIIKENNÄTÄRINÄN TORJUNTAKEINONA

Timo Huhtala¹, Mikael Ruuhonen², Mikko Kylliäinen¹

¹ A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Puutarhakatu 10
33210 TAMPERE
etunimi.sukunimi@ains.fi

² A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Bertel Jungin aukio 9
02600 ESPOO
etunimi.sukunimi@ains.fi

Tiivistelmä

Pääradan varteen raideliikenteen tärinän riskialueelle on suunniteltu uusi asuinalue. Osana maankäytön suunnittelua on määritetty kustannustehokkaita vaihtoehtoja alueen suojaamiseksi tärinältä. Suunnittelun lopputuloksena on maaperään toteutettu stabilointirakenne, jolla vaimennetaan pehmeiden maakerrosten välityksellä rata-alueelta rakennuksiin kulkeutuvaa tärinää. Alueen tärinänvaimennuksen suunnittelusta on vastannut A-Insinöörien akustiikkasuunnitteluyksikkö ja stabilointirakenteen suunnittelusta sekä urakka-asiakirjojen laadinnasta A-Insinöörien geosuunnitteluyksikkö. Tärinätorjuntahankkeeseen liittyen on vuonna 2016 käynnistetty Liikenneviraston rahoittama tutkimus, jossa on kenttämittauksin selvitetty stabilointirakenteella saavutettava vaimennus. Tutkimuksessa on selvitetty myös stabilointirakenteesta otettujen näytteiden perusteella rakenteen loppulujuudet sekä määritetty toteutuneiden urakkakustannusten perusteella vaimennusrakenteen kustannus suhteessa rakennusoikeuden määrään. Tutkimushankkeen tulosten perusteella on saatu uutta tietoa teknistaloudellisesta parhaista alueellisista tärinätorjuntamenetelmistä.

1 JOHDANTO

Viime vuosina rata-alueiden läheisyyteen on kaavoitettu paljon uutta rakennuskantaa erityisesti isoissa kasvukeskuksissa. Radanvarsialueiden houkuttelevuutta lisää joukkoliikenteen merkityksen kasvu sekä vapaiden maa-alueiden hupeneminen keskustoista. Näiden alueiden hyödyntämisen yksi tärkeä edellytys on, että melun- ja tärinätorjuntaan on löydettävissä tehokkaita ratkaisuja, jotka eivät aiheuta kohtuuttomia kustannuksia kaavoituksesta vastaaville kunnille tai rakennushankkeisiin ryhtyville. Lopulta nämä kustannukset näkyvät toteutettujen tilojen neliöhinnoinnassa loppukäyttäjälle. Liikennöitsijän sekä väylistä vastaavien tahojen osalta on tärkeää, että rataliikenne ei aiheuta häiriöitä läheisiin kiinteistöihin, koska tällöin häiriöiden vähentämiseksi saatetaan päätyä alentamaan ajonopeuksia. Meluntorjunnan osalta on viime aikaisissa tutkimuksissa haettu aluesuunnittelun näkökulmasta kustannustehokkaita ratkaisuja [1] mutta liikennetärinätorjunnan osalta eri ratkaisujen kustannustehokkuutta ei ole juurikaan arvoitu.

