

Osallistumis- ja arviointisuunnitelma
Programmet för deltagandet och bedömning

N 60 Oikopolku

N 60 Genstigen

Asemakaavamuutos
Detaljplaneändring

18.6.2020, (9.12.2020),(8.9.2021)

Sisällys / Innehållet

- 3 Mikä on OAS?
Vad är ett PDB?
- 4 Suunnittelualue
Planeringsområde
- 6 Asemakaavatyyppejen listaus ja selitykset
Lista på typer av detaljplaner och förklaringar till dem
Kaavaprosessi ja käsittelyvaiheet
Planprocess och behandlingsskeden
- 8 Asemakaavan tarkoitus ja tavoitteet
Detaljplanens syfte och mål
- 9 Suunnittelutehtävän tavoitteet
Planeringsuppgiftens mål
- 18 Vaikutusten arviointi
Konsekvensbedömning
- 20 Selvitykset
Utredningar
- 21 Osalliset
Intressenter
Vuorovaikutus
Växelverkan
Alustava aikataulu
Preliminär tidtabell
- 25 Tiedottaminen
Information
Kuulutukset
Kungörelser
- 26 Yhteyshenkilöt
Förfrågningar

Kannessa kaava-alueen sijainti kunnan opaskartalla. Kaava-alueen alustava raja-
aus on esitetty kartalla oranssilla viivalla.

© Sipoon kunnan mittaus- ja kiinteistöyksikkö.

Planområdets läge på kommunens guidekarta. Preliminär avgränsning anges på kartan med orange linje.

© Sibbo kommun, Mätning och fastigheter.

Mikä on OAS?

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmasa kerrotaan, miten osalliset voivat osallistua ja vaikuttaa asemakaavan laadintaan, sekä miten asemakaavan vaikutuksia on tarkoitus arvioida. Lisäksi siinä esitetään pääpiirteittäin kaavatyön tarkoitus, tavoitteet ja lähtötilanne sekä kaavan laadinnan eri työvaiheet.

Maankäyttö- ja rakennuslain 63 §:ssä säädetään osallistumis- ja arviointisuunnitelman laatimisesta. Osallistumis- ja arviointisuunnitelma (OAS) on virallinen asiakirja, joka määrittelee kaavan valmistelussa noudatettavat osallistumisen ja vuorovaikutuksen periaatteet ja tavat sekä kaavan vaikutusten arvioinnin menetelmät.

Osallistumis- ja arviointisuunnitelma asetetaan julkisesti nähtäville asiakaspalvelu Info Nikkilään (Pohjoinen Koulutie 2) 30 päivän ajaksi. Osallistumis- ja arviointisuunnitelmaan voi tutustua myös kunnan internet-sivuilla koko kaavaprosessin ajan osoitteessa www.sipoo.fi/asemakaavat. Osallistumis- ja arviointisuunnitelmaa päivitetään kaavatyön aikana tarpeen mukaan.

Raportin ilmakuvat ja kartat: © Sipoon kunnan kaavoitusyksikkö.

Raportin on laatinut Jani Ylimäki

Kaavan laatija

Jani Ylimäki

kaavoittaja

Jarkko Lyytinen

asemakaavapäällikkö

Vad är ett PDB?

Programmet för deltagande och bedömning informerar om hur intressenterna kan påverka och delta i utarbetandet av detaljplanen samt hur detaljplanens konsekvenser kommer att utvärderas. Dessutom presenteras i huvuddrag planarbetets syfte, mål och utgångsläge samt de olika skedena i utarbetandet av planen.

I 63 § i markanvändnings- och bygglagen stadgas om utarbetandet av programmet för deltagande och bedömning. Programmet för deltagande och bedömning (PDB) är ett officiellt dokument som definierar principerna och förfarandet för deltagande och växelverkan i utarbetandet av planen samt metoderna för planens konsekvensbedömning.

Programmet för deltagande och bedömning framläggs offentligt vid kundbetjäningen Info Nickby (Norra Skolvägen 2) i 30 dagar. Under hela planprocessen är det även möjligt att bekanta sig med programmet för deltagande och bedömning på kommunens webbplats på adressen www.sibbo.fi/ detaljplaner. Planen för deltagande och bedömning uppdateras vid behov under planarbetets gång.

Flygbilder och kartor i rapporten: © Sibbo kommuns planläggningsenhet.

Rapporten har utarbetats av Jani Ylimäki

Planens beredare

Jani Ylimäki

planläggare

Jarkko Lyytinen

detaljplanechef

Suunnittelualue

Suunnittelualue sijaitsee Sipoon suurimman taajan ja hallinnollisen keskuksen Nikkilän länsiosassa, Nikkiläntien varressa. Suunnittelualueelta on matkaa Nikkilän keskustaan noin kilometri.

Suunnittelualue on asemakaavoitettu vuosina 1972 ja 1994. Suunnittelualue on asemakaavojen mukainen puistoaluetta. Puistoalueita ei ole toteutettu.

Alue rajautuu pohjoisessa Nikkiläntiehen ja muissa ilmansuunnissa asuinalueeseen. Suunnittelualueen toteutumaton puisto on valtaosaltaan metsikköä.

Alustavan rajauksen mukaan asemakaavamuutos koskee osia kiinteistöistä 753-416-16-20 ja 753-416-35-227.

Planeringsområde

Planeringsområdet ligger längs Nickbyvägen i västra delen av Nickby, som är den största tätorten och centrumet för förvaltning i Sibbo. Avståndet från planeringsområdet till centrum av Nickby är cirka en kilometer.

Planeringsområdet detaljplanerades år 1972 och 1994. Enligt detaljplanen är planeringsområdet ett parkområde. Parkområdet har inte genomförts.

I norr gränsar området till Nickbyvägen och i övriga väderstreck till ett bostadsområde. Parken, som inte har anlagts enligt planen, består till största delen av en skogsdunge.

Enligt en preliminär avgränsning berör detaljplaneändringen delar av fastigheterna 753-416-16-20 och 753-416-35-227.



Suunnittelualue ilmakuvassa / Flygbild av planeringsområdet.

Suunnitelma pähkinäkuo- ressa

Planen i ett nötskal



Asuinkerrostalon sijoittaminen.

Placeringen av höghuset.

Rakentamismahdollisuuden
selvittäminen.

Utredning om möjligheten
att bygga.

Suunnittelualue ilmakuvasa / Flygbild av planeringsområdet.

Asemakaavatyyppejen listaus ja selitykset

Lista på typer av detaljplaner och förklaringar till dem

VAIKUTUSILTAAN VÄHÄISET ASEMAKAAVAT - DETALJPLANER SOM HAR RINGA VERKNINGAR

- Kunnan hallintosäännön mukaisesti jaosto päättää vaikutusiltaan vähäisten asemakaavojen hyväksymisestä MRL:n 52 §:n mukaisesti.
- Vaikutusiltaan vähäiset kaavat jaosto asettaa ehdotuksena nähtäville 14 vuorokaudeksi (MRA 27 §)
- Suppea valitusoikeus (MRL 191 §)
- Vaikutusiltaan vähäisiksi luetaan asemakaavamuutokset, joilla muutetaan korttelin käyttötarkoitusta vähäisessä määrin, sekä asemakaavamuutokset, jotka eivät muuta korttelin käyttötarkoitusta ja rakennusoikeutta tulee vain vähän lisää.
- Ei tehdä OAS:ia nähtäville, vaan kuulutetaan viereille kaavoitusohjelman yhteydessä.
- Med stöd av kommunens förvaltningsstadga beslutar sektionen i enlighet med MBL 52 § om godkännande av detaljplaner som är ringa till sina verkningar
- När det gäller detaljplaner som har ringa verkningar lägger sektionen förslaget fram offentligt för 14 dagar (MBF 27 §)
- Begränsad besvär rätt (MBL 191 §)
- Till detaljplaner som har ringa verkningar räknas detaljplaneändringar enligt vilka ett kvarters användningsändamål ändras i ringa mån samt detaljplaneändringar som inte ändrar ett kvarters användningsändamål och som bara medför en ringa ökning av byggrätten.
- Inget PDB läggs fram offentligt, utan planen kungörs anhängig i samband med planläggningsprogrammet.

VAIKUTUSILTAAN MUUT KUIN MERKITTÄVÄT ASEMAKAAVAT - ANDRA DETALJPLANER ÄN SÅDANA SOM HAR BETYDANDE VERKNINGAR

- Kunnan hallintosäännön mukaisesti kunnanhallitus päättää asemakaavojen hyväksymisestä silloin kuin kyseessä ovat MRL:n 52 §:ssä tarkoitettut vaikutusiltaan muut kuin merkittävät asemakaavat
- Asemakaavamuutokset, joilla käyttötarkoitus muuttuu, mutta ei tule merkittävästi lisää rakennusoikeutta
- Asemakaavat, joiden maankäyttö oikeusvaikutteisen osayleiskaavan mukaista ja alueella ei merkittävästi asutusta
- Tehdään OAS ja asetetaan se nähtäville
- Med stöd av kommunens förvaltningsstadga beslutar kommunstyrelsen i enlighet med MBL 52 § om andra planer än sådana som har betydande verkningar
- Ändringar av detaljplaner som innebär att användningsändamålet ändras, men byggrätten ökas inte nämnvärt
- Detaljplaner där markanvändningen är förenlig med en delgeneralplan med rättsverkningar och det inte finns någon nämnvärd bebyggelse i området
- Ett PDB upprättas och läggs fram offentligt.

VAIKUTUSILTAAN MERKITTÄVÄT ASEMAKAAVAT - DETALJPLANER MED BETYDANDE VERKNINGAR

- Valtuusto hyväksyy
- Muut kuin vaikutusiltaan vähäiset tai muut kuin merkittävät kaavat
- Tehdään OAS ja asetetaan se nähtäville
- Fullmäktige godkänner
- Planer med betydande verkningar som inte faller inom de två tidigare kategorierna ovan
- Ett PDB upprättas och läggs fram offentligt.

Kaavaprosessi ja käsittelyvaiheet

Planprocess och behandlingsskeden

Asianumero/ Ärendenummer

404/2020

OSALLISTUMINEN - DELTAGANDET

ALOITUSVAIHE - STARTSKEDET

- Osallistumis- ja arviointisuunnitelman laatiminen
- Vireilletulosta ilmoittaminen kuulutuksella 18.6.2020
- OAS nähtäville 18.6.2020
- Program för deltagande och bedömning utarbetats
- Anhängiggörandet av planen kungörs 18.6.2020
- programmet för deltagande och bedömning framlagt 18.6.2020

VALMISTELUVAIHE - BEREDNINGSSKEDET

- Kaavaluonnoksen laatiminen
- Maankäyttöjaoston käsittely 9.12.2020
- Valmisteluaineisto virallisesti nähtävillä 14.1.–12.2.2021
- Planutkastet utarbetas
- Behandling i markanvändningssektionen 9.12.2020
- Beredningsmaterialet läggs fram offentligt 14.1.–12.2.2021

EHDOTUSVAIHE - FÖRSLAGSSKEDET

- Kaavaehdotuksen laatiminen
- Maankäyttöjaoston ja kunnanhallituksen käsittely
- Kaavaehdotus virallisesti nähtävillä
- Planförslaget utarbetas
- Behandling i markanvändningssektionen och kommunstyrelsen
- Planförslaget läggs fram offentligt

VASTINEET LAUSUNTOIHIN JA MUISTUTUKSIIN - BEMÖTANDEN TILL UTLÅTANDEN OCH ANMÄRKNINGAR

- Maankäyttöjaoston ja kunnanhallituksen käsittely
- Behandling i markanvändningssektionen och kommunstyrelsen

KAAVAN HYVÄKSYMINEN - GODKÄNNANDE AV PLANEN

- Valtuusto hyväksyy kaavan
- Fullmäktige godkänner planen

Kaavan laatimisesta tai muuttamisesta voi tehdä aloitteen kunnanhallitukselle.

Palautteen antaminen osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta kaavan laatijalle.

Förslag om att en plan ska utarbetas eller ändras kan lämnas in till kommunstyrelsen.

Respons på programmet för deltagande och bedömning ges till planens utarbetare.

Mahdollisuus esittää mielipiteensä kaavaluonnoksesta ja mahdollisesta muusta kaavan valmisteluaineistosta.

Möjlighet att framföra sin åsikt om planutkastet och eventuellt övrigt beredningsmaterial för planen.

Mahdollisuus muistutuksen jättämiseen kaavaehdotuksesta kunnanhallitukselle.

Anmärkningar kan lämnas om planförslaget till kommunstyrelsen.

Valitusmahdollisuus kaavan hyväksymispäätöksestä Helsingin hallinto-oikeuteen.

Möjlighet att besvära sig över beslutet om godkännande till Helsingfors förvaltningsdomstol.

Asemakaavan tarkoitus ja tavoitteet

Maankäyttö- ja rakennuslain 51 §:n mukaan asemakaava on laadittava ja pidettävä ajan tasalla sitä mukaan kuin kunnan kehitys, erityisesti asuntotuotannon tarve, taikka maankäytön ohjaustarve sitä edellyttää.

Detaljplanens syfte och mål

I enlighet med 51 § i markanvändnings- och bygglagen ska detaljplaner utarbetas och hållas aktuella efter hand som kommunens utveckling, i synnerhet behovet av bostadsproduktion, eller behovet av att styra markanvändningen det kräver.

MRL 54 §

Asemakaavan sisältövaatimukset

Asemakaavaa laadittaessa on maakuntakaava ja oikeusvaikutteinen yleiskaava otettava huomioon.

Asemakaava on laadittava siten, että luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle, palveluiden alueelliselle saatavuudelle ja liikenteen järjestämiselle. Rakennettua ympäristöä ja luonnonympäristöä tulee vaalia eikä niihin liittyviä erityisiä arvoja saa hävittää. Kaavoitettavalla alueella tai sen lähiympäristössä on oltava riittävästi puistoja tai muita lähivirkistykseen soveltuvia alueita.

Asemakaava ei saa aiheuttaa kenenkään elinympäristön laadun sellaista merkityksellistä heikkenemistä, joka ei ole perusteltua asemakaavan tarkoitus huomioon ottaen. Asemakaavalla ei myöskään saa asettaa maanomistajalle tai muulle oikeuden haltijalle sellaisia kohtuutonta rajoitusta tai aiheuttaa sellaista kohtuutonta haittaa, joka kaavalle asetettavia tavoitteita tai vaatimuksia syrjäyttämättä voidaan välttää.

MarkByggL 54 §

Krav på detaljplanens innehåll

När en detaljplan utarbetas ska landskapsplanen och en generalplan med rättsverkningar beaktas.

Detaljplanen ska utarbetas så att det skapas förutsättningar för en hälsosam, trygg och trivsamt livsmiljö, för regional tillgång till service och för reglering av trafiken. Den byggda miljön och naturmiljön ska värnas och särskilda värden i anslutning till dem får inte förstöras. På det område som planläggs eller i dess närmaste omgivning ska det finnas tillräckligt med parker eller andra områden som lämpar sig för rekreation.

Detaljplanen får inte leda till att kvaliteten på någons livsmiljö försämras avsevärt på ett sätt som inte är motiverat med beaktande av detaljplanens syfte. Genom detaljplanen får inte heller markägaren eller någon annan rättsinnehavare åläggas sådana oskäligen begränsningar eller orsakas sådana oskäligen olägenheter som kan undvikas utan att de mål som ställs för planen eller de krav som ställs på den åsidosätts.

Suunnittelutehtävän tavoitteet

Maankäyttö- ja rakennuslain 51 §:n mukaan asemakaava on laadittava ja pidettävä ajan tasalla sitä mukaan kuin kunnan kehitys, erityisesti asuuntuotannon tarve, taikka maankäytön ohjaustarve sitä edellyttää.

Asemakaavatyön tarkoituksena on mahdollistaa asuinkerrostalojen rakentaminen Nikkilän keskustan välittömään läheisyyteen ja tutkia rivitalojen rakentamismahdollisuutta suunnittelualueelle.

Kerava-Nikkilä radan toteuttaminen vaatii Nikkilän asukasluvun kasvattamista 10 000 asukkaaseen. Nikkilän väestönkasvu toteutuu tehokkaimmin kerrostalotyypin rakentamisen avulla.

Kaavaratkaisun tavoitteena on maankäyttö- ja rakennuslain asettamien asemakaavan sisältövaatimusten mukaisesti (54 §) luoda edellytykset terveelliselle, toimivalle ja viihtyisälle elinympäristölle, palveluiden alueelliselle saatavuudelle ja liikenteen järjestämiselle.

Planeringsuppgiftens mål

I enlighet med 51 § i markanvändnings- och bygglagen ska detaljplaner utarbetas och hållas aktuella efter hand som kommunens utveckling, i synnerhet behovet av bostadsproduktion, eller behovet av att styra markanvändningen det kräver.

Syftet med detaljplanearbetet är att göra det möjligt att bygga flervåningshus i omedelbar närhet av Nickby centrum och att undersöka möjligheten att även bygga radhus i området.

Genomförandet av Kervo-Nickby-banan förutsätter att antalet invånare i Nickby ökar till 10 000. Befolkningsstillväxten sker mest effektivt när man bygger bostadshus i flera våningar.

I enlighet med innehållskraven för detaljplaner i 54 § i markanvändnings- och bygglagen strävar planlösningen efter att skapa förutsättningar för en hälsosam, trygg och trivsamt livsmiljö, för regional tillgång till service och för reglering av trafiken

Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelualue on Nikkilän taajaman läntistä laajenemisaluetta.

Asemakaavoitettu alue on toteuttamatonta puistoaluetta. Alue on pääosin metsikköä. Suunnittelualueella ei ole tiedossa olevia arvokkaita luonnonarvoja eikä luonnonsuojelulain mukaisia eliölajeja. Asemakaavatyön yhteydessä tullaan tekemään luontoselvitys konsulttityönä, jossa kartoitetaan tarkemmin alueen mahdolliset luontoarvot ja eliölajit.

Alueen rakentamisolosuhteet ovat osittain haastavat, sillä alue on maaperältään pääosin savea. Suunnittelualue on myös SYKE-aineistojen mukaisella pohjavesialueella. Suunnittelualueelle tullaan tekemään rakennettavuusselvitys konsulttityönä, jonka pohjalta selvitetään alueen rakennettavuus ja pohjaveden pinnan korkeusasema.

Suunnittelualueen vieressä pohjoispuolella kulkee Nikkiläntie, joka on liikenteellisesti vilkas tie. Tie muodostaa itä-länsisuuntaisen poikittaisyhteyden Nikkilän keskustasta Itä-Vantaalle. Nikkiläntiestä on tehty liikennemeluselvitys WSP Finland Oy:n konsulttityönä vuonna 2010. Liikennemeluselvityksessä ennustetut liikennemäärät on arvioitu Strafica Oy:n ja Sito Oy:n Sipoon yleiskaava 2025 liikenneselvityksessä. Liikennemäärät ovat kasvaneet ennustettua hitaammin. Liikennemeluselvitys on tehty nopeusrajoituksen ollessa 50 km/h. Liikennemeluselvityksen mukaisilla vuoden 2025 ennustetuilla melutasoilla suunnittelualueelle pystytään toteuttamaan valtioneuvoston melutason ohjearvojen mukainen asuinympäristö sijoittamalla asuinkerrostalo ja yksikerroksinen varastorakennus Nikkiläntien vastaiselle rajalle suojaamaan piha-aluetta liikennemelulta. Tien nopeusrajoitus on suunnittelualuetta sivuaval-

Utgångspunkter för planeringen

Planeringsområdet är ett område för utvidgning av Nickby tätort västerut.