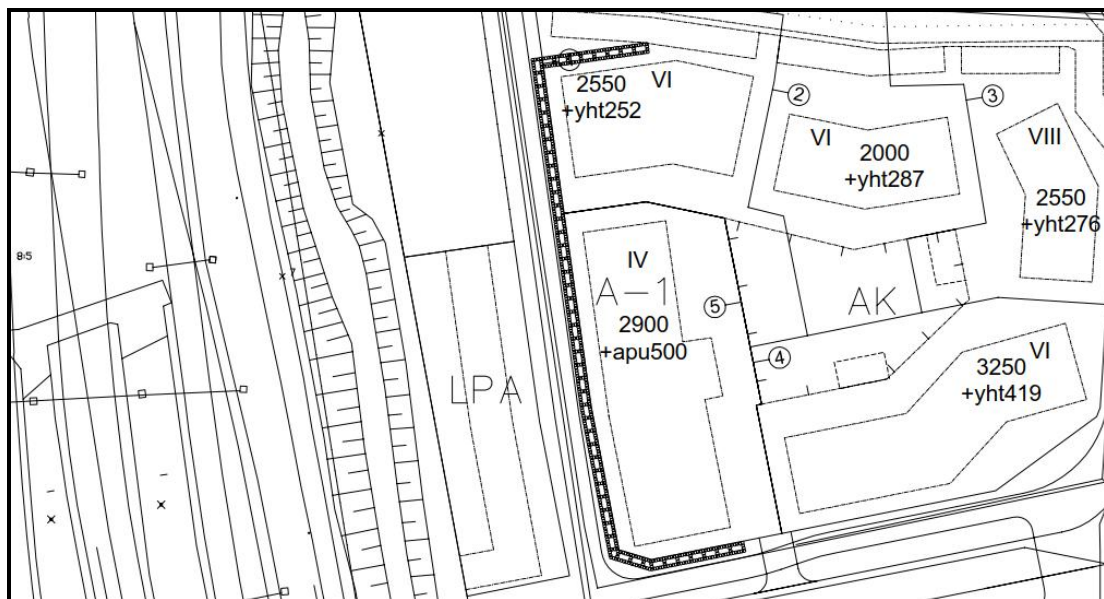
Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluhaittoja pystytään alentamaan vaikuttamalla värähtelylähteeseen, siirtotiehen tai häiriintyvään kohteeseen [2]. Käyttökelpoiset keinot määräytyvät pitkälti sen mukaan, mitkä toiminnoista ovat jo olemassa, kun uuttaa rataa tai rakentamista suunnitellaan. Olemassa olevien toimintojen osalta käyttökelpoisia keinoja on yleensä hyvin rajallisesti ja ne rajautuvat usein koskemaan siirtotietä.

Tässä tutkimushankkeessa rajoitetaan tarkastelemaan siirtotiehen eli maaperään toteutetun stabilointirakenteen vaikutusta uuden asuinalueen tärinäolosuhteisiin. Aikaisemmissa tutkimuksissa on keskitytty pääasiassa vastaavien ratkaisujen teknisen toimivuuden arviointiin [3–5]. Näiden käyttökelpoisuus määräytyy kuitenkin pitkälti myös taloudellisten vaikutusten perusteella, joten tässä tutkimuksessa esitetään rinnalla myös toteutuneet kustannukset suhteessa kerrosneliömääriin.

2 TUTKIMUSHANKE

Suunnittelualue sijaitsee Etelä-Suomessa keskisuuren kaupungin keskustassa pääradan varressa. Kuvassa 1 on esitetty alueelle suunniteltu rakennuskanta, jonka mukaan alueelle tulee sijoittumaan yhteensä 13250 kerrosneliömetriä asuntoja. Osana maankäytön suunnittelua teetettiin alueelle tärinä- ja runkomeluselvitys, jonka perusteella alueelle suunniteltu asuinrakentaminen tulisi ylittämään suositukset ohjearvoiksi [6] tavanomaisella rakennustavalla toteutettuna. Jotta alueen toteuttamiselle olisi taloudelliset edellytykset, oli tarpeen löytää teknistaloudellisesti edullisin tapa tärinähaittojen torjuntaan. Kohteen reunaehtojen perusteella arvioitiin teknisesti soveltuvat vaihtoehdot tärinätorjunnan toteuttamisen osalta sekä määritettiin niiden taloudelliset vaikutukset.

Selvitystyön tuloksena päätettiin maaperään toteuttaa kalkkisementtistabilointirakenne lähelle asuinrakennuksia (kuva 1). Rataa lähimmät rakennukset ovat noin 65 m etäisyydellä lähimmästä raiteesta ja stabilointirakenne noin kolmen metrin etäisyydellä rataa lähimmistä rakennuksista.