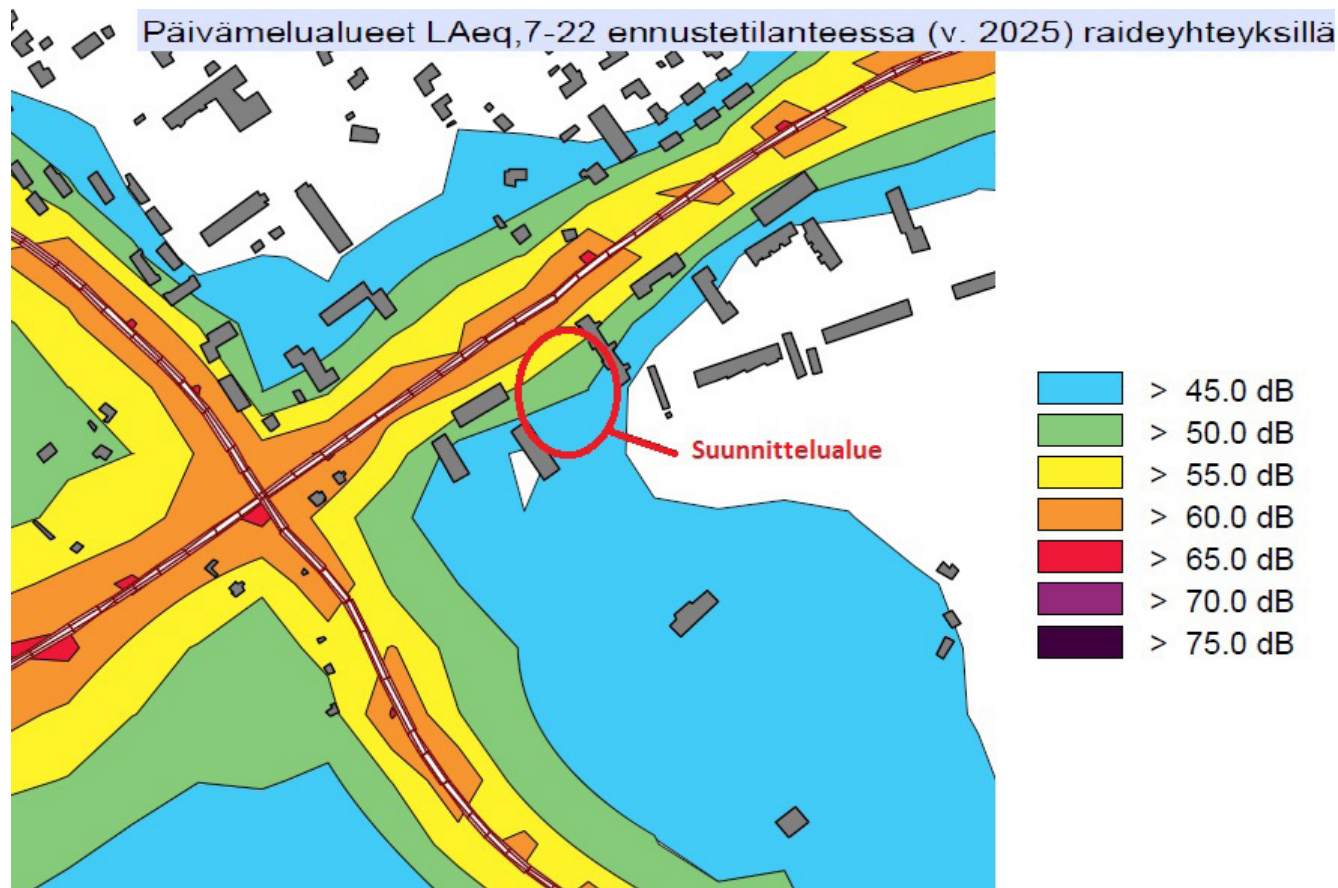
Det detaljplanerade området består av ett parkområde som inte genomförts. Området är i huvudsak skog. Man känner inte till att det i planeringsområdet skulle finnas värdefulla naturvärden eller arter som tas upp i naturvårdslagen. I samband med detaljplanarbetet kommer en konsult att utarbeta en naturinventering där man kartlägger eventuella naturvärden och arter mer ingående.

Byggnadsförhållandena i området är ställvis krävande, eftersom jordmånen i huvudsak är lera. Enligt SYKE-material är planeringsområdet också på ett grundvattenområde. En konsult kommer att göra en byggbarhetsutredning som ska utgöra underlag för fastställandet av byggbarheten och grundvattenståndet.

Intill planeringsområdets norra sida löper Nickbyvägen, som har livlig trafik. Vägen utgör en tvärförbindelse i riktningen öster-väster från Nickby centrum till östra Vanda. WSP Finland Oy gjorde i egenskap av konsult en utredning om trafikbullret från Nickbyvägen år 2010. De prognoser om trafikvolymerna som gjordes i bullerutredningen behandlades i trafikutredningen som Strafica Oy och Sito Oy gjorde inför Generalplan för Sibbo 2025. Trafikvolymerna har ökat långsammare än prognoserna. Trafikbullerutredningen gjordes enligt hastighetsbegränsningen 50 km/h. Med de bullernivåer som i trafikbullerutredningen väntas råda år 2025 kan man i planeringsområdet genomföra en boendemiljö som är förenlig med statsrådets riktvärden för bullernivå genom att placera ett flervåningshus och ett förråd i en våning vid gränsen mot Nickbyvägen. Dessa byggnader skyddar gårdsområdet mot trafikbullret.

la osuudella pudotettu 40 km/h tasolle. Nykyisin Nikkiläntiellä oleva liikenneympyrä myös hidastaa Nikkiläntien nopeuksia suunnittelualan kohdalla. Alhaisempien nopeusrajoitusten ja toteutuneen liikenneympyrän sekä toteutuneiden liikennemäärien perusteella, katsotaan vuonna 2010 tehty liikennemeluserveys riittäväksi toteamaan suunnittelualan toteuttamisen mahdollisuus valtioneuvoston melutasojen ohjearvojen mukaisesti.

På den sträcka som tangerar till planeringsområdet har hastighetsbegränsningen sänkts till 40 km/h. Den nuvarande rondellen bromsar också upp hastigheterna på Nickbyvägen intill planeringsområdet. I och med den lägre hastighetsbegränsningen, rondellen och de faktiska trafikvolymerna kan trafikbullerutredningen från 2010 anses vara ett tillräckligt underlag för konstaterandet av att planeringsområdet kan genomföras i enlighet med statsrådets riktvärden för bullernivå.



Kuvakaappaus WSP Finlandin meluserveyksestä / Skärmdump ur WSP Finlands bullerutredning.

Suunnittelualueen vieressä eteläsuunnassa sijaitsee valtakunnallisesti merkittävä rakennettu ympäristö Sipoon kirkot ja pitäjänkeskus. Sipoon historiallinen pitäjänkeskus muodostuu keskiaikaisesta harmaakivikirkosta ja 1800-luvun lopun uudesta tiilikirkosta maisemassa, joka on vuosisatoja säilynyt rakenteeltaan ja perustekijöiltään lähes muuttumattomana. Kirkkojen ympäristössä ovat vuosisatoja samoilla paikoilla olleet kirkkoherranpappila, kappalaisenpappila ja lukkarinpuustelli. Asemakaavalla ei ole

Intill planeringsområdet i söder finns en byggd kulturmiljö av riksintresse: Sibbo kyrkor och sockencentrum. Sibbo historiska sockencentrum består av den medeltida gråstenskyrkan och den nya tegelkyrkan från slutet av 1800-talet, i ett landskap som under århundraden har bevarats så gott som oförändrat till sin struktur och sina grundelement. Kyrkoherdebostället, kaplansbostället och klockarbostället har i flera århundraden legat på samma platser i kyrkans närhet. Detaljplanen har inga betydande konse-

merkittäviä vaikutuksia valtakunnallisesti merkittävään rakennettuun ympäristöön.

Rakentamista rajoittaa yhdyskuntatekniikan johdot. Suunnittelualueen läpi kulkee sähkö-, vesi- ja kaukolämmön johtoja, joista osa joudutaan mahdollisesti siirtämään rakentamisen vuoksi, joka saattaa lisätä kustannuksia kaavoitukseen tai rakentamiseen.

Nykytilanteessa suunnittelualueen hulevedet virtaavat suunnittelualueen vieressä sijaitseviin ojiin. Ojia pitkin hulevedet jatkavat virtaamista ojaverkoston pitkin laskeutuen lopuksi Sipoonjokeen, joka sijaitsee noin kilometrin päässä suunnittelualueesta. Sipoonjoki kuuluu Natura-alueeseen. Hulevesien laatu on pysyvä muuttumattomana, jotta hulevesien vuoksi ei synny vaikutuksia Natura-alueeseen. Nikkiläntie on alkuperäisesti suunniteltu neljakaistaiseksi, joten tiealueen rajaus on reilu ja tästä syystä myös ojien mitoitus on toteutettu reilun kokoisena. Suunnittelualueen rakentaminen muuttaa hulevesien virtausnopeutta alkuperäisestä. Suunnittelualue sijaitsee pohjavesialueella, joten pysäköintialueeseen täytyy rakentaa öljyn- ja hiekanerotuskaivot hulevesien laadun varmistamiseksi. Kaavamääräyksiin tullaan antamaan yleiset määräykset pohjavesialueella rakentamiseen, kuten tuoreissa Sipoon asemakaavoissa, jotka sijaitsevat pohjavesialueella on määrätty.

Asemakaavamuutoksen seurauksena saattaa poistua osa puistoa. Asemakaavan mukaista puistoa ei ole kuitenkaan toteutettu. Suunnittelualueen välittömässä läheisyydessä on reilusti kaavoitettua puistoa.

kvenser för denna byggda miljö av riksintresse.

Bygandet begränsas av ledningar för samhällsteknik. Genom planeringsområdet löper el-, vatten- och fjärrvärmeledningar. En del av dessa måste eventuellt flyttas, vilket kan öka kostnaderna för planläggningen och byggandet.

I nuläget strömmar dagvattnet till diken bredvid planeringsområdet. Längs diken strömmar dagvatten vidare för att rinna ut i Sibbo å, som finns på cirka en kilometers avstånd från planeringsområdet. Sibbo å ingår i ett Natura-område. Kvaliteten på dagvattnet måste förbli oförändrat för att det inte ska medföra konsekvenser för Natura-området. Nickbyvägen planerades ursprungligen med fyra filer. Därför är vägområdet rejält tilltaget och även diken har dimensionerats tillräckligt stora. Bygandet av planeringsområdet förändrar dagvattnets strömningshastighet jämfört med utgångsläget. Eftersom planeringsområdet ligger inom ett grundvattenområde ska olje- och sandavskiljande brunnar anläggas i parkeringsområdet för att säkerställa dagvattnets kvalitet. Planbestämmelserna kommer att innehålla allmänna bestämmelser om byggande i grundvattenområden, på samma sätt som gjorts på senare tid i andra detaljplaner i grundvattenområden i Sibbo.

En följd av detaljplaneändringen kan vara att en del av parken försvinner. Den park som anvisats i den gällande detaljplanen har emellertid inte genomförts. Det finns dock rikligt med andra planlagda parker i planeringsområdets omedelbara närhet.

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Alueen suunnittelun lähtökohtina toimivat MRL:n 24 §:n mukaisessa tarkoituksessa valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (VAT), joista tätä asema-kaavatyötä ohjaavat etenkin seuraavat asiakohdat:

Edistetään koko maan monikeskuksista, verkottuvaa ja hyvin yhteyksiin perustuvaa aluerakennetta, ja tuetaan eri alueiden elinvoimaa ja vahvuuksien hyödyntämistä. Luodaan edellytykset elinkeino- ja yritystoiminnan kehittämiseksi sekä väestökehityksen edellyttämälle riittävälle ja monipuoliselle asuntotuotannolle.

Luodaan edellytykset vähähiiliselle ja resurssitehokkaalle yhdyskuntakehitykselle, joka tukeutuu ensisijaisesti olemassa olevaan rakenteeseen. Suurilla kaupunkiseuduilla vahvistetaan yhdyskuntarakenteen eheyttä.

Edistetään palvelujen, työpaikkojen ja vapaa-ajan alueiden hyvää saavutettavuutta eri väestöryhmien kannalta. Edistetään kävelyä, pyöräilyä ja joukkoliikennettä sekä viestintä-, liikumis- ja kuljetuspalveluiden kehittämistä.

Merkittävät uudet asuin-, työpaikka- ja palvelutoimintojen alueet sijoitetaan siten, että ne ovat joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn kannalta hyvin saavutettavissa.

Varaudutaan sään ääri-ilmiöihin ja tulviin sekä ilmastomuutoksen vaikutuksiin. Uusi rakentaminen sijoitetaan tulvavaara-alueiden ulkopuolelle tai tulvariskien hallinta varmistetaan muutoin.

Ehkäistään melusta, tärinästä ja huonosta ilmanlaadusta aiheutuvia ympäristö- ja terveyshaittoja.

Riksomfattande mål för områdesanvändningen

Som utgångspunkter för planeringen fungerar de riksomfattande målen för områdesanvändningen (RMO) enligt 24 § i markanvändnings- och bygglagen, av vilka särskilt följande punkter styr detta detaljplanearbete:

En polycentrisk områdesstruktur som bildar nätverk och grundar sig på goda förbindelser främjas i hela landet, och livskraften och möjligheterna att utnyttja styrkorna i de olika områdena understöds. Förutsättningar skapas för att utveckla närings- och företagsverksamhet samt för att åstadkomma en tillräcklig och mångsidig bostadsproduktion som befolkningsutvecklingen förutsätter.

Förutsättningar skapas för en kolsnål och resurseffektiv samhällsutveckling, som i främsta hand stöder sig på den befintliga strukturen. I de stora stadsregionerna görs samhällsstrukturer mera sammanhängande. Tillgängligheten i fråga om tjänster, arbetsplatser och fritidsområden för de olika befolkningsgrupperna främjas. Möjlighet att gå, cykla och använda kollektivtrafik samt utvecklandet av kommunikations-, färd- och transporttjänster främjas.

Betydande nya områden för boende-, arbetsplats- och tjänstefunktioner placeras så att de kan lätt nås med kollektivtrafik, till fots och med cykel.

Man bereder sig på extrema väderförhållanden och översvämningar samt på verkningarna från klimatförändringen. Nytt byggande placeras utanför områden med översvämningrisk eller också säkerställs hanteringen av översvämningriskerna på annat sätt.

Olägenheter för miljön och hälsan som orsakas av buller, vibrationer och dålig luftkvalitet förebygg

Maakuntakaava

Suunnittelualueella on voimassa 2. vaihemaakuntakaava, joka on saanut korkeimman hallinto-oikeuden päätöksellä lainvoiman vuonna 2016 sekä 4. vaihemaakuntakaava joka on tullut voimaan maakuntahallituksen päätöksellä ennen lainvoimaa vuonna 2017. Maakuntakaavoissa suunnittelualue on osoitettu taajamatoimintojen alueeksi.

Suunnittelualueen vieressä sijaitsee maakuntakaavassa merkitty valtakunnallisesti merkittävä rakennettu ympäristö (RKY 2009) Sipoon kirkot ja pitäjänkeskus. Suunnittelualueen välittömässä läheisyydessä sijaitsee myös maakuntakaavaan merkitty liityntäpysäköintipaikka. Suunnittelualue sijaitsee pohjavesialueella.

Yleiskaava

Sipoon kunnanvaltuuston 15.12.2008 hyväksymässä oikeusvaikutteisessa Sipoon yleiskaavassa 2025 (lainvoimaiseksi 23.12.2011) kaava-alue on taajamatoimintojen aluetta.

Suunnittelualue on osoitettu yleiskaavassa pohjavesialueeksi. Yleiskaavassa Nikkiläntie on osoitettu yhdystieksi.

Asemakaava

Suunnittelualueella on voimassa N 1 ja N 24 asemakaavat. Kaavoissa suunnittelualue on merkitty puistoiksi (VP), (P) ja (P1). Asemakaavat ovat tulleet voimaan 19.12.1972 ja 16.1.1994.

Maanomistus

Kiinteistöt 753-416-16-20 ja 753-416-35-227 ovat Sipoon kunnan omistuksessa.

Landskapsplan

I planeringsområdet gäller etapplandskapsplan 2, som genom högsta förvaltningsdomstolens beslut vann laga kraft år 2016, och etapplandskapsplan 4, som innan den vunnit laga kraft trädde i kraft genom landskapsstyrelsens beslut år 2017.

Intill planeringsområdet finns en i landskapsplanen byggd kulturmiljö av riksintresse (RKY 2009): Sibbo kyrkor och sockencentrum. I planeringsområdets omedelbara närhet anvisar landskapsplanen också en anslutningsparkeringsplats. Planeringsområdet ligger inom ett grundvattenområde.

Generalplan

I den av Sibbo kommunfullmäktige 15.12.2008 godkända Generalplan för Sibbo 2025 med rättsverkningar (lagakraftvunnen 23.12.2011) är planområdet.

I generalplanen har planeringsområdet anvisats som ett grundvattenområde. Nickby har anvisats som en förbindelseväg.

Detaljplan











I planeringsområdet är detaljplanerna N1 och N24 i kraft. I planerna har planeringsområdet betecknats som parker (VP), (P) och (P1). Detaljplanerna har trätt i kraft 19.12.1972 och 16.1.1994.

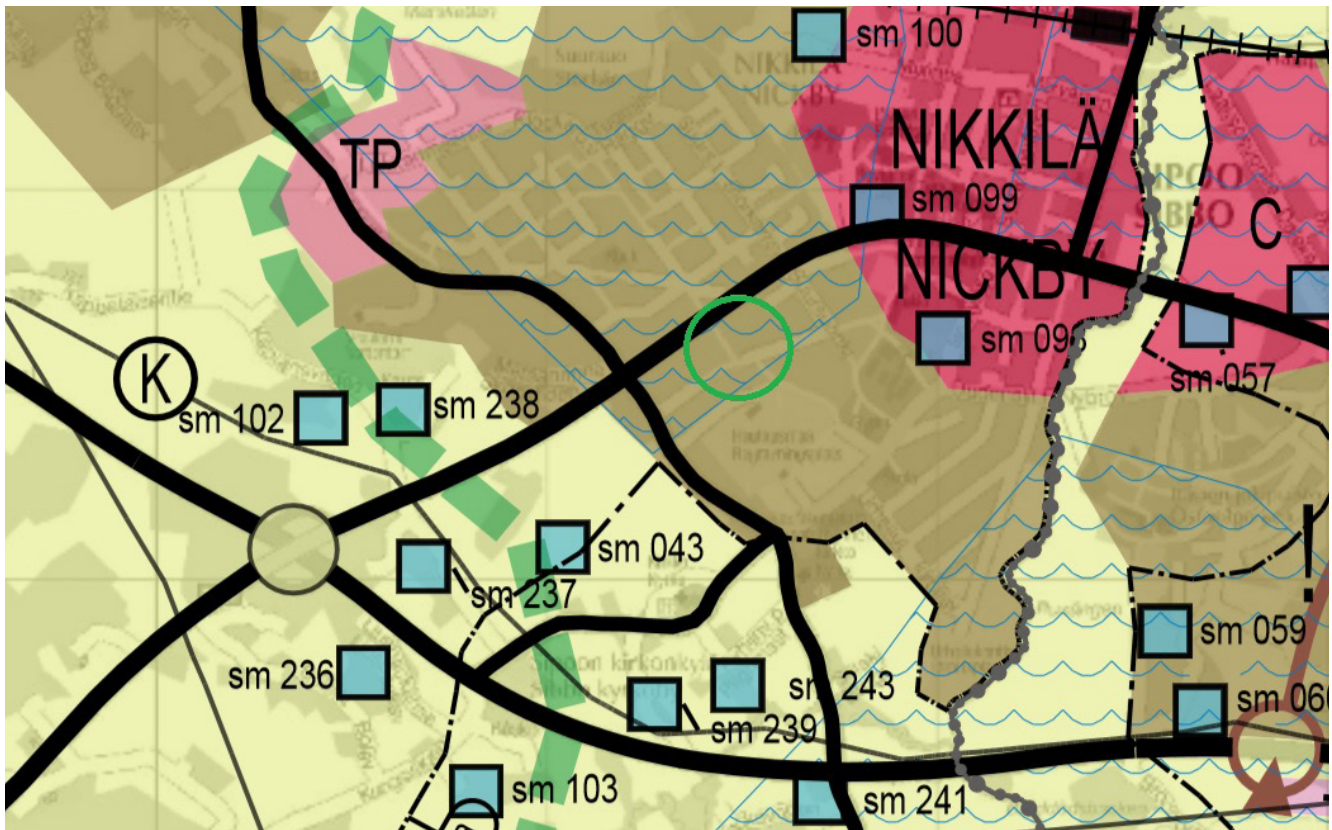
Markägoförhållanden

Fastigheterna 753-416-16-20 ja 753-416-35-227 ägs av Sibbo kommun.

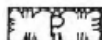
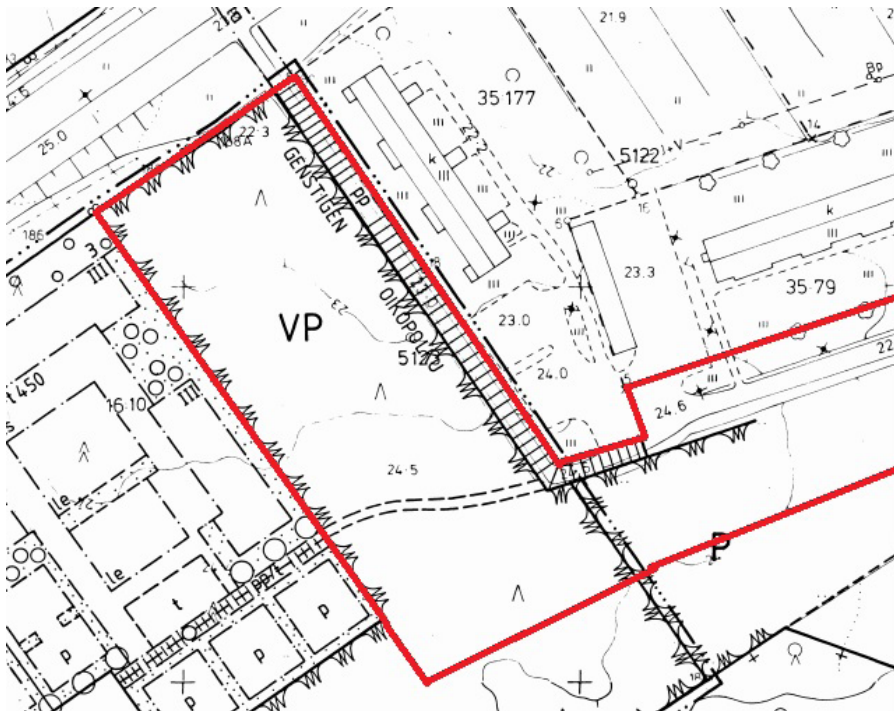
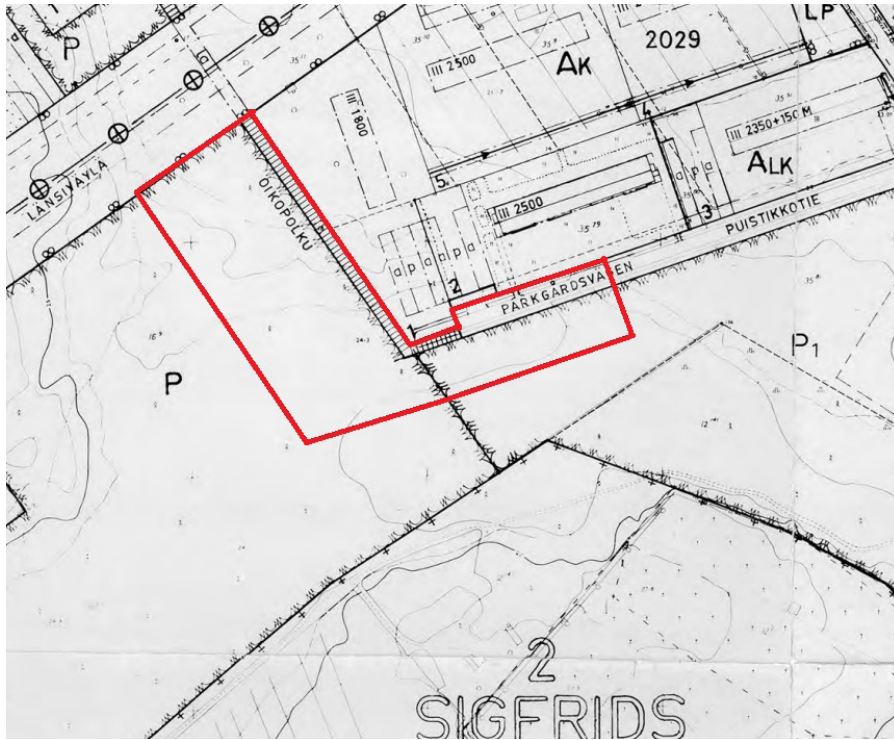


Ote maakuntakaavojen yhdistelmästä 2017. Suunnittelualue on osoitettu kartalla vihreällä ympyrällä.
 Utdrag ur sammanställningen av landskapsplanerna 2017. Planeringsområdets läge anges med en grön cirkel på kartan.

Taajamatoimintojen alue		Område för tätortsfunktioner
Tiivistettävä alue		Område som ska förtätas
Kuntakeskus		Kommuncentrum
Seututie		Regional väg
Yhdystie		Förbindelseväg
Yhdysrata		Förbindelsebana
Liityntäpysäköintipaikka		Anslutningsparkeringsplats
110 kV voimajohto		110 kV kraftledning
Maakaasun runkoputken yhteystarve		Behov av förbindelse för naturgashuvudledning
Pohjavesialue		Grundvattenområde
Natura 2000 -verkostoon kuuluva alue		Område som hör till nätverket Natura 2000
Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö (RKY 2009)		Byggd kulturmiljö av riksintresse (RKY 2009)
Maakunnallisesti merkittävä kulttuuriympäristö		Kulturmiljö av intresse på landskapsnivå



Tieliikenteen yhteystarve		Behov av vägtrafikförbindelse
Viheryhteystarve		Behov av grönförbindelse
Maisemallisesti arvokas alue		Landskapsmässigt värdefullt område
Tärkeä tai vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue		Viktigt grundvattensområde eller grundvattensområde som lämpar sig för vattentäkt
Natura 2000 -verkostoon kuuluva alue		Område som hör till nätverket Natura 2000
Taajamatoimintojen alue		Område för tätortsfunktioner
Kyläalue		Byområde
Keskustatoimintojen alue		Område för centrumfunktioner
Työpaikka-, teollisuus- ja varastoalue		Område för arbetsplatser, industri- och lagerverksamheter
Energiahuollon alue		Område för energiförsörjning
Haja-asutusalue		Glesbygdsområde
Muinaismuistokohde		Fornminnesobjekt
Terveyshaitan poistamistarve		Behov av att avlägsna sanitär olägenhet
Seututie/pääkatu		Regional väg/huvudgata
Yhdystie/kokoojakatu		Förbindelseväg/matargata
Liittymä		Anslutning
Eritasoliittymä		Planskild anslutning
Yhdysrata/kaupunkirata ja liikennepaikka		Förbindelsebana/stadsbana och trafikplats
Johto tai linja. K=kaasu, Z=sähkö		Ledning eller linje. K=gas, Z=el
Kohde, nykyinen ja uusi		Objekt, befintlig och nytt
Nykyiset tiet ja linjat		Befintliga vägar och linjer
Uudet tiet ja linjat		Nya vägar och linjer



PUISTOALLE.



PUISTOALUE, JOLLE SAA RAKENTAA VAPAA-AJAN TOIMINTOJA PALVELEVIA RAKENNUKSIA JA LAITTEITA. ALUEEN TEHOKKOUSLUKU (a) (KERROSBALAN SUHDE PUISTOALUEEN PINTA-ALUUN) SAA OLLA ENINTÄÄN 0,02. PIENILLA PUISTOALUEILLA (ENINTÄÄN 0,15 HA) SAA TEHOKKOUSLUKU OLLA ENINTÄÄN 0,05.



Park.
Puisto.

Aluetta koskevat sopimukset

Suunnittelualueella ei ole voimassa olevia sopimuksia.

Vaikutusten arviointi

Asemakaavan laadinnan yhteydessä selvitetään kaavan toteutuksen ympäristövaikutukset maankäyttö- ja rakennuslain edellyttämällä tavalla (MRL 9 § ja MRA 1 §). Lisäksi arvioidaan kaavan suhde valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin sekä yleispiirteisen kaavojen ohjausvaikutukset. Vaikutuksia arvioidaan suhteessa asetettaviin tavoitteisiin.

Vaikutusten arvioinnin tehtävänä on tukea kaavan valmistelua ja hyväksyttävien kaavaratkaisujen valintaa sekä auttaa arvioimaan, miten kaavan tavoitteet ja sisältövaatimukset toteutuvat. Kaavan vaikutusten arviointi perustuu alueelta laadittaviin perusselvityksiin, käytössä oleviin muihin perustietoihin, selvityksiin, suunnitelmiin, maastokäynteihin, osallisilta saataviin lähtötietoihin, lausuntoihin ja mielipiteisiin sekä laadittavien suunnitelmien ympäristöä muuttavien ominaisuuksien analysointiin. Vaikutusten arvioinnissa verrataan esitetyn kaavaratkaisun mukaista tilannetta nykytilanteeseen ja asetettuihin tavoitteisiin.

Avtal om området

Suunnittelualueella ei ole voimassa olevia sopimuksia.

Konsekvensbedömning

I samband med utarbetandet av detaljplanen utreds miljökonsekvenserna för genomförandet av planen på det sätt som markanvändnings- och bygglagen förutsätter (MarkByggl 9 § och MarkByggF 1 §). Dessutom bedöms planen i förhållande till de riksomfattande målen för områdesanvändningen samt med översiktliga planers styrningsverkan. Konsekvenserna bedöms i förhållande till de mål som ställs.

Konsekvensbedömningens uppgift är att stöda planberedningen och val av godtagbara planlösningar samt fungera som hjälp vid bedömningen av hur planens mål och innehållskrav förverkligas. Planens konsekvensbedömning grundar sig på basutredningar över området, på övrig tillgänglig grundinformation, utredningar, planer, terrängbesök, utgångsmaterial av intressenterna, utlåtanden och åsikter samt analysering av de egenskaper som förändrar miljön i planerna som utarbetas. I konsekvensbedömningen jämför man den presenterade planlösningen med nuläget och de uppställda målen.

Vaikutuksia arvioidaan suunnittelutyön aikana koko kaavaprosessin ajan ja se perustuu riittäviin lähtötilanteen tietojen selvittämiseen. Arvioidut vaikutukset kuvataan kaavaselostuksessa. Tässä työssä keskeisimpinä arvioidaan vaikutukset:

- ihmisten elinoloihin ja elinympäristöön
- maa- ja kallioperään, veteen, ilmaan ja ilmastoon
- kasvi- ja eläinlajeihin, luonnon monimuotoisuuteen ja luonnonvaroihin
- alue- ja yhdyskuntarakenteeseen, yhdyskunta- ja energiatalouteen sekä liikenteeseen
- kaupunkikuvaan, maisemaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön
- elinkeinoelämän toimivan kilpailun kehittymiseen

Vaikutusalue

Asemakaavatyön vaikutukset kohdistuvat suuremalti osin suunnittelualueeseen ja sen lähiympäristöön. Vaikutusalueen laajuus vaihtelee kuitenkin eri tekijöiden osalta varsin merkittävästi. Vaikutukset luonnonympäristöön ovat pääosin paikallisia, rajoittuen suunnittelualueeseen ja aivan sen lähiympäristöön, lukuun ottamatta mahdollisia vaikutuksia vesistöihin ja vesitalouteen. Rakentaminen muuttaa myös alueen maisemaa, mutta rakentamisen sijoittuminen olemassa olevan rakentamisen kupeeseen, ovat vaikutukset tältäkin osin varsin paikallisia.

Kaavaillut toiminnot lisäävät hieman Puistikkotien liikenteen määrää. Vaikutukset liikenteeseen ovat kuitenkin vähäiset.

Konsekvenserna bedöms under planeringsarbetets gång under hela planläggningsprocessen och baseras på tillräckliga utredningar av utgångssituationen. De bedömda konsekvenserna beskrivs i planbeskrivningen. De centralaste konsekvenserna som bedöms i det här arbetet är konsekvenserna för:

- människors levnadsförhållanden och livsmiljö
- marken och berggrunden, vattnet, luften och klimatet
- växt- och djurarter, naturens mångfald och naturresurserna
- region- och samhällsstrukturen, samhälls- och energiekonomin och trafiken
- stadsbilden, landskapet, kulturarvet och den byggda miljön
- utvecklingen av en fungerande konkurrens inom näringslivet

Influensområde

Konsekvenserna av arbetet med detaljplanen berör till största delen planeringsområdet och dess näromgivning. Influensområdets omfattning varierar dock relativt mycket beroende på vilka faktorer som granskas. Konsekvenserna för naturmiljön är främst lokala och begränsas till planeringsområdet och dess omedelbara näromgivning, med undantag för eventuella konsekvenser för vattendragen och vattenhushållningen. Byggandet kommer att förändra landskapet i området, men förläggs i huvudsak intill det befintliga byggnadsbeståndet, varvid konsekvenserna även i det här hänseendet är tämligen lokala.

De planerade funktionerna ökar trafiken något på Parkgårdsvägen. Konsekvenserna för trafiken är emellertid ringa.

Selvitykset

Maankäyttö- ja rakennuslain 9 §:n mukaan kaavan tulee perustua riittäviin tutkimuksiin ja selvityksiin.

Tehdyt selvitykset

Kaavan laadinnan ja vaikutusten arvioinnin pohjana käytetään muun muassa seuraavia selvityksiä ja suunnitelmia:

Maankäyttö- ja rakennuslain 9 §:n mukaan kaavan tulee perustua riittäviin tutkimuksiin ja selvityksiin. Kaavan laadinnan ja vaikutusten arvioinnin pohjana käytetään muun muassa seuraavia selvityksiä ja suunnitelmia:

- Sipoon Nikkilän liikenneselvitys- ja suunnitelma. SITO, 28.6.2013
- Nikkilän kehityskuva - Utvecklingsbild för Nickby, 2016
- Sipoon tieliikenteen meluselvitys. WSP Finland Oy, 2010

Tehtävät selvitykset

- Luontoselvitys
- Rakennettavuusselvitys
- Tarpeen tullen laaditaan lisäselvityksiä, mikäli kaavaprosessin edetessä tämä katsotaan tarpeelliseksi

Utredningar

Enligt 9 § i markanvändnings- och bygglagen ska en plan basera sig på tillräckliga undersökningar och utredningar.

Gjorda utredningar

Som underlag för sammanställandet av planen och bedömningen av konsekvenserna används bland annat följande utredningar och planer:

Enligt 9 § i markanvändnings- och bygglagen ska en plan basera sig på tillräckliga undersökningar och utredningar. Som underlag för utarbetandet av planen och bedömningen av konsekvenserna används bland annat följande utredningar och planer:

- Sipoon Nikkilän liikenneselvitys- ja suunnitelma. SITO, 28.6.2013
- Nikkilän kehityskuva - Utvecklingsbild för Nickby, 2016
- Sipoon tieliikenteen meluselvitys. WSP Finland Oy, 2010

Utredningar som ska göras

- Naturinventering
- Byggbarhetsutredning
- Vid behov kommer ytterligare utredningar att utarbetas under planprocessens gång.

Osalliset

Osallisia ovat maanomistaja ja ne, joiden asumiseen, työntekoon tai muihin oloihin kaavaa saattaa huomattavasti vaikuttaa. Osallisia ovat myös ne viranomaiset ja yhteisöt, joiden toimialaa suunnittelussa käsitellään.

Tämän asemakaavatyön kannalta keskeisiä osallisia ovat:

- Suunnittelualueen ja siihen rajautuvien alueiden kiinteistönomistajat ja asukkaat
- Sipoon kunta alueen maanomistajana
- Alueella toimivat yhdistykset ja järjestöt
- Kunnan hallintokunnat ja asiantuntijatahot, kuten tekniikka- ja ympäristöosasto
- Muut viranomaiset ja yhteistyötahot, kuten Itä-Uudenmaan pelastuslaitos, Uudenmaan ELY-keskus, Museovirasto, Porvoon museo, Sipoon Energia Oy ja Sipoon Vesi -liikelaitos.

Vuorovaikutus

Osallisilla tulee olla mahdollisuus osallistua kaavan valmisteluun, arvioida kaavan vaikutuksia sekä lausua kirjallisesti tai suullisesti mielipiteensä kaavasta (MRL 62 §). Tämän mahdollistamiseksi kaavoitusmenettely tulee järjestää ja suunnittelun lähtökohdista, tavoitteista ja mahdollisista vaihtoehdoista tulee tiedottaa.

Intressenter

Intressenter är markägarna och de vars boende, arbete eller andra förhållanden kan påverkas betydligt av planen. Intressenter är också de myndigheter och sammanslutningar vars verksamhetsområde behandlas i planeringen.