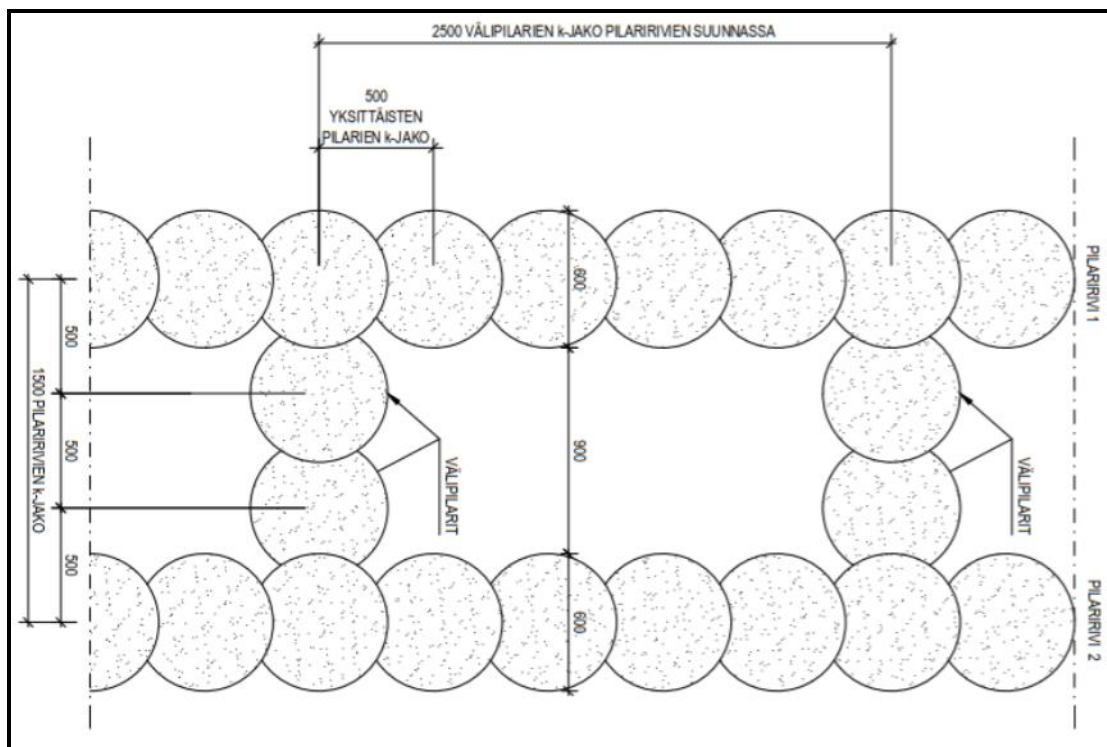
Kuva 1. Tutkimusalueelle rakennetaan 4–8-kerroksisia asuinrakennuksia, joihin sijoittuu yhteensä 13250 kerrosneliömetriä asuintilaa sekä 1731 kerrosneliömetriä yhteiskäyttöisiä tiloja sekä aputiloja. Stabilointirakenne kulkee rataa lähimpien rakennusten länsipuolella noin 100 m matkan ja kääntyy molemmissa päissä itään päin noin 25 m matkalle.

Suomessa aikaisemmin toteutetut koerakenteet on pääosin sijoitettu lähelle rataa ja niiden vaimennuskyvyn on havaittu pienenevän etäisyyden kasvaessa vaimennusrakenteeseen nähden [3]. Tästä syystä oli tarpeen tutkia lähelle asuinrakennuksia sijoitettavan tärinän-
torjuntarakenteen vaimennuskyky lähimpien rakennusten osalta sekä vaimennusrakenteen kustannukset, jotta menetelmän vaikutukset aluesuunnitteluun pystytään paremmin arvioimaan tulevissa hankkeissa. Tutkimuksen rahoitti Liikennevirasto.