Centrala intressenter i detaljplanearbetet är:

- fastighetsägare och invånare på planeringsområdet och områden som gränsar till det
- Sibbo kommun som huvudsakliga fastighetsägare
- föreningar och sammanslutningar som har verksamhet i området
- kommunens förvaltningsenheter och sakkunniga som avdelningen för teknik och miljö
- övriga myndigheter och samarbetsorgan som Räddningsverket i Östra Nyland, Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland, Museiverket, Borgå museum, Sibbo Energi och affärsverket Sibbo Vatten

Växelverkan

Planläggningsförfarandet samt informationen om utgångspunkterna, målen och eventuella alternativ för planeringen ska ordnas så att intressenterna har möjlighet att delta i beredningen av planen, bedöma verkningarna av planläggningen och skriftligen eller muntligen uttala sin åsikt om saken (MarkByggl, 62 §).

Osallisilla on koko kaavatyön ajan mahdollisuus antaa asemakaavatyöhön liittyvää palautetta sähköpostitse, kirjeitse tai puhelimitse kaavoituksesta vastaavalle kunnan edustajalle. Kaavan laatijaa voi myös tulla tapaamaan, sopimalla tapaamisajasta kuitenkin etukäteen.

Tarvittaessa käydään työ- tai viranomaisneuvottelu Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY-keskuksen) kanssa.

Vuorovaikutus aloitusvaiheessa

Asemakaavatyö käynnistyy kaavatyön kuuluttamisella vireille, työn ohjelmoinnilla sekä osallistumis- ja arviointisuunnitelman laadinnalla (MRL 63 §).

Osallistumis- ja arviointisuunnitelma asetetaan julkisesti nähtäville asiakaspalvelu Info Nikkilässä 30 päivän ajaksi. Osallistumis- ja arviointisuunnitelmaan voi tutustua myös kunnan internet-sivuilla koko kaavaprosessin ajan.

Vuorovaikutus ehdotusvaiheessa

Asemakaavaehdotus asetetaan julkisesti nähtäville 30 päivän ajaksi (MRL 65 § ja MRA 27 §). Nähtävilläoloaikana osalliset voivat jättää kaavaehdotuksesta kirjallisen muistutuksen. Tarvittavilta viranomais- tahoilta pyydetään kaavaehdotuksesta lausunnot (MRA 28 §). Muistutuksiin ja lausuntoihin annetaan kunnan perusteltu vastine.

Kaavaehdotukseen tehdään muistutusten ja lausuntojen perusteella mahdollisesti muutoksia ennen sen lopullista käsittelyä. Mikäli tehtävät muutokset ovat oleellisia, kaavaehdotus asetetaan uudelleen nähtäville. Jos muutoksia ei tarvita tai ne eivät ole

Intressenterna har under hela planläggningsarbetets gång möjlighet att ge respons angående detaljplanearbetet per e-post, brev eller telefon till kommunens representant som svarar för planläggningen. Man kan också träffa planens beredare, bara man kommer överens om en besökstid på förhand.

Vid behov ordnas ett myndighetssamråd eller arbetsmöte med Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland (NTM-centralen).

Växelverkan i startskedet

Detaljplanearbetet startar när planarbetet kungörs anhängigt, arbetet planeras samt programmet för deltagande och bedömning utarbetas (63 § MarkByggL).

Programmet för deltagande och bedömning framläggs offentligt vid kundtjänningen Info Nickby i 30 dagar. Under hela planprocessen är det även möjligt att bekanta sig med programmet för deltagande och bedömning på kommunens webbplats

Växelverkan i förslagsskedet

Förslaget hålls offentligt framlagt under 30 dagar (MarkByggL, 65 § och MarkByggF, 27 §) och under den tiden har intressenterna rätt att göra en skriftlig anmärkning mot planförslaget. Utlåtande om förslaget till detaljplan ska begäras av behövliga myndigheter (MarkByggF, 28 §). Kommunen ger sitt motiverade bemötande till anmärkningarna och utlåtandena.

På basis av anmärkningarna och utlåtandena görs eventuella ändringar i planförslaget före den slutliga behandlingen. Om planförslaget ändras väsentligt ska det läggas fram på nytt. Om inga ändringar görs

olennaisia, korjattu asemakaavaehdotus viedään hyväksymiskäsittelyyn. Tarvittaessa järjestetään viranomaisneuvottelu.

Hyväksymisvaihe

Asemakaavan hyväksyy valtuusto maankäyttöjaoston ja kunnanhallituksen esityksestä. Valtuuston hyväksymispäätöksestä voi valittaa kirjallisesti Helsingin hallinto-oikeuteen ja edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Kaavan hyväksymispäätös saa lainvoiman noin kuuden viikon kuluttua hyväksymisestä, mikäli siitä ei valiteta. Kaava tulee voimaan, kun siitä on kulutettu niin kuin kunnalliset ilmoitukset kunnassa julkaistaan.

eller om de inte är väsentliga förs planförslaget till godkännandebehandling. Vid behov anordnas ett myndighetssamråd.

Godkännande

Fullmäktige godkänner detaljplanen enligt markanvändningssektionens och kommunstyrelsen förslag. Man kan besvära sig över fullmäktiges beslut till Helsingfors förvaltningsdomstol och vidare till högsta förvaltningsdomstolen. Beslutet om planens godkännande vinner laga kraft cirka sex veckor efter beslutet, ifall inget besvär över beslutet lämnats. Planen träder i kraft då den har kungjorts så som kommunala tillkännagivanden i kommunen publiceras.

Alustava aikataulu

Kaavatyön tavoitteellisen aikataulun mukaisesti osallisten kannalta tärkeimmät osallistumis- ja vuorovaikutusajankohdat ovat seuraavat:

Preliminär tidtabell

De viktigaste tidpunkterna för deltagande och växelverkan är enligt den målinriktade tidtabellen för planarbetet följande:



Tiedottaminen

Kaavatyön etenemisestä tiedotetaan laajimmin kunnan verkkosivuilla, jossa julkaistaan kaavaa koskevaa aineistoa. Kaavoitusta koskevia tietoja löytyy osoitteesta www.sipoo.fi/asemakaavat

Lähtökohtana tiedottamisessa on, että niillä, joita kaavatyö koskee on mahdollista seurata suunnitelua ja osallistua siihen. Kaavan etenemisen ja osallistumisen kannalta tärkeistä vaiheista ilmoitetaan paikallislehdissä (Sipoon Sanomat ja Östnyland), kunnan internet-sivuilla ja virallisella ilmoitustaululla Kuntalassa.

Asemakaavaehdotuksesta kirjallisen muistutuksen tehneille ja yhteystietonsa jättäneille toimitetaan kunnan perusteltu kannanotto (ns. vastine) muistutukseen. Kaavan hyväksymistä koskevasta päätöksestä lähetetään tieto niille kunnan jäsenille ja muistutuksen tehneille, jotka ovat sitä kaavan nähtävillä ollessa kirjallisesti pyytäneet ja ovat jättäneet yhteystietonsa.

Kuulutukset

Kaavaa koskevat kuulutukset julkaistaan Sipoon kunnan ilmoituslehdissä (Sipoon Sanomat ja Östnyland), Sipoon kunnan internet-sivuilla (www.sipoo.fi) ja virallisella ilmoitustaululla (Kuntala).

Information

Information om planlägningsarbetets framskridande publiceras på kommunens webbplats där materialet som berör planen finns åskådligt. Information om planläggningen finns på adressen www.sibbo.fi/detaljplaner

Utgångspunkten i informationen är att de som berörs av planarbetet ska ha möjlighet att följa med planeringen och delta i den. Om skeden som är viktiga med tanke på planens framskridande och deltagande annonseras i lokaltidningarna (Sipoon Sanomat och Östnyland), på kommunens webbplats och på den officiella anslagstavlan i Sockengården.

De som gjort en anmärkning mot detaljplanförslaget och som skriftligen har begärt det och samtidigt uppgett sin adress ska underrättas om kommunens motiverade ställningstagande (bemötande) till den framförda anmärkningen. Information om godkännande av planen sänds till de kommunmedlemmar samt de som gjort en anmärkning och som när planen var framlagd begärde det skriftligen och samtidigt uppgav sin adress.

Kungörelser

Kungörelser om planen publiceras i Sibbo kommuns annonstidningar (Sipoon Sanomat och Östnyland), på Sibbo kommuns webbplats (www.sibbo.fi) och på den officiella anslagstavlan (Sockengården).

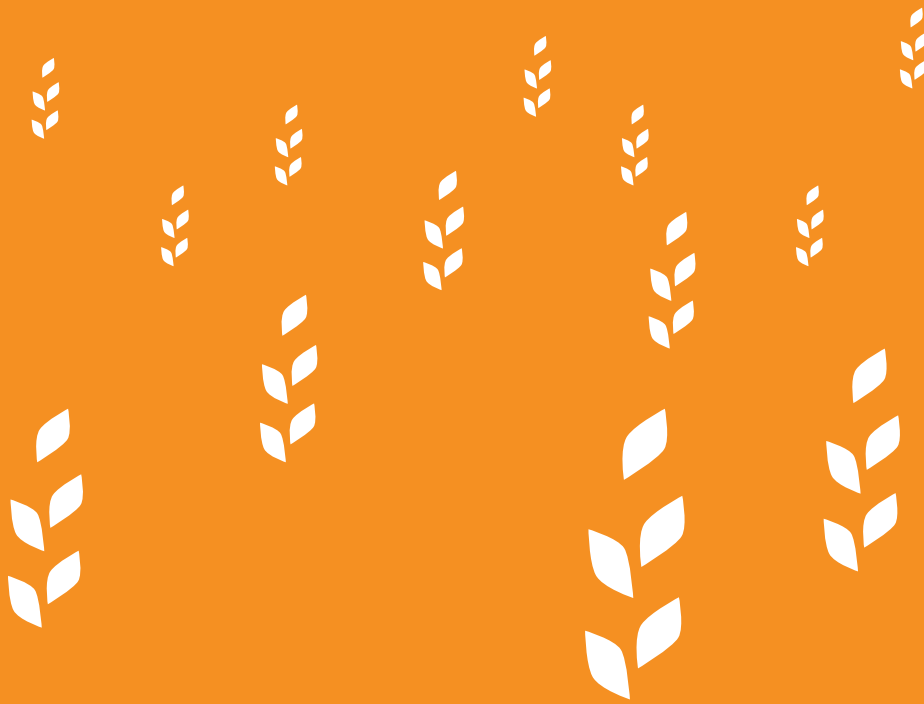
Yhteyshenkilöt / Förfrågningar

Lisätietoja asemakaavatyöstä antaa /
Tilläggsuppgifter om detaljplaneringen ges av:

Jani Ylimäki
kaavoittaja / planläggare
040 356 3037, jani.ylimaki@sipoo.fi

Jarkko Lyytinen
asemakaavapäällikkö / detaljplanechef
050 409 3957, jarkko.lyytinen@sipoo.fi

Postiosoite / Postadress:
Sipoon kunta, Kehitys- ja kaavoituskeskus,
PL 7, 04131 Sipoo
Sibbo kommun, Utvecklings- och planläggningscentralen
PB 7, 04131 SIBBO



SIPOO 2 SIGFRIDS AK

2029
AK

LP

ALK

AK-10
2037

AR-3
2039

AR-3
2038

2030
AK-1

3000+1450
39as

1400+1140
20as

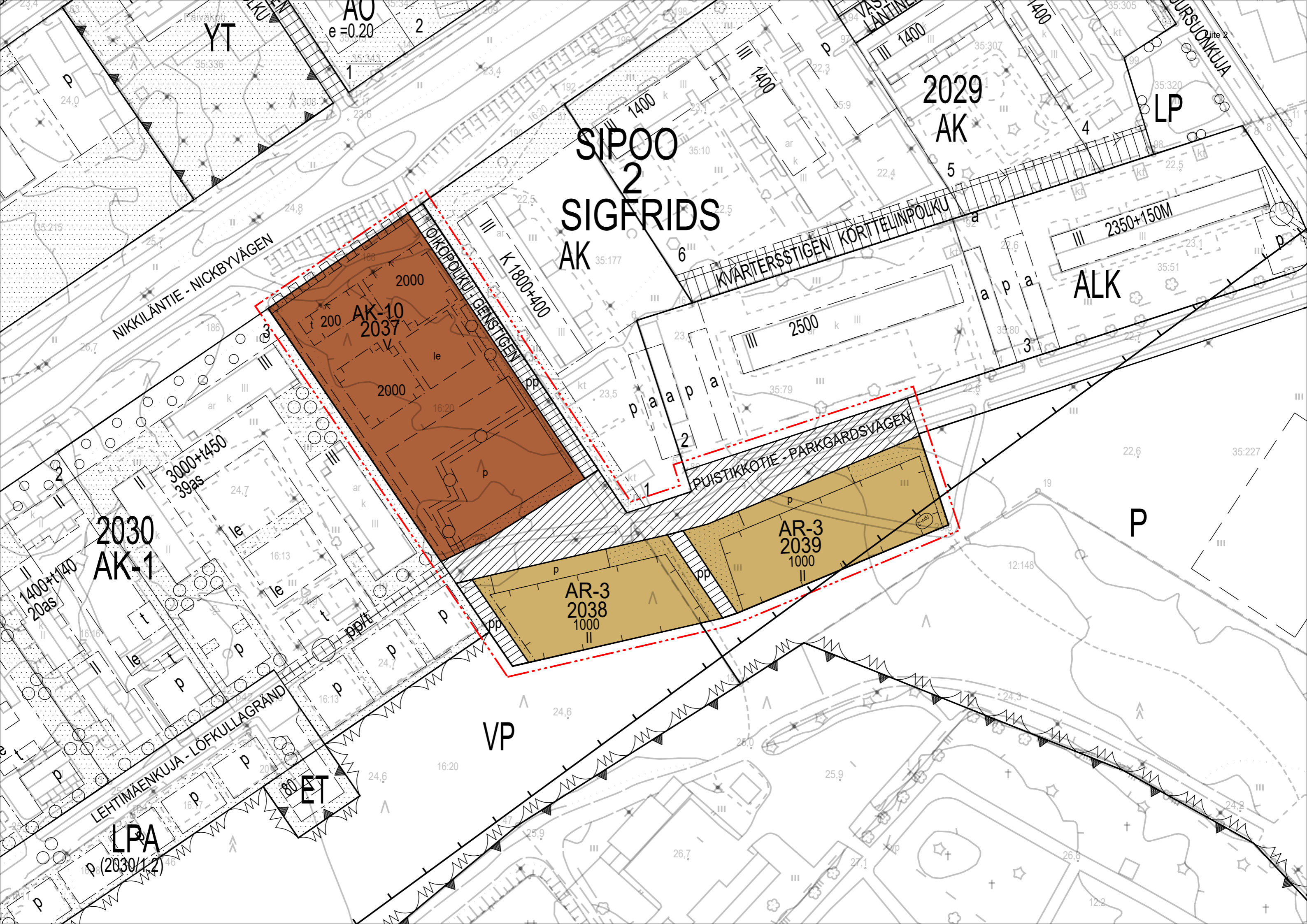
LPA

p (2030/1,2)

ET

VP

P



AK-10

Asuinkerrostalojen korttelialue.

Rakennusten katujulkisivujen tulee olla pääosin rapattuja, saumattomalla rakenteella. Kadun ja puiston puoleiset parvekkeet tulee rakentaa sisäänvedettyinä yhtenäistä julkisivupintaa muodostavina. Julkisivulinjasta ulos työntyviä parvekkeita ei saa kannattaa maasta.

Ikkunallisten luonnonvaloisten porrashuoneiden 15 m² ylittävä osa on sallittua rakentaa kussakin kerroksessa asemakaavakarttaan merkityn rakennusoikeuden lisäksi.

Rakentaminen täytyy toteuttaa asemakaavan yhteydessä laaditun rakennettavuusselvityksen mukaisin keinoin.

Ulkoa kantautuvasta melusta aiheutuva melutaso sisällä täytyy alittaa melun A-painotetun ekvivalenttitason (LAeq) päiväohjearvon (klo 7-22) 35 dB ja yöohjearvon (klo 22-7) 30 dB.

Melutaso ei saa ylittää ulkona melun A-painotetun ekvivalenttitason (LAeq) päiväohjearvoa (klo 7-22) 55 dB eikä yöohjearvoa (klo 22-7) 45 dB.

Kvartersområde för flervåningshus

Byggnadernas fasader mot gatan ska i huvudsak vara putsade och ha en foglös konstruktion. Balkongerna mot gatan och parken ska byggas indragna så att fasadytan är hel. Balkonger som skjuter ut ur fasadlinjen får inte stödjäs från marken.

Om trapphusen har fönster som släpper in naturligt ljus får den del av ytan som överstiger 15 m² byggas utöver den i detaljplanekartan angivna byggrätten för varje våning.

Byggandet ska genomföras på det sätt som anges i byggbarhetsutredningen som utarbetades i anslutning till detaljplanen.

Inomhus ska den bullernivå som orsakas av buller utifrån underskrida riktvärdet 35 dB under dagen (kl. 7–22) och riktvärdet 30 dB nattetid (kl. 22–7) för den A-vägda ekvivalentnivån (LAeq).

Utomhus får bullernivån inte överskrida riktvärdet 55 dB under dagen (kl. 7–22) och riktvärdet 45 dB nattetid (kl. 22–7) för den A-vägda ekvivalentnivån (LAeq).

AR-3

Rivitalojen ja muiden kytkettyjen asuinrakennusten korttelialue.

Rakennuksen arkkitehtuurin tulee olla korkeatasoista. Rakennusten julkisivujen tulee olla pääosin puuta tai rapattuja, saumattomalla rakenteella. Hirsirakennuksissa tulee olla lyhyet nurkkasalvokset.

Kvartersområde för radhus och andra kopplade bostadshus.

Byggnadernas arkitektur ska vara förstklassig. Byggnadernas fasader ska i huvudsak vara trä eller putsade och ha en foglös konstruktion.

3 m kaava-alueen rajan ulkopuolella oleva viiva.
Linje 3 m utanför planområdets gräns.

Korttelin, korttelinosan ja alueen raja.
Kvarters-, kvartersdels- och områdesgräns.

Osa-alueen raja.
Gräns för delområde.

Ohjeellinen alueen tai osa-alueen raja.
Riktgivande gräns för område eller del av område.

Poikkiviiva osoittaa rajan sen puolen johon merkintä kohdistuu.
Tvärstrecken anger på vilken sida av gränsen beteckningen gäller.

Kaupungin- tai kunnanosan numero.
Stadsdels- eller kommunaldelsnummer.

Kaupungin- tai kunnanosan nimi.
Namn på stads- eller kommunal.

Korttelin numero.
Kvartersnummer.

Kadun, tien, katuaukion, torin, puiston tai muun yleisen alueen nimi.
Namn på gata, väg, öppen plats, torg, park eller annat allmänt område.

Rakennusoikeus kerrosalaneliömetreinä.
Byggnadsrätt i kvadratmeter våningsyta.

Talousrakennuksen rakennusoikeus kerrosalaneliömetreinä.
Byggrätten i våningskvadratmeter för ekonomibygnad.

Roomalainen numero osoittaa rakennusten, rakennuksen tai sen osan suurimman sallitun kerrosluvun.
Romersk siffra anger största tillåtna antalet våningar i byggnaderna, i byggnaden eller i en del därav.

Rakennusala.
Byggnadsyta.

Rakennusala, jolle saa sijoittaa talousrakennuksen.
Byggnadsyta där ekonomibygnad får placeras.

Ohjeellinen leikki- ja oleskelualueeksi varattu alueen osa.
Riktgivande för lek och utevistelse reserverad del av område.

Ohjeellinen pysäköimispaikka.
Riktgivande parkeringsplats.

Nuoli osoittaa rakennusalan sivun, johon rakennus on rakennettava kiinni.
Pilen anger den sida av byggnadsytan som byggnaden skall tangera.

Istutettava alueen osa.
Del av område som skall planteras.

Jalankululle ja polkupyöräilylle varattu katu/tie.
Gata/väg reserverad för gång- och cykeltrafik.

Pihakatu.
Gårdsgata.

Ohjeellinen maanalaista johtoa varten varattu alueen osa.
Riktgivande för underjordisk ledning reserverad del av område.

Sijaitsee pohjavesialueella. Pohjavesialueella määrätään:
- Viemärit on rakennettava tiiviiksi siten, että jätevesiä ei pääse maaperään.
- Kaikki säiliöt, jotka on tarkoitettu nestemäisille polttoaineille tai muille pohjavedenlaadulle vaarallisille aineille, on sijoitettava tiiviiseen katettuun

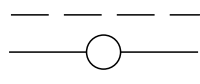
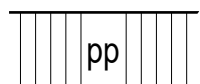
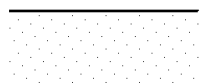
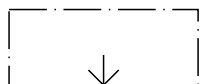
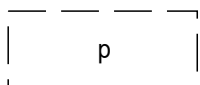
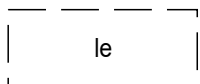
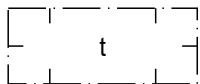
2
SIPOO
2039

PUISTIKKOTIE -

1000

200

II



suoja-altaaseen. Altaan tilavuuden tulee olla suurempi kuin varastoitavan nesteen suurin määrä. Säiliöt on varustettava vuodonilmaisujärjestelmällä sekä ylitäytön estolaittein. Maanalaiset säiliöt ovat kiellettyjä.

- Rakentaminen, ojitukset ja maankaivu on tehtävä siten, ettei aiheudu pohjavedenlaatumuutoksia tai pysyviä muutoksia pohjaveden pinnankorkeuteen. Rakentamisen takia ei saa aiheutua haitallista pohjaveden purkautumista.
 - Istutusalueilta, katoilta ja muilta piha-alueilta kertyvät puhtaat hulevedet tulee mahdollisuuksien mukaan imeyttää.
 - Pysäköintialueet on päällystettävä vettä läpäisemättömällä pintamateriaalilla ja pysäköintialueiden hulevedet tulee hallitusti johtaa öljynerotuskaivon kautta.
 - Autojen pesu on kiellettyä pohjavesialueella muualla kuin tarkoitukseen rakennetulla asianmukaisella pesupaikalla.
 - Maalämpöjärjestelmiä ei saa sijoittaa pohjavesialueelle.
- Ligger på grundvattensområde. Bestämmelser på grundvattenområdet:
- Avloppen skall byggas tät så att inget avloppsvatten kommer ut i marken.
 - Alla cisterner, som är avsedda för flytande bränslen eller andra ämnen, som kan äventyra grundvattnets kvalitet, skall anläggas i en vattentät och täckt skydds-bassäng. Bassängens volym skall vara större än den maximala mängden vätska som lagras. Behållarna skall förses med läckagegivar-system samt överflyllnadsskydd. Behållare under marken är förbjudna.
 - Byggande, dikning och grävning skall utföras så, att det inte medför förändringar i grundvattnets kvalitet eller bestående förändringar i grundvattennivån. Byggandet får inte förorsaka skadligt utflöde av grundvatten.
 - Rent dagvatten från planteringsområden, tak och andra gårdsområden skall i mån av möjlighet infiltreras.
 - Parkeringsplatserna ska beläggas med ett för vatten ogenomsläppligt ytmaterial och dagvattnet från parkeringsplatserna ska avledas kontrollerat via en oljeavskiljningsbrunn.
 - Tvätt av bilar är förbjudet på grundvattenområdet på andra ställen än för ändamålet byggda vederbörliga tvättställen.
 - Jordvärmesystem får inte placeras på grundvattenområde.

Alueella on ohjeellinen tonttijako.

Yksiöitä saa olla enintään 35 % asunnoista. Kolmioita tai tätä isompia asuntoja tulee olla vähintään 30 % asunnoista, minkä lisäksi näiden asuntojen keskikoko tulee olla vähintään 60 neliometriä. Kunta voi hankekohtaisesti poiketa säännöstä, jos se nähdään sijainnin ja alueen profiilin kannalta perusteltuna.

Auto- ja pyöräpaikat

Autopaikkoja on rakennettava vähintään seuraavasti:

AK-kortteleissa

- asuminen 1 ap/75 k-m², tai vähintään 0,8 ap/asunto
- liike- ja toimitilat (ei asiakaspaikat) 1 ap/150 k-m²
- vieraspaikat 1 ap/enintään 10 asuntoa

AR

- asuminen 1,5 ap/asunto

Helposti käytettäviä polkupyöräpaikkoja varten on varattava tilaa:

- asuminen 1 pp / 30 k-m², kuitenkin vähintään 2 pp/asunto
- liiketilat 1 pp / 50 k-m²

Kaikki asumisen pyöräpaikat on sijoitettava säältä suojattuun, lukittavaan tilaan. Lisäksi tulee osoittaa tilaa lyhytaikaiseen pyöräpysäköintiin ulkotiloissa runkolukitusmahdollisuudella. Polkupyörien säilytystiloja saa myös rakentaa piha-alueelle rakennusalan ulkopuolelle.

Hulevedet

Hulevesien viivytystilavuuden on oltava yksi kuutiometri tuhatta rakennuspaikan neliometriä kohden. Rakennuslupaa haettaessa tonteille on laadittava tarkempi hulevesisuunnitelma, jossa osoitetaan hulevesien kerääminen ja poistaminen. AK-10 korttelin hulevedet on johdettava lopuksi Nikkiläntien vieressä sijaitsevaan avo-ojaan ja sitä kautta Sipoon kunnan hulevesien viivytysjärjestelmään. AR-3 korttelien hulevedet on johdettava niiden eteläpuolella sijaitsevaan avo-ojaan. Avo-ojat täytyy olla valmiina ennen rakennuspaikkojen rakentamista.

ALLMÄNNA BESTÄMMELSER

Området har en riktgivande tomtindelning.

Av bostäderna får högst 35 % vara enrummare. Minst 30 % av bostäderna skall vara trerummare eller större och medelstorleken på dessa skall vara minst 60 kvadratmeter. Kommunen kan avvika från regeln beroende på projektet och om det är befogat med tanke på områdets läge och profil.

Bil- och cykelplatser

Bilplatser ska byggas åtminstone i följande utsträckning:

AK-kvarteren

- bostäder 1 bp/75 vy-m², eller minst 0,8 bp/bostad
- affärs- och kontorslokaler (inte kundparkering) 1 bp/150 vy-m²
- gästplatser 1 bp/högst 10 bostäder

AR

- bostäder 1,5 bp/bostad

Utrymme som ska reserveras för lättillgänglig cykelparkering:

- bostäder 1 cp/30 vy-m², dock minst 2 cp/bostad
- affärslokaler 1 cp/50 vy-m²

Alla cykelplatser i anslutning till bostäderna ska förläggas till ett väderskyddat, låst utrymme. Därtill ska en plats utomhus med möjlighet att använda ramlås anvisas för korttidsparkering av cyklar. Cykelförråd får också byggas på gården utanför byggnadsytan.

Dagvatten

Fördröjningsvolymen för dagvatten ska vara 1 kubikmeter per 1 000 kvadratmeter på byggplatsen. I samband med ansökan om bygglov ska en detaljerad dagvattenplan sammanställas för tomten. Planen ska visa hur dagvatten samlas in och leds bort. I AK-10-kvarteret ska dagvattnet slutligen ledas till det öppna diket längs Nickbyvägen och därifrån vidare till Sippo kommuns system för fördröjning av dagvatten. Dagvattnet från AK-3-kvarteren ska ledas till det öppna diket på södra sidan av kvarteren. De öppna diken ska vara klara innan byggplatsernas börjar bebyggas.

Pirjo Siren
kehitysjohtaja, utvecklingsdirektör

Jarkko Lyytinen
Kaavoituspäällikkö, Planläggningschef

SIPOON KUNTA
NIKKILÄ

SIBBO KOMMUN
NICKBY

**N 60 OIKOPOLKU
NIKKILÄ
N 60 GENSTIGEN
NICKBY**


Asemakaavamuutos koskee seuraavia kiinteistöjä tai osia niistä: 753-416-16-20 ja 753-416-35-227.

Asemakaavan muutoksella muodostuu korttelit 2037, 2038 ja 2039, katualuetta sekä kevyen liikenteen ja pyöräilyn reitti

Detaljplaneändringen berör följande fastigheter eller delar av dem: 753-416-16-20 och 753-416-35-227.

Genom ändringen av detaljplanen bildas kvarteren 2037, 2038 och 2039, gatuområde samt en led för lätt trafik och cykling.

Voimaantulo / Ikraftträdande	
Kuulutus / Kungörelse	
Valtuusto / Fullmäktige	
Kunnanhallitus / Kommunstyrelsen	
Kaavoitusjaosto / Planläggningssektionen	
Ehdotus nähtävillä / Förslag framlagd MRL / MarkByggL 65§, MRA / MarkByggF 27§	
Kunnanhallitus / Kommunstyrelsen	
Kaavoitusjaosto / Planläggningssektionen	8.9.2021

 SIPOON KUNTA SIBBO KOMMUN	Kehitys- ja kaavoituskeskus Utvecklings- och planläggningscentralen	Numero/Nummer
		N 60
N 60 OIKOPOLKU NIKKILÄ N 60 GENSTIGEN NICKBY		Päiväys/Datum
		8.9.2021
		Kaavan laatija / Planens utarbetare
Jani Ylimäki		
Piirtäjä/Ritare		
Jani Ylimäki		
Mittakaava/Skala		
1:1000		

Asemakaavan seurantalomake

Asemakaavan perustiedot ja yhteenveto

Kunta	753 Sipoo Täyttämispvm	25.08.2021	
Kaavan nimi	N 60 Oikopolku		
Hyväksymispvm	Ehdotuspvm		
Hyväksyjä	Vireilletulosta ilm. pvm	18.06.2020	
Hyväksymispykälä	Kunnan kaavatunnus	n 60	
Generoitu kaavatunnus			
Kaava-alueen pinta-ala [ha]	1,2954	Uusi asemakaavan pinta-ala [ha]	0,0000
Maanalaisen tilojen pinta-ala [ha]	0,0000	Asemakaavan muutoksen pinta-ala [ha]	1,2954

Ranta-asemakaava Rantaviivan pituus [km]

Rakennuspaikat [lkm]	Omarantaiset	Ei-omarantaiset
Lomarakennuspaikat [lkm]	Omarantaiset	Ei-omarantaiset

Aluevaraukset	Pinta-ala [ha]	Pinta-ala [%]	Kerrosala [k-m ²]	Tehokkuus [e]	Pinta-alan muut. [ha +/-]	Kerrosalan muut. [k-m ² +/-]
Yhteensä	1,2954	100,0	6200	0,48	0,0000	6200
A yhteensä	0,9686	74,8	6200	0,64	0,9686	6200
P yhteensä						
Y yhteensä						
C yhteensä						
K yhteensä						
T yhteensä						
V yhteensä	0,0000		0		-1,1220	0
R yhteensä						
L yhteensä	0,3268	25,2	0		0,1534	0
E yhteensä						
S yhteensä						
M yhteensä						
W yhteensä						

Maanalaiset tilat	Pinta-ala [ha]	Pinta-ala [%]	Kerrosala [k-m ²]	Pinta-alan muut. [ha +/-]	Kerrosalan muut. [k-m ² +/-]
Yhteensä					

Rakennussuojelu	Suojellut rakennukset		Suojeltujen rakennusten muutos	
	[lkm]	[k-m ²]	[lkm +/-]	[k-m ² +/-]
Yhteensä				

Alamerkinntät

Aluevaraukset	Pinta-ala [ha]	Pinta-ala [%]	Kerrosala [k-m ²]	Tehokkuus [e]	Pinta-alan muut. [ha +/-]	Kerrosalan muut. [k-m ² +/-]
Yhteensä	1,2954	100,0	6200	0,48	0,0000	6200
A yhteensä	0,9686	74,8	6200	0,64	0,9686	6200
AK-10	0,5432	56,1	4200	0,77	0,5432	4200
AR-3	0,4254	43,9	2000	0,47	0,4254	2000
P yhteensä						
Y yhteensä						
C yhteensä						
K yhteensä						
T yhteensä						
V yhteensä	0,0000		0		-1,1220	0
VP	0,0000		0		-0,8065	0
P1	0,0000		0		-0,3155	
R yhteensä						
L yhteensä	0,3268	25,2	0		0,1534	0
Kadut	0,0000				-0,0901	
Pihakadut	0,2399	73,4	0		0,2399	0
Kev.liik.kadut	0,0869	26,6	0		0,0036	0
E yhteensä						
S yhteensä						
M yhteensä						
W yhteensä						



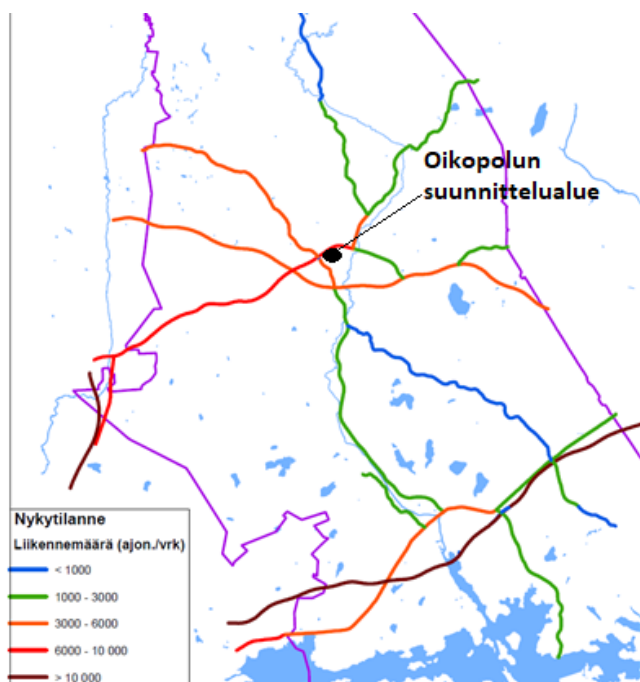
Melutarkastelu

N 60 OIKOPOLKU - ASEMAKAAVAMUUTOS
YLIMÄKI JANI

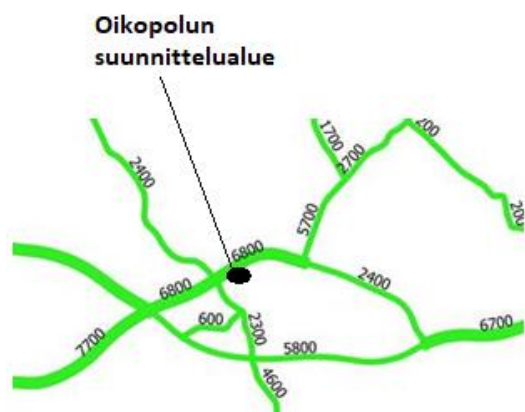
SIPOON KUNTA
Kaavoitus

WSP Finlandin vuoden 2010 meluselvityksen ajantasaisuuden arviointi.

WSP Finlandin vuoden 2010 meluselvityksen aikana Nikkiläntien liikennemäärät suunnittelualueen kohdalta olivat arvioitu 6000 – 10000 ajoneuvon luokkaan. Vuoden 2019 tietojen (KAVL) mukaan liikennemäärät samassa kohdassa ovat 6800 ajoneuvoa vuorokaudessa. Nikkiläntien nopeusrajoitukset suunnittelualueen kohdalla olivat vuonna 2010 meluselvityksen aikana 50 km / h tasolla, kun vastaavasti nykyhetkessä nopeusrajoitus kyseisellä kohdalla on pudotettu 40 km / h tasolle. Ajonopeutta pudottaa myös suunnittelualueen kohdalla oleva tien kavennusosa sekä välittömässä läheisyydessä sijaitseva liikenneympyrä, joita ei ollut vuoden 2010 lähtötilanteessa.



Kuva 1. Nikkiläntien liikennemäärät 2009 ovat olleet Suunnittelualueen kohdalla 6000 – 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

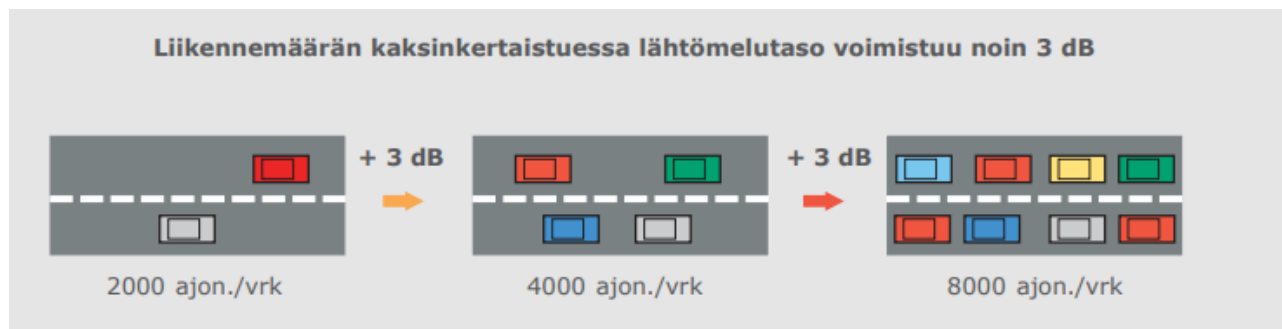


Kuva 2. Vuoden 2019 liikennemäärät Oikopolun suunnittelualueen kohdalta olivat 6800 ajoneuvoa vuorokaudessa. (KAVL)

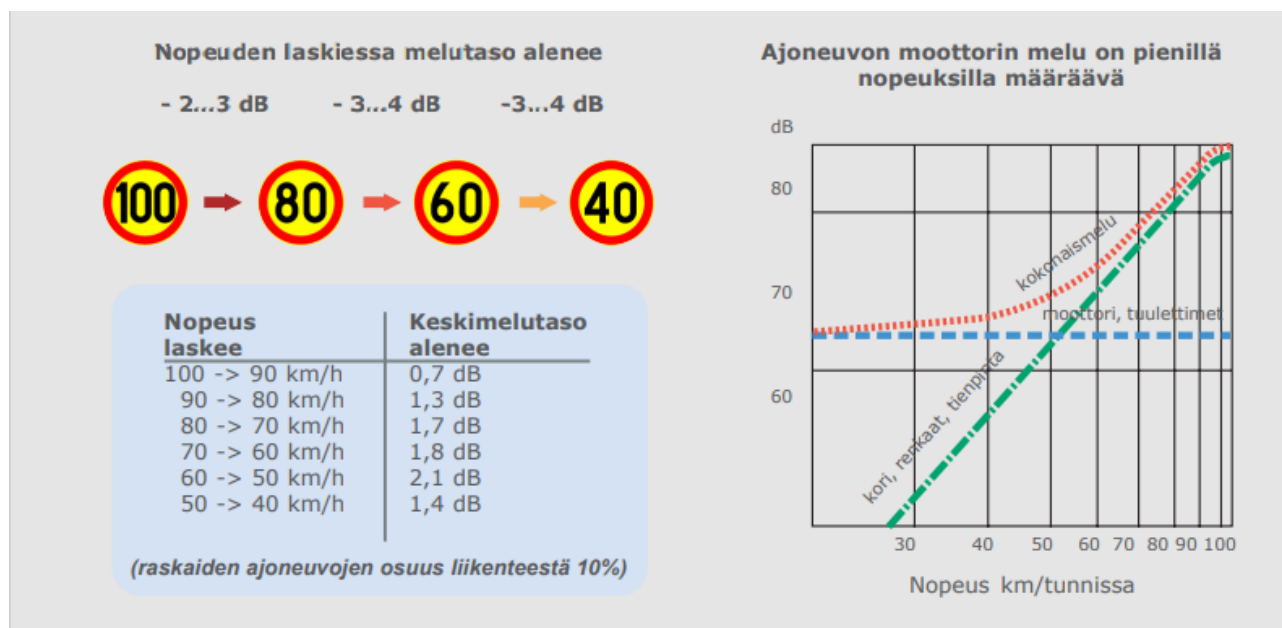
Liikennemäärät on esitetty vuoden 2010 lähtötilanteessa suurpiirteisesti 6000-10000 ajoneuvon luokassa ja nykytilanteessa liikennemäärät ovat 6800 (KAVL 2019) ajoneuvoa vuorokaudessa, joka sijoittuisi vuoden

2010 luokan 6000 – 10 000 alkupäähän. Liikennemäärät ovat pysyneet samalla tasolla kuin vuoden 2010 selvityksen aikana ja nopeusrajoitukset on pudotettu pienemmäksi selvitysajankohdasta nykyhetkeen.