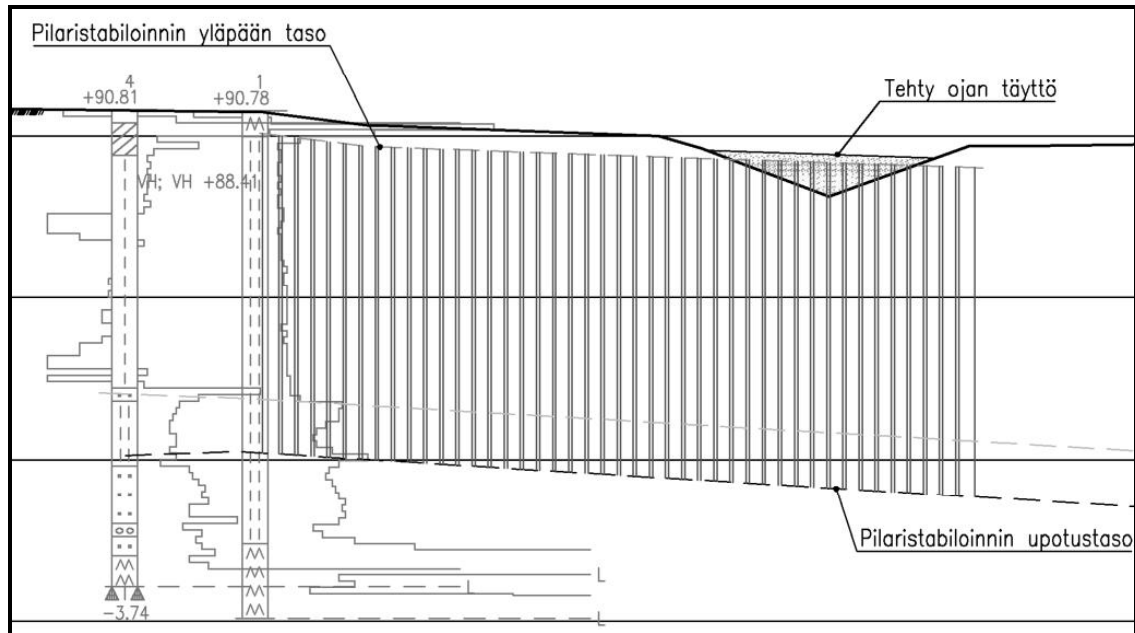
3 TÄRINÄNVAIMENNUSRAKENNE

Tärinänvaimennusrakenteen suunnittelusta on vastannut A-Insinöörien akustiikkasuunnitteluyksikkö ja stabilointirakenteen suunnittelusta sekä urakka-asiakirjojen laadinnasta on vastannut A-Insinöörien geosuunnitteluyksikkö.

Kuvissa 2 ja 3 on esitetty stabiloinnin toteutusperiaatteet. Kalkkisementtistabilointi on toteutettu 600 mm halkaisijaltaan olevilla pilareilla (k500), jotka muodostavat kaksi riviä (k1500). Pilaririvit on yhdistetty toisiinsa välipilarein 2,5 metrin välein. Rakenne on ulotettu pehmeiden maakerrosten läpi kovaan pohjaan asti. Maaperän muutoksista johtuen pilareiden pituudet vaihtelevat noin 8–13 metrin välillä. Suunnittelussa ja urakka-asiakirjoissa pilarien leikkauslujuudelle tavoitteeksi asetettiin 150 kPa.



Kuva 2. Pilarit sijoitettiin siten, että stabilointirakenne muodostuu kahdesta pituussuuntaisesta seinästä sekä niiden välisistä poikittaisista seinistä. Seinän pituussuunnassa pilariväli on 500 mm niin että vierekkäiset pilarit leikkaavat toisiaan 100 mm.



Kuva 3. Ote toteutetun stabilointirakenteen pituusleikkauksesta, jossa näkyy pilarien pituuden muutos maaperästä riippuen.

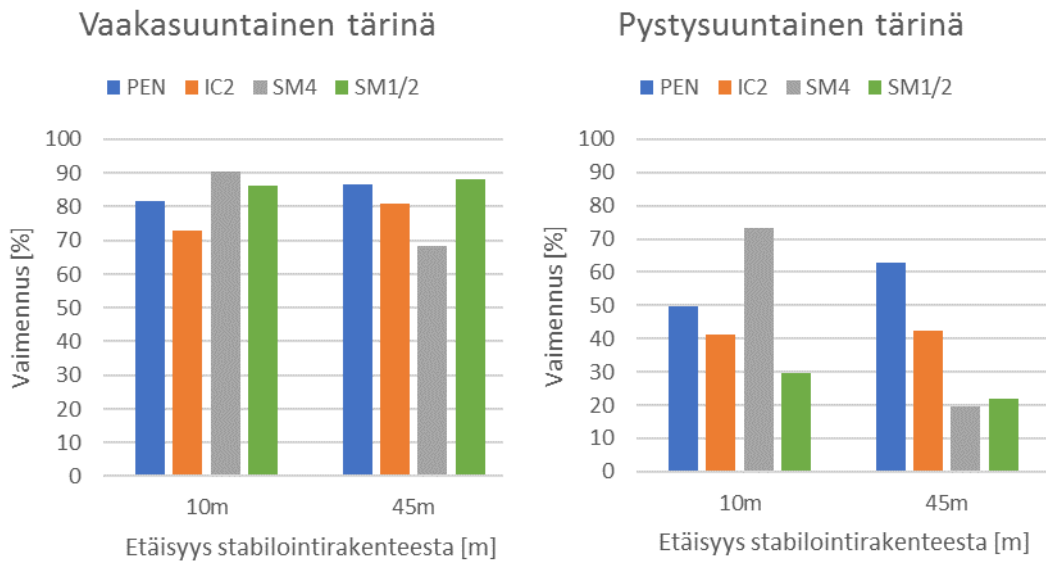
4 MITTAUKSET JA TULOKSET

Ennen urakkakyselyitä suoritettiin kustannuslaskenta, jonka perusteella stabilointirakenteen kokonaiskustannukseksi arvioitiin noin 83 800 €(0% alv) sisältäen työmaanjohto- ja tilaajatehtävät. Koko alueen asuinrakentamismäärään suhteutettuna vaimennusrakenteen kokonaiskustannus on siis noin 6,30 €/kem² (0% alv).