Liikennemäärien kaksinkertaistuminen muuttaisi melutasoa +3 dB (kuva 3). Ajonopeuden pudotus 50 km/h tasosta 40 km/h tasolle muuttaa melutasoa -1.4 dB (kuva 4). Liikennemäärät eivät ole juurikaan muuttuneet ja nopeusrajoitus on pudonnut 50 km/h -> 40 km/h, joten lähtötilanne melutasoissa nykyhetken tilanteessa on jopa suotuisampi kuin vuonna 2010. WSP Finlandin meluselvityksen katsotaan täten olevan riittävän ajantasainen Oikopolun suunnittelualueen kohdalla. Oikopolun kodalla maastossa ei ole juurikaan korkeuseroja, joten vuoden 2010 meluselvitys antaa kyseisestä kohdasta erittäin tarkkaa analyysiä.

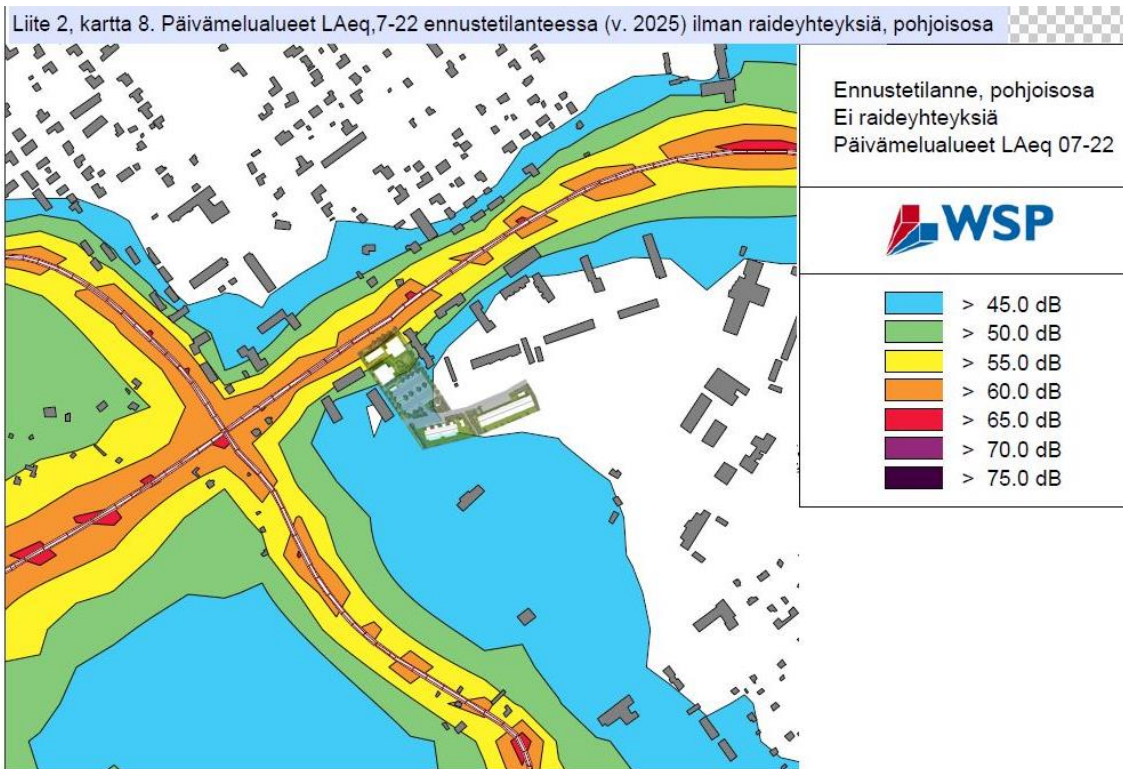


Kuva3. Kuvakaappaus Väyläviraston julkaisusta.



Kuva 4. Kuvakaappaus Väyläviraston julkaisusta.

Vuoden 2010 meluselvityksessä ennustettiin vuoden 2025 melutasoksi suunnittelualueen suunniteltujen rakennuspaikkojen kohdalla 55.0 dB. Suunniteltujen piha-alueiden kohdalla on pohjoisosassa ohut melukaistale, jossa melutaso on 50.0 dB korkeudessa ja loput suunnittelualueesta ovat alle 45.0 dB melutasossa.



Kuva 5. WSP Finlandin 2010 vuoden meluselvityksen mukainen ennustetilanne vuodelle 2025. Suunnittelualueen havainnekuva piirretty oikealle sijainnille kartan päälle.

Valtioneuvoston asetuksessa 993/1992 annetut meluohjevot saavutetaan pohjoisosien rakennuksien kohdalla tavanomaisilla julkisivurakenteilla ja piha-alueet ovat valmiiksi riittävät valtioneuvoston asetuksen mukaisiin melutasojen ohjearvoihin.

2 §

Ohjevot ulkona

Asumiseen käytettävillä alueilla, virkistysalueilla taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevilla alueilla on ohjeena, että melutaso ei saa ylittää ulkona melun A-painotetun ekvivalenttitason (L_{Aeq}) päiväohjearvoa (klo 7-22) 55 dB eikä yöohjearvoa (klo 22-7) 50 dB. Uusilla alueilla on melutason yöohjearvo kuitenkin 45 dB. Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei kuitenkaan sovelleta yöohjearvoja.

3 §

Ohjevot sisällä

Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa on ohjeena, että ulkoa kantautuvasta melusta aiheutuva melutaso sisällä alittaa melun A-painotetun ekvivalenttitason (L_{Aeq}) päiväohjearvon (klo 7-22) 35 dB ja yöohjearvon (klo 22-7) 30 dB.

Kuvakaappaus valtioneuvoston asetuksen 993/1992 pykälistä 2 ja 3.

Aiemmin todettiin vuoden 2010 selvityksen mukaisten meluennusteiden olevan hieman yläkanttiin todellisuuteen nähden. Varmuutta piha-alueen riittäville melutasoille tuo myös suunniteltavien rakennuksien massoitukset, jotka tuovat vielä lisäsuojaa valmiiksi erinomaisiin meluolosuhteisiin.

Perustellusti voidaan todeta vuoden 2010 meluselvitys muuttuneilla olosuhteilla arvioituna riittäväksi toteamaan, että N 60 Oikopolun asemakaava pystytään toteuttamaan valtioneuvoston asetuksen 993/1992

mukaisilla melutasojen ohjearvoilla. Kaavamääräyksiin olisi hyvä lisätä valtioneuvoston suositusten mukaiset melutason vaatimukset.

Liitteet

- 1 WSP Finland – Sipoon tieliikenteen meluselvitys 2010
- 2 Tiehallinto – Tieliikenteen melu - Perustietoa tieliikenteen melusta ja sen torjunnasta



SIPOON TIELIIKENTEEN MELUSELVITYS

11.3.2010

WSP Finland Oy



SISÄLLYSLUETTELO

TOIMEKSIANTO.....	3
1 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	3
1.1. Laskentamalli.....	3
1.2. Liikenne.....	3
1.3. Tielinjat.....	4
1.4. Aukastiedot ja melulle altistuvien määrän arviointi.....	4
1.5. Melutason ohjearvot	4
1.6. Laskennan epävarmuus	5
2 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	6
2.1. Melutasot nykytilanteessa.....	6
2.2. Melutasot vuonna 2025.....	7
2.3. Melulle altistuvat asukkaat	7
2.4. Meluntorjuntatarpeet.....	8
2.4.1 Asukkaiden suojaaminen	9
2.4.2 Herkät kohteet.....	9
3 JOHTOPÄÄTÖKSET	9
LÄHDELUETTELO	9
LIITEKARTAT	10

TOIMEKSIANTO

Sipoon tieliikenteen meluselvitys tehtiin Sipoon kunnan toimeksiannosta. Selvitys tehtiin vuonna 2006 valmistuneen tieliikenteen meluselvityksen päivityksenä. Päivitystarve lähti siitä, että liikenne-ennusteet ja myös nykytilanteen liikennemäärät ovat muuttuneet vuoden 2006 tilanteesta. Selvityksen tavoitteena oli saada tietoa Sipoon melutilanteesta ja melulle altistuvien asukkaiden määrästä. Tulosten perusteella nimettiin melun kannalta ongelmallisimmat kohteet ja määritettiin alueita, joilla näyttäisi olevan meluntorjuntatarvetta korkeiden melutasojen tai suuren altistuvan väestömäärän perusteella.

Meluselvityksen on laatinut WSP Finland Oy:ssä Sirpa Lappalainen.

1 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

1.1. Laskentamalli

Ympäristömelun laskennallinen arviointi tehtiin Cadna/A 3.7 ympäristömelun laskentaohjelmistoon kuuluvalla pohjoismaisella tieliikennemelumallilla (Nordic Council of Ministers 1996). Laskentamalli ottaa huomioon äänen geometrisen vaimentumisen, maaston ja rakenteiden muodostamien esteiden vaikutukset äänen etenemiseen sekä maanpinnan aiheuttamat vaimennukset.

Laskentoja varten muodostettiin kolmiulotteinen laskentamalli, johon kuvattiin maaston korkeusolosuhteet, rakennusten sijainti ja korkeus sekä teiden sijainti, korkeus ja liikennemäärät. Maanpintamalli muodostettiin Sipoon kunnan luovuttamasta kartta-aineistosta jossa alueen korkeuskäyrät oli merkitty 2,5 metrin välein. Lisäksi kartta-aineistosta poimittiin laskentaan mukaan teiden läheisyydessä olevat rakennukset. Rakennusten korkeutena käytettiin kaikkien rakennusten kohdalla 7 metriä. Laskennoissa käytettiin samaa laskentamallia kuin vuoden 2006 meluselvityksessä. Vain muutamia yksittäisiä rakennuksia lisättiin malliin (Söderkullan koulu ja S-market).

Melutasoja on laskettu nykytilanteessa 20 metrin välein sijoitettuihin laskentapisteisiin. Laskennat tehtiin kahden metrin korkeuteen maanpinnasta. Laskennassa otettiin huomioon ensimmäisen kertaluokan heijastukset kovista pinnoista eli vesistöistä. Keskusta-alueiden ja muiden kovien tai päällystettyjen pintojen heijastusvaikutusta ei huomioitu. Melualueella asuvien asukkaiden laskemiseksi on lisäksi tarkasteltu julkisivuihin kohdistuvia äänenpainetasoja.

Laskennoista saadut melualueet esitetään 5 dB meluvyöhykkeinä, välillä 45 – 65 dB päivä- ja yöaikaan.

1.2. Liikenne

Melulaskennat tehtiin nykytilanteen (v. 2009) ja vuoden 2030 ennusteliikennemäärillä. Liitteen 1 kartassa 1 esitetään teiden keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) Sipoon alueella vuonna 2009 ja kartoissa 2 ja 3

ennustetilanteessa vuonna 2025. Lisäksi karttoihin 4 ja 5 on merkitty tien nopeusrajoitus sekä raskaan liikenteen % -osuus. Sekä nyky- että ennustetilanteissa on käytetty samoja nopeuksia ja raskaan liikenteen osuuksia. Liikennettä koskevat tiedot on saatu Tiehallinnolta (nykytilanne) ja Strafican liikenneselvityksestä (ennustetilanteiden liikennemäärät). Ennustetilanteessa laskettiin meluvyöhykkeet kahdelle vaihtoehdolle; Sipoon rautatieyhteydet (Kerava – Nikkilä –rata ja metro) ovat toteutuneet ja Sipoon rautatieyhteydet eivät ole toteutuneet. Ennustetilanteen liikennemäärät on arvioitu Strafica Oy:n ja Sito Oy:n liikenneselvityksessä ”Sipoon yleiskaava 2025, liikenneverkko selvitys, 6.6.2008” sekä Strafican vuonna 2009 laatimassa tarkennuksessa ennustetilanteen liikennemääristä raideyhteyksien toteutumisen jälkeen. Liikennemäärät ennustetilanteissa eroavat hyvin vähän toisistaan. Suurimmaksi osaksi liikennemäärät ovat samat kummassakin vaihtoehdossa, mutta joillain tieosuuksilla liikennemäärät eroavat 100 ajoneuvoa/vuorokausi.

Laskentamallissa on oletettu, että tieliikenteen keskivuorokausiliikenteestä toteutuu päivällä 90 % ja yöllä 10 %. Sipoon tieliikenteen melualueet laskettiin samoille tieosuuksille kuin vuoden 2006 selvityksessä.

1.3. Tielinjat

Vuonna 2006 tehdyn työn alkuvaiheessa laskentoihin mukaan otetut tiet mitattiin erillisenä toimeksiantona GPS –autolla. Näin laskentojen pohjaksi saatiin tarkat ja ajanmukaiset tiedot teiden geometriasta.

Teiden geometria- ja poikkileikkaustietojen perusteella tiet liitettiin maastomalliin, jolloin mahdolliset leikkaukset tai penkereet muodostuivat tien reunaan mahdollisimman totuudenmukaisina. Jotkut leikkaukset saattoivat maastomallissa toteutua todellista loivempina.

1.4. Asukastiedot ja melulle altistuvien määrän arviointi

Melualueella asuvien asukkaiden määrät määritettiin päivä- ja yöaikana luokissa 45 – 50, 50 – 55, 55 – 60 dB, 60 – 65 dB ja yli 65 dB. Maastomallin asuinrakennuksiin lisättiin tieto rakennuksessa asuvien asukkaiden määrästä. Asukasmäärätiedot saatiin Sipoon kunnan luovuttamasta RHR-aineistosta, josta saatiin rakennustyyppi sekä asukkaiden lukumäärä rakennuksessa.

Asuinrakennuksiin, joissa oli asukasmäärätieto, laskettiin julkisivuun kohdistuvat keskiäänitasot 2 metrin korkeudella. Rakennusten julkisivuille asetettiin julkisivuun kohdistuvan melutason laskentapisteitä. Asukkaiden määrät eri meluvyöhykkeillä laskettiin rakennusten julkisivuihin kohdistuvien suurimpien melutason perusteella.

1.5. Melutason ohjearvot

Valtioneuvoston päätöstä melutason ohjearvoista sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Taulukossa 1 on esitetty melutason ohjearvot sisällä ja ulkona

Taulukko 1. Melutason ohjearvot melun A-painotettuna keskiäänitasona (ekvivalenttitaso, LAeq) ulko- ja sisätiloissa (VNp 993/1992).

Ohjearvot ulkona	Päivällä	Yöllä
	LAeq (7.00-22.00)	LAeq (22.00-7.00)
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- ja oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45 / 50 dB ^{1,2}
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ^{3,4}
Ohjearvot sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

1 Uusilla alueilla melutason ohjearvo yöaikana on 45 dB, 2 Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa, 3 Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä. 4 Loma-asumiseen taajamissa voidaan kuitenkin soveltaa asumiseen käytettävien alueiden ohjearvoa.

1.6. Laskennan epävarmuus

Laskentamallia koottaessa jouduttiin käyttämään joitakin oletuksia tarkempien lähtötietojen puuttuessa. Rakennusten korkeuksia ei ollut lähtötietoina saaduissa kartta-aineistoissa, joten rakennusten korkeudeksi oletettiin + 7m etriä maanpinnasta.

Teiden geometriat mitattiin GPS-autolla, joten niiden pitäisi vastata todellisuutta melko tarkkaan. Jotkut tien leikkaukset saattoivat maastomallissa kuvautua liian loivina.

Asukasmäärätiedoista puuttui asukkaita. Asukasmäärätiedoissa Sipoon kunnan alueella oli 15 751 asukasta, vaikka kunnan todellinen asukasmäärä on 17 888 asukasta. Tämän perusteella eri meluvyöhykkeillä asuvien asukkaiden määrää korjattiin suoraan kertoimella 1,136, joka saadaan laskettua asukasrekisterin ja todellisen asukasmäärän erosta.

Yleisesti melun laskentamallin tulokset ja mittaustulokset ovat hyvin vertailukelpoisia silloin, kun maasto on tasainen ja mittaolosuhteet vastaavat mallissa asetettuja sääolosuhdevaatimuksia. Tällöin tulokset eroavat ± 1 dB toisistaan. Mitä monimutkaisempi maasto on, sitä enemmän lasketut ja mitatut tulokset eroavat toisistaan. Myös lähtötietojen epätarkkuus lisää laskentamallin tulosten epävarmuutta. Laskentamallivertailussa mitatut ja lasketut melutasot mäkisessä maastossa erosivat suurimmillaan 5 - 6 dB (Eurasto 2005). Tässä selvityksessä tarkasteltua aluetta rakennusmassoineen voidaan pitää suhteellisen yksinkertaisena laskentaympäristönä, minkä vuoksi arvioimme, että laskentamallin tarkkuus tässä tapauksessa on luokkaa ± 2 dB.