Pilarien toteutuneet lujuudet tutkittiin pilarikairauksin, puristinheijarikairauksin sekä pilariisiipikairauksin. Tutkittuja pilareita oli yhteensä 13 kappaletta ja ne olivat ehtineet kovettua koestushetkeen mennessä 21–29 vrk. Tutkimustulosten perusteella rakenne täytti toteutettuna sille suunnittelussa asetetut vaatimukset.

Ennen stabiloinnin rakentamista toteutettiin alueella maaperän värinämittaukset, joilla varmistettiin lähtötilanteen värinätasot halutuissa pisteissä myöhemmin toteutettavia vertailumittauksia varten. Lähtötilanteen mittaukset toteutettiin syksyllä 2016 kahdella mittauslinjalla. Stabilointirakenne toteutettiin loppuvuodesta 2016 ja keväällä 2017 rakenteen lujituttua ennen asuinrakennushankkeiden käynnistämistä suoritettiin vastaavilla mittauslinjoilla vertailumittaukset.

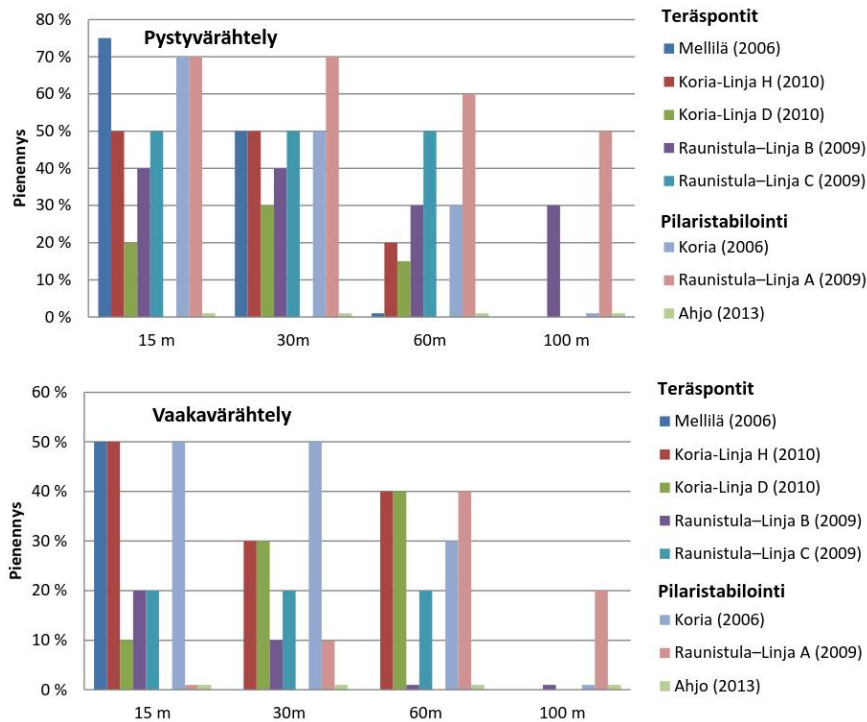
Kuvassa 4 on esitetty eri junatyypin osalta määritetyt stabilointirakenteen vaimennukset kahdella eri etäisyydellä. Tulokset on laskettu VTT:n ohjeen [6] mukaisesti taajuuspainotetuista nopeussignaaleista määritettyjen tehollisarvon enimmäistasojen perusteella. Tulosten perusteella vaakasuuntainen värinä vaimeni sekä 10 metrin että 45 metrin etäisyydellä stabilointirakenteesta keskimäärin noin 80 % kaikkien matkustajajunatyypin perusteella laskettuna. Pystysuuntaan vastaava arvo oli 10 metrin etäisyydellä noin 50 % sekä 45 metrin etäisyydellä noin 40 %. Eri junatyypin välillä havaittiin kuitenkin jonkin verran hajontaa etenkin pystysuuntaisen vaimennuksen osalta.



Kuva 4. Junatyypeittäin määritetyt vaimennukset stabilointirakenteelle vaaka- ja pystysuuntaan 10 ja 45 metrin etäisyyksillä.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Aikaisemmissa VTT:n tutkimuksissa [3] on selvitetty maaperään toteutettujen tärinäntorjuntarakenteiden vaimennuskykyä teräsponttiseiniä ja stabilointirakenteiden osalta. Kuvassa 5 on esitetty eri kohteissa tehtyjen mittaustulosten perusteella määritettyjä vaimennuksia vaaka- ja pystysuuntaiselle tärinälle.



Kuva 5. Yhteenveto tärinäesteiden vaikutuksista aikaisemmissa selvityksissä eri etäisyydellä radasta. Ahjon kohde on toteutetun vaimennusrakenteen ja maaperäolosuhteiden osalta jonkin verran muista poikkeava [3].

Aiemmin VTT on saanut tulokseksi, että heti esteiden takana pystyvärähtely on pienentynyt keskimäärin noin 40–50 % ja noin 60 m etäisyyksillä keskimääräinen vaimennus on ollut noin 20–30 %. Vaakasuuntaan vaimennus eri kohteiden välillä on vaihdellut huomattavasti. Joissakin tapauksissa vaimennus on ollut yli 50 % ja muutamissa vaimennusta ei ole ollut havaittavissa ollenkaan. Keskimääräinen vaimennus alle 60 metrin etäisyyksillä on ollut noin 20 % [3]. Pilaristabilointirakenteiden vaimennukset ovat olleet kahdessa kohteessa jonkin verran parempia kuin em. keskimääräiset vaimennukset kaikkien rakenteiden osalta.

Aikaisemmissa selvityksissä vaimennusrakenteet on toteutettu lähelle rataa noin 7–10 metrin etäisyydelle. Nyt toteutettu rakenne toteutettiin kauemmas radasta noin 60 metrin etäisyydelle ja lähelle suunniteltuja rakennuksia. Tulosten perusteella pystysuuntaisen tärinän osalta 10 m etäisyydellä saavutettiin keskimäärin noin 50 % vaimennus ja 45 metrin etäisyydellä noin 40 % vaimennus. Vaakasuuntaisen tärinän osalta vaimennus oli noin 80 % molemmilla etäisyyksillä. Pystysuuntaisen vaimennus on siis samaa suuruusluokkaa aikaisempien tutkimusten perusteella, mutta vaakasuuntaisen tärinän osalta saavutettiin jonkin verran aikaisempia keskimääräisiä vaimennuksia parempi tulos.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Toteutettu stabilointirakenne saavutti tavoitelujuuden. Urakan toteutuneet kustannukset olivat ennakoarvion mukaiset, jolloin vaimennusrakenteen kustannusvaikutus alueen asuinrakentamisen osalta noin 6,30 €/kem². Stabilointirakenteella voidaan saavuttaa teknistaloudellisesti paras vaihtoehto alueellisen tärinän torjunnan kannalta. Tähän vaikuttaa kuitenkin oleellisesti alueelle suunnitellun rakennusoikeuden määrä sekä pehmeiden maalajien paksuus alueella.

KIITOKSET

Kirjoittajat kiittävät Liikennevirastoa tämän tutkimuksen rahoittamisesta.

VIITTEET

- [1] Huhtala, T., Kylliäinen, M. ja Takala, J. 2015. Meluntorjunta maankäytön suunnittelun lähtökohtana. Rakennusfysiikka 2015. Tampere, 22.10., Tampereen teknillinen yliopiston Rakennustekniikan laitos ja Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- [2] Huhtala T. 2009. Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluselvityksiä sekä vaimennusratkaisuja. Akustiikkapäivät 2009. Vaasa, 14.-15.5., Akustinen Seura ry, s. 80-85.
- [3] Talja, A., Törnqvist, J. ja Niemeläinen, E. 2015. Pilaristabilointi- ja ponttiseinät: Tärinäestekokeilujen alustavat tulokset ja jatkotutkimustarpeet. Asiakasraportti VTT-CR-00691-15. Espoo: VTT.
- [4] Talja, A. et al. 2009. Tärinäesteet liikennetärinäna vaimentamisessa. Tutkimusraportti VTT-R-00963-09. Espoo: VTT.
- [5] Huhtala, T. ja Helimäki, H. 2010. Raideliikenteen tärinä ja runkomelu – vaimennusratkaisujen tehokkuus käytännössä. Tutkimusvaihe 3/3. Raportti 3777-4.
- [6] Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamista ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo: VTT.