Tämän laskennallisen meluselvityksen tulokset poikkeavat vuoden 2006 meluselvityksen tuloksista kahdesta syystä: liikennemäärät ovat muuttuneet ja melulaskennassa on käytetty erilaisia laskenta-asetuksia. Laskenta-asetuksista johtuvat erot tulevat näkyviin erityisesti sellaisessa maasto-oloissa, joissa maasto nousee tieltä pois päin mentäessä. Näissä oloissa tässä selvityksessä esitetyt melutasot ovat huomattavasti suuremmat kuin vuoden 2006 selvityksessä. Eroja tuloksissa on myös toiseen suuntaan. Liikennemäärät ovat myös muuttuneet vuoden 2006 selvityksen tilanteeseen verrattuna. Ennustetilanteessa liikennemäärät ovat monin paikoin jopa kaksinkertaistuneet verrattuna vuoden 2006 meluselvityksen ennusteliikennemääriin. Teitä, joilla liikennemäärät kaksinkertaistuneet, ovat 11689 (Söderkullantie/Brobörentie), 148 (Öljytie/Keravantie), 1521 (Jokivarrentie) ja 140 (Lahdentie). Nykytilanteessa liikennemäärien kasvu on ollut suurinta vuoden 2006 selvitykseen verrattuna maantiellä 146 (Rajakulmantie/Linsvedintie), jossa liikennemäärät ovat 1,5 kertaistuneet. Liikennemäärien kaksinkertaistuminen tarkoittaa melutasojen kasvua + 3 dB.

2 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

2.1. Melutasot nykytilanteessa

Melulle altistuvat asukkaat sijoittuvat hajanaisesti teiden varsille. Liikenteellisesti merkittävimmät tiet Sipoon alueella ovat Vt4, Vt 7, Mt 140, Mt 170, Pt 1521, ja Mt 148. Joten on luonnollista, että niiden ympäristössä melu leviää kauimmaksi ja melulle altistuvia asukkaita on myös eniten.

Valtatien 4 melun ohjearvotason ylittävälle alueelle jää Sipoon kunnan puolella osa Myyraksen asuinalueesta. Valtatien 7 päiväajan 55 dB melun keskiäänivyöhyke leviää melun leviämistä edistävissä maasto-olosuhteissa 600 - 700 metrin päähän tiestä. Valtatiellä 7 on lisäksi yhteisvaikutuksia maantien 170 kanssa. Tälle meluvyöhykkeelle jää nykytilanteessa suurin osa melualueella olevista asuinrakennuksista.

Maantien 140 liikennemäärä on suuri, mutta sen vaikutus on suurinta valtatie 4 yhteisvaikutuksena. Maantien 148 ja 1521 päiväajan 55 dB keskiäänivyöhykkeet ulottuvat enimmillään 150 - 200 metrin päähän tiestä. Muiden maanteiden päiväajan 55 dB meluvyöhykkeet ($L_{Aeq,7-22}$) ulottuvat tyypillisesti noin 50 - 100 metrin etäisyydelle tiestä.

Korkeita yli 65 dB ($L_{Aeq,7-22}$) melutasoja kohdistuu asuinrakennusten julkisivuihin Keski-Sipoossa yksittäisiin asuinrakennuksiin teiden 148 ja 1521 varrella. Valtatien 7 ja maantien 170 varrella on joitakin asuinrakennusten ryhmiä, joihin kohdistuu yli 65 dB melutasoja ($L_{Aeq,7-22}$). Pohjois-Sipoossa yksikään rakennus ei ole yli 65 dB melualueella ($L_{Aeq,7-22}$).

2.2. Melutasot vuonna 2025

Tässä tarkastellaan ennustetilanteen melutilannetta yhteisesti kummankin liikennevaihtoehdon osalta, koska erot melukäyrissä (ja liikennemäärissä) ovat hyvin pienet.

Päiväajan 55 dB melun keskiäänivyöhyke leviää edelleen kauimmaksi valtatie 7 ympäristössä. Valtatie 7 päiväajan 55 dB melun keskiäänivyöhyke leviää melun leviämistä edistävissä maasto-olosuhteissa 600 - 800 metrin päähän tiestä.

Maantien 148 ja 1521 päiväajan 55 dB meluvyöhykkeet ($L_{Aeq,7-22}$) leviävät keskimäärin 100 – 200 metrin etäisyydelle tiestä. Melun leviämiselle suotuisissa oloissa päiväajan 55 dB keskiäänivyöhyke leviää paikoin yli 300 metrin päähän. Muiden maanteiden päiväajan 55 dB meluvyöhykkeet ($L_{Aeq,7-22}$) ulottuvat tyypillisesti 50 – 100 metrin etäisyydelle tiestä.

Korkeita yli 65 dB ($L_{Aeq,7-22}$) melutasoja kohdistuu asuinrakennusten julkisivuihin erityisesti valtatie 7 varrella (pitkin matkaa). Rakennukset ovat osaksi yksittäisiä, mutta muutamia asuinrakennusryhmiäkin löytyy. Muutama asuinrakennus on myös valtatie 7 ja maantien 170 yhteisvaikutuksen yli 65 dB alueella. Yksittäisiä yli 65 dB melualueelle jääviä asuinrakennuksia on myös maantie 148 ja päätien 1521 varrella.

Sipoossa ollaan kaavoittamassa uusia asuinalueita useisiin paikkoihin. Kaavoituksen yhteydessä tulee tehdä tarkempi meluselvitys kaava-alueesta.

2.3. Melulle altistuvat asukkaat

Asukkaiden melu-altistusta arvioitiin asuinrakennusten julkisivuihin kohdistuvien melutasojen perusteella. Laskentatuloksista voitiin kerätä eri melualueille altistuvien ihmisten lukumäärät, kun rakennusten asukasmäärät olivat tiedossa.

Melulle altistuvien määriä analysoitaessa pitää huomata, että ennustetilanteen melulle altistuvat on laskettu nykyisistä asukastiedoista eikä laskennassa ole voitu huomioida uusia rakennettavia asuinalueita. Melulle altistuvien asukkaiden määrän kasvu siis johtuu käytännössä liikennemäärien kasvusta. Sipoossa suunnitellaan uusia asuinalueita, joita toteutettaessa tulee alueiden melutasot huomioida, niin ettei rakenneta melualueelle. Melualueella asuvien asukkaiden määrät esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2: Melualueilla asuvien asukkaiden määrät nyky- ja ennustetilanteessa

	Nykytilanne		Ennustetilanne Ei raideliikennettä		Ennustetilanne Raide + metrotyhteyksillä	
	Päivä (klo 7- 22)	Yö (klo 22- 7)	Päivä (klo 7- 22)	Yö (klo 22- 7)	Päivä (klo 7- 22)	Yö (klo 22- 7)
50 – 55 dB		590		810		770
55 – 60 dB	795	135	925	285	930	260
60 – 65 dB	320	20	435	45	425	50
yli 65 dB	55	0	125	1	125	1
yhteensä ohjearvotason ylittävällä melualueella	1170	745	1485	1141	1480	1081

Tieliikenteen päiväajan melualueella asuu nykyisin noin 1200 asukasta. Tämä on noin 7 % Sipoon nykyisestä asukasmäärästä. Suurin osa melulle altistuvista asuu päiväajan 55 – 60 dB keskiäänivyöhykkeellä. Ennustetilanteessa vuonna 2025 tieliikenteen päiväajan melualueella asuu noin 1500 asukasta.

Ennustetilanteessa liikenteen kasvu lisää melulle altistuvien määrää päiväaikana noin 25 %. Ennustetilanteessa melulle altistuvien määrän arviointi on erittäin vaikeaa, koska käytettävissä ei ole tietoja asukkaiden sijoittumisesta uusille asuinalueille. Lähtökohtana on, että melualueelle ei uusilla asuinalueilla saa jäädä yhtään asukasta.

2.4. Meluntorjuntatarpeet

Meluntorjunnan kannalta tilannetta voidaan pitää kohtuullisen vaikeana, koska melulle altistuvat kohteet sijoittuvat hajanaisesti ja näin ollen rakenteellista meluntorjuntaa on vaikea toteuttaa kohtuullisin kustannuksin. Sipoon alueelta löytyy joitakin sellaisia kohteita, joiden kohdalla rakenteellisen meluntorjunnan suunnittelu voisi olla kannattavaa. Meluntorjunnan suunnittelussa ja priorisoinnissa tulisi kiinnittää erityisesti huomiota siihen kuinka yli 65 dB melualueella asuvien määrää tai heidän kokemaansa haittaa voitaisiin vähentää (VNp:n periaatepäätös meluntorjunnasta). Seuraavissa kappaleissa esitetään meluntorjuntakohteita, jotka vaikuttaisivat kustannustehokkaimmilla.

2.4.1 Asukkaiden suojaaminen

Päiväajan yli 55 dB keskiäänitasolle altistuu asukkaita melko tasaisesti melulaskennassa mukana olleiden teiden varsilla sekä nyky- että ennustetilanteissa. Hieman enemmän asukkaita on melualueella Etelä-Sipoossa valtatie 7 ja maantien 170 varsilla. Myyraksessa useita asuinrakennuksia jää valtatie 4 melualueella. Ennustetilanteessa melutason ohjearvon ylittävällä alueella on asukkaita myös maantie 146 ja päätien 1171 varsilla, joiden melualueella asukkaita ei juuri nykytilanteessa ole. Myös tien numero 11697 varrella on ennustetilanteessa paljon asuinrakennuksia melutason ohjearvon ylittävällä alueella.

Meluntorjuntakohteita voisivat olla Myyras valtatie 4 varrella ja maantien 140 varrella olevat asuinrakennukset. Maantien 148 varrella Savijärvellä on useita asuinrakennuksia melualueella pienellä alueella. Muutamia mahdollisia meluntorjuntakohteita on myös valtatie 7 ja maantien 170 varsilla. Valtatie 7 ja maantien 170 varrella on muutamia asuinrakennusryhmiä, jotka sijaitsevat päiväajan yli 65 dB meluvyöhykkeellä ($L_{Aeq,7-22}$). Muualla yli 65 dB melualueella ($L_{Aeq,7-22}$) olevat asuinrakennukset ovat yksittäisiä.

2.4.2 Herkät kohteet

Herkkiä kohteita jää päiväajan 55 dB melualueelle sekä nyky- että ennustetilanteessa yksi. Kyseessä on Boxbyn koulu, joka on valtatie 7 melualueella.

3 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sipoossa suuri osa asukkaista altistuu ohjearvot ylittävälle melulle. Meluntorjuntakohteet eivät ole helposti määriteltäviä, koska melulle altistuvat asuvat hajanaisesti ympäri kuntaa. Tässä raportissa selvitettyjä mahdollisia meluntorjuntakohteita tulisi priorisoida ja selvittää voitaisiinko harkita joitain muita meluntorjuntakeinoja (hiljainen päällyste tai nopeuden alentaminen) kuin rakenteellista meluntorjuntaa.

Uusia asuinalueita suunniteltaessa tulee huomioida melu, jotta uusien rakennusten pihoiilla ei ylitetä ohjearvoja.

LÄHDELUETTELO

Eurasto, R. 2005: Ympäristömeludirektiivin täytäntöönpanoon liittyvät laskentamallivertailut – Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 753.

Eurasto, R. 2006: Melutta OK 1.1. Meluselvitysten laskennalliset menettelyt. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

Insinööri-toimisto Heikki Helimäki Oy 2006: Ulkokuoren äänitasoeroluvun mittaus,

Nordic Council of Ministers 1996: Road Traffic Noise – Nordic Prediction Method.
– TemaNord 1996: 525

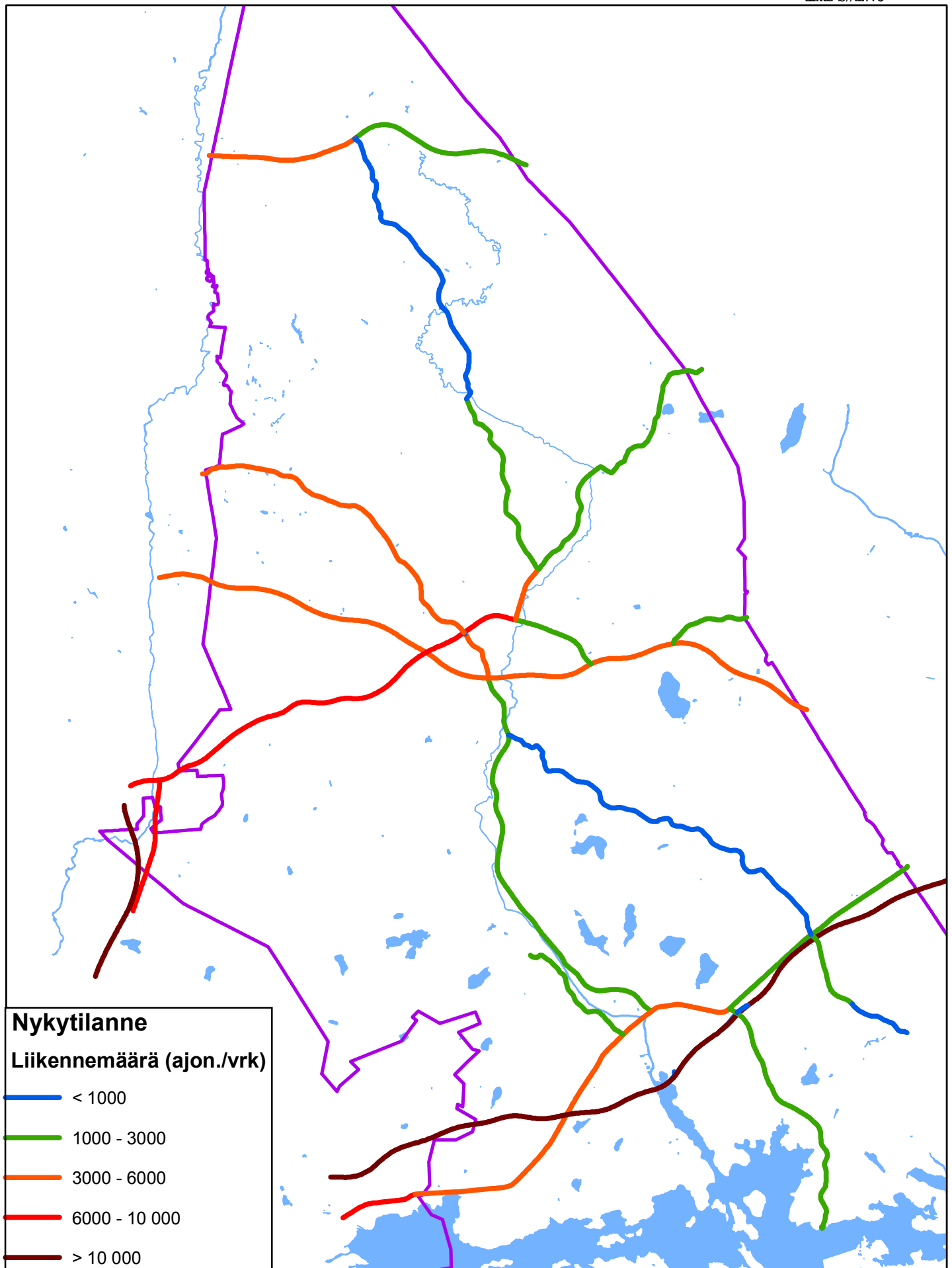
Strafica Oy, Sito Oy: Sipoon yleiskaava 2025, Liikenneverkko selvitys. 6.6.2008.

Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta, Ympäristöministeriön
raportteja 7/2007, Ympäristöministeriö 2007.

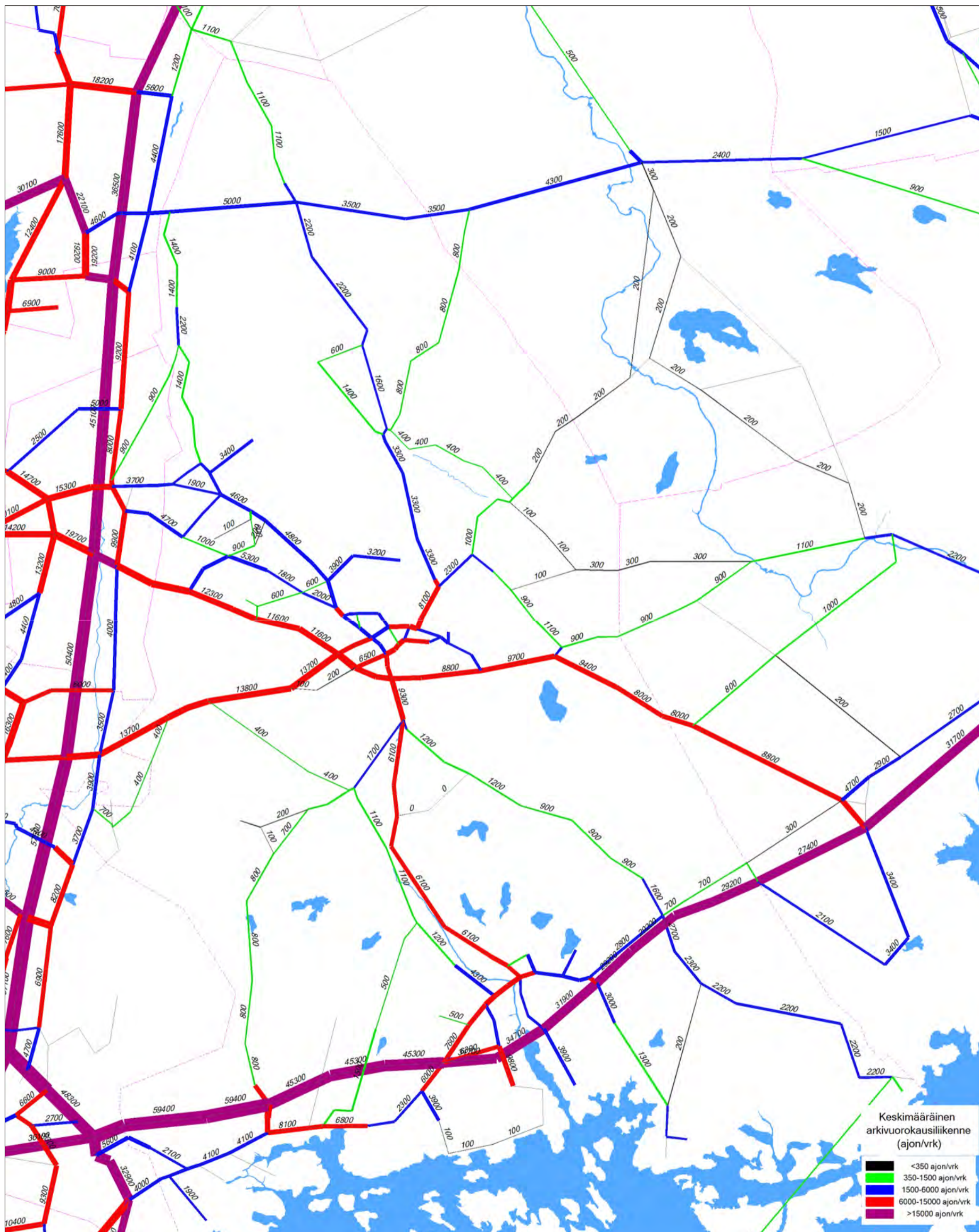
LIITEKARTAT

Liite 1. Liikennemääräkartat

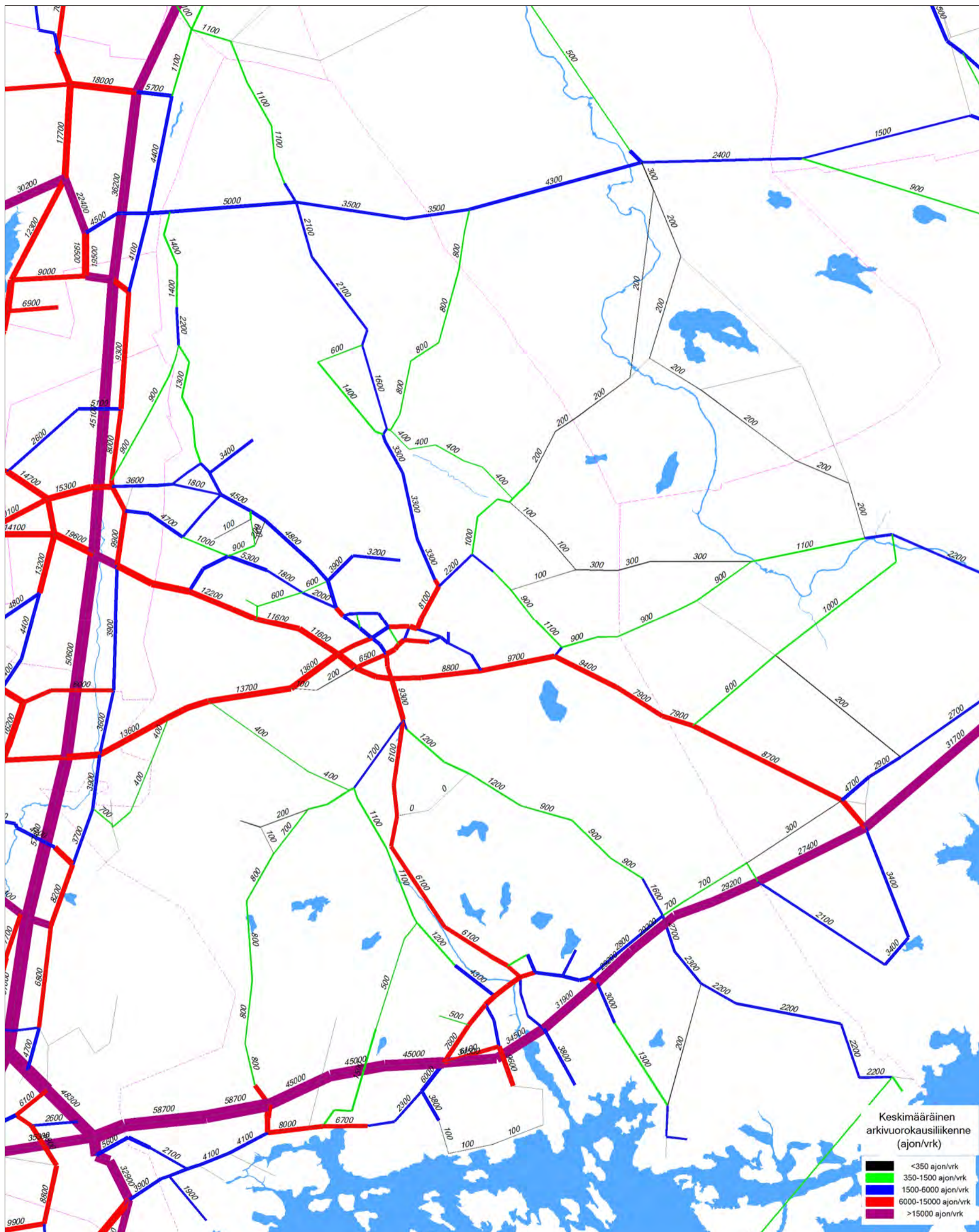
Liite 2. Meluvyöhykekartat

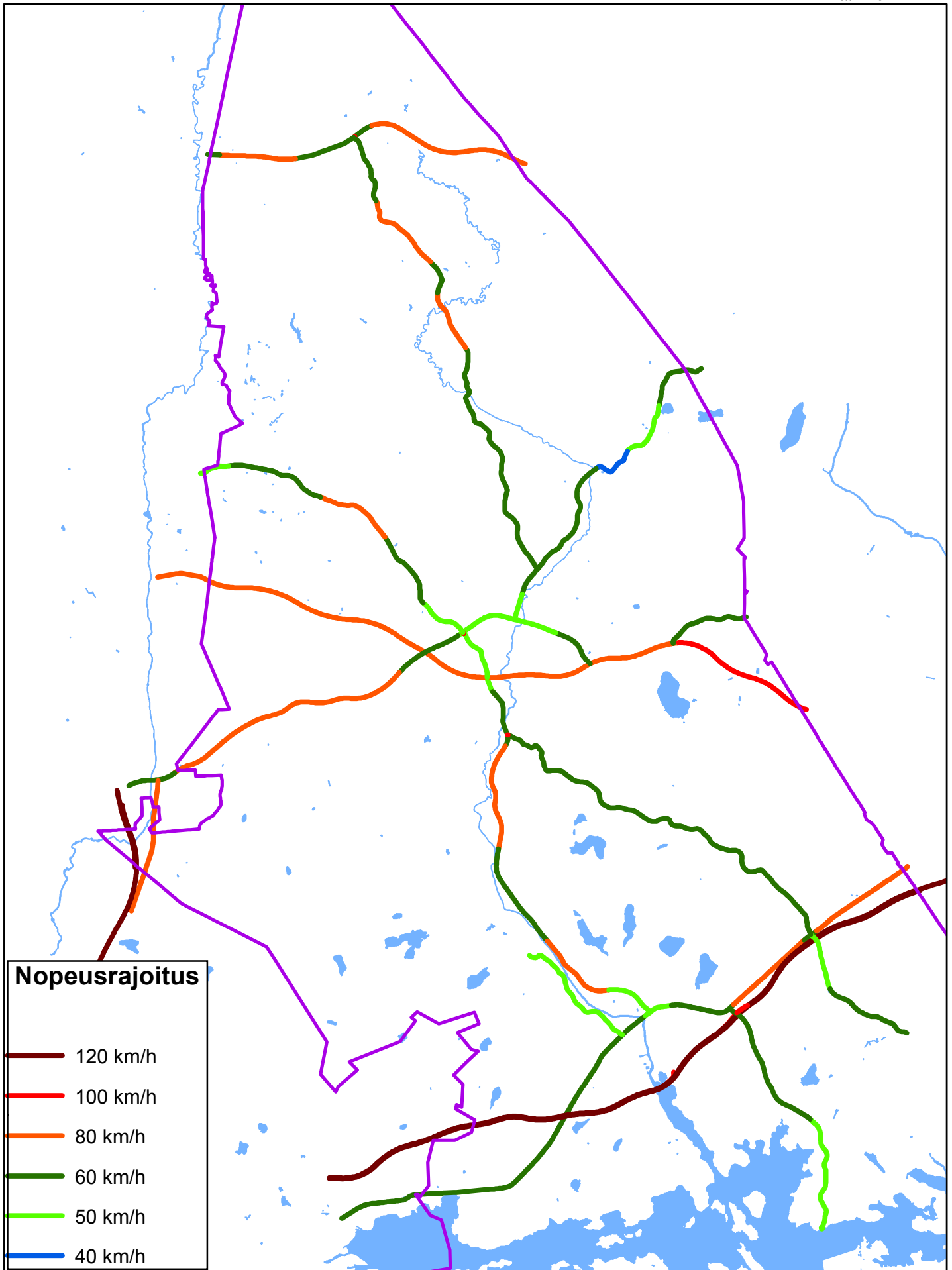


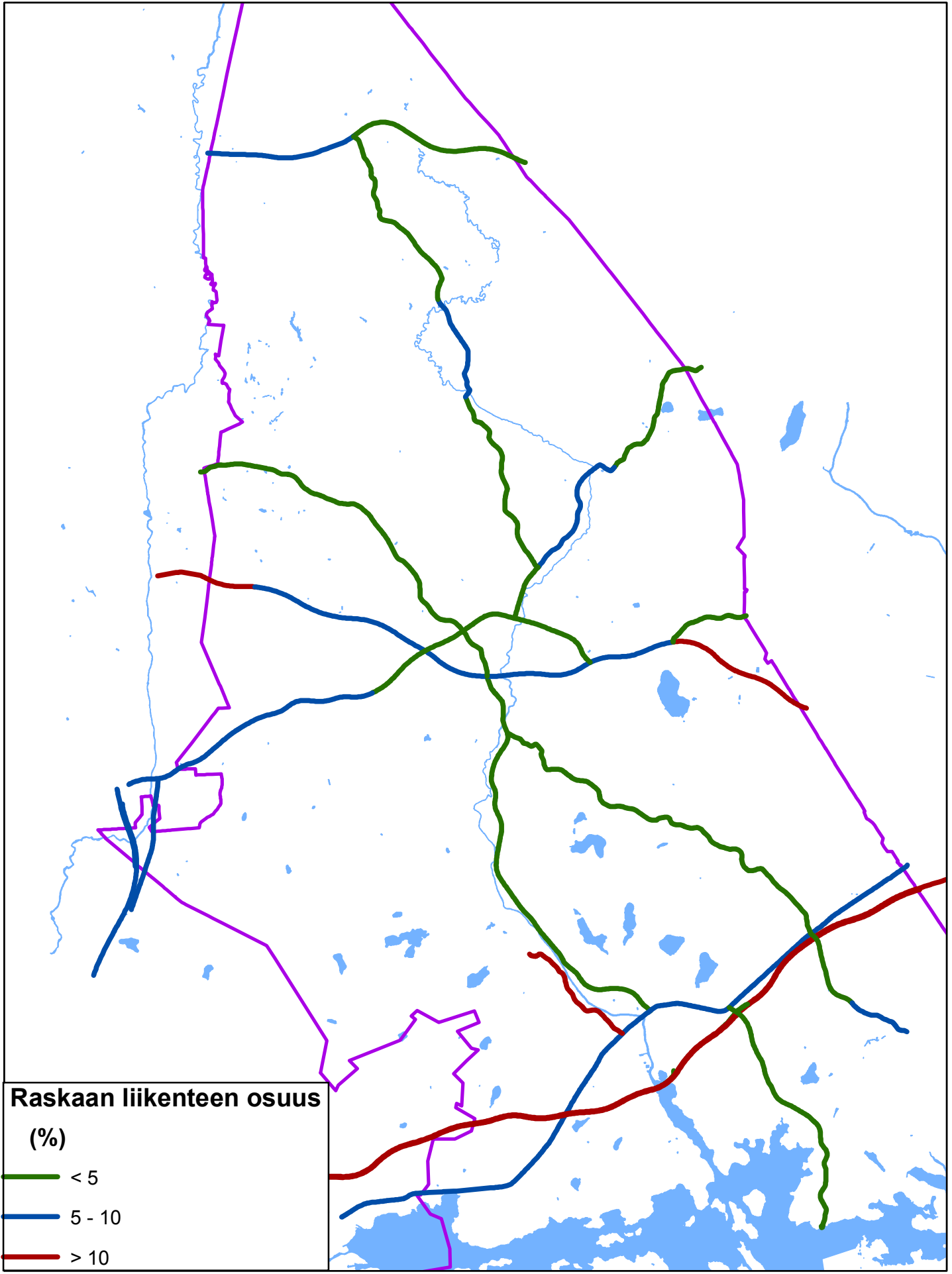
2025, ei raideliikennettä



2025, Kerava-Nikkilä rata + Metro Helsingin liitosalueelle







Raskaan liikenteen osuus

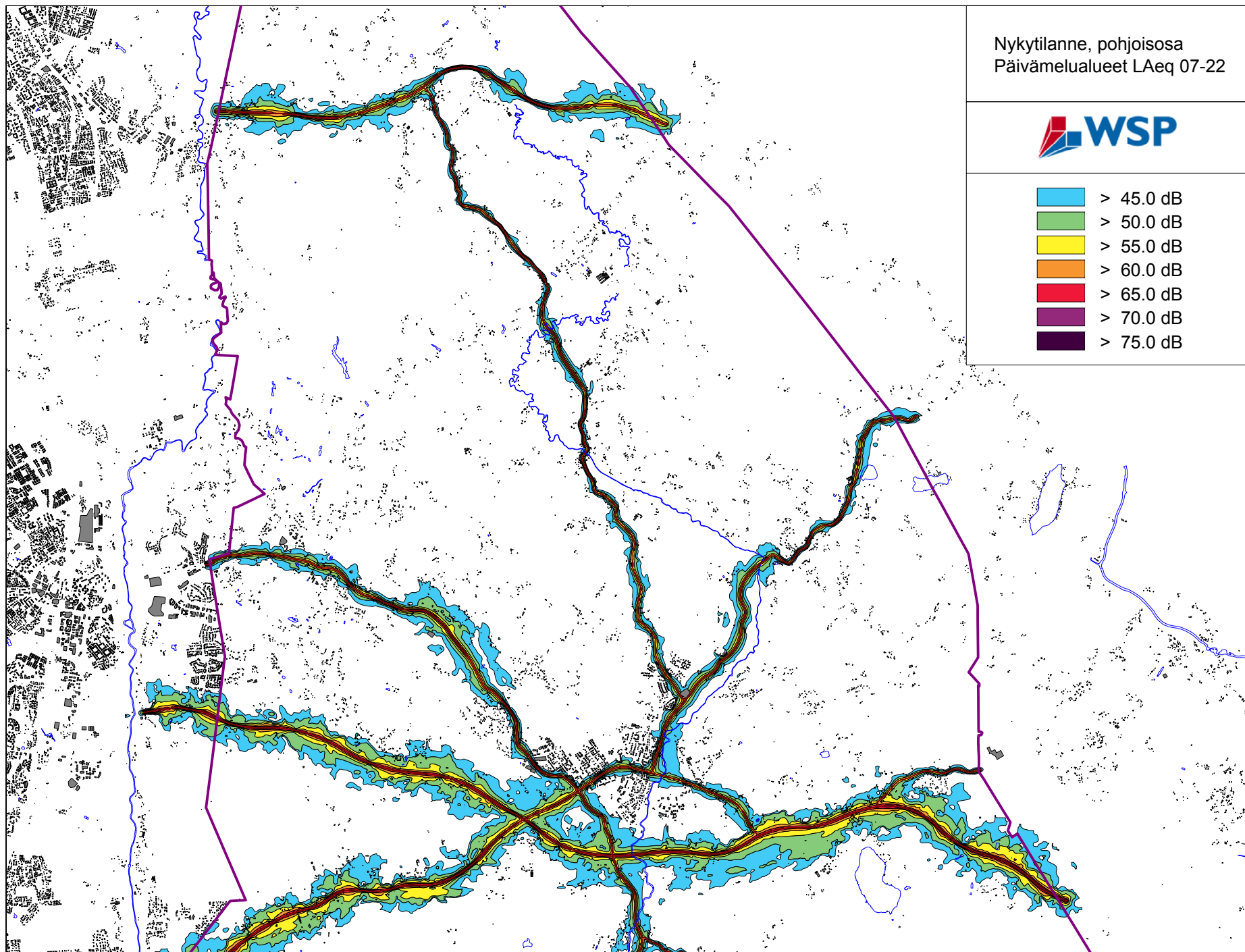
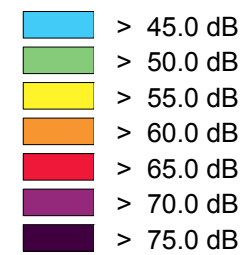
(%)

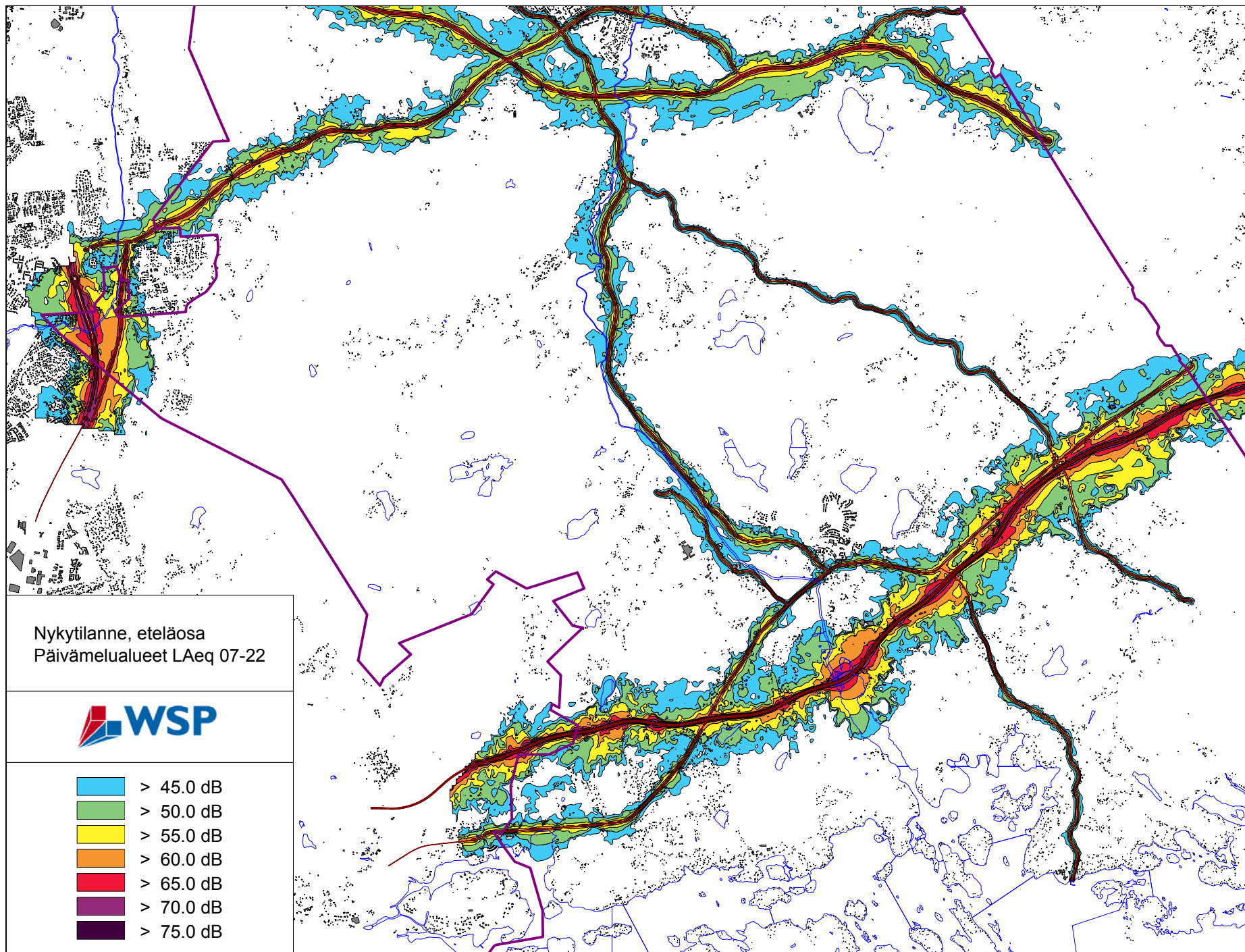
— < 5

— 5 - 10

— > 10

Nykytilanne, pohjoisosa
Päivämelualueet LAeq 07-22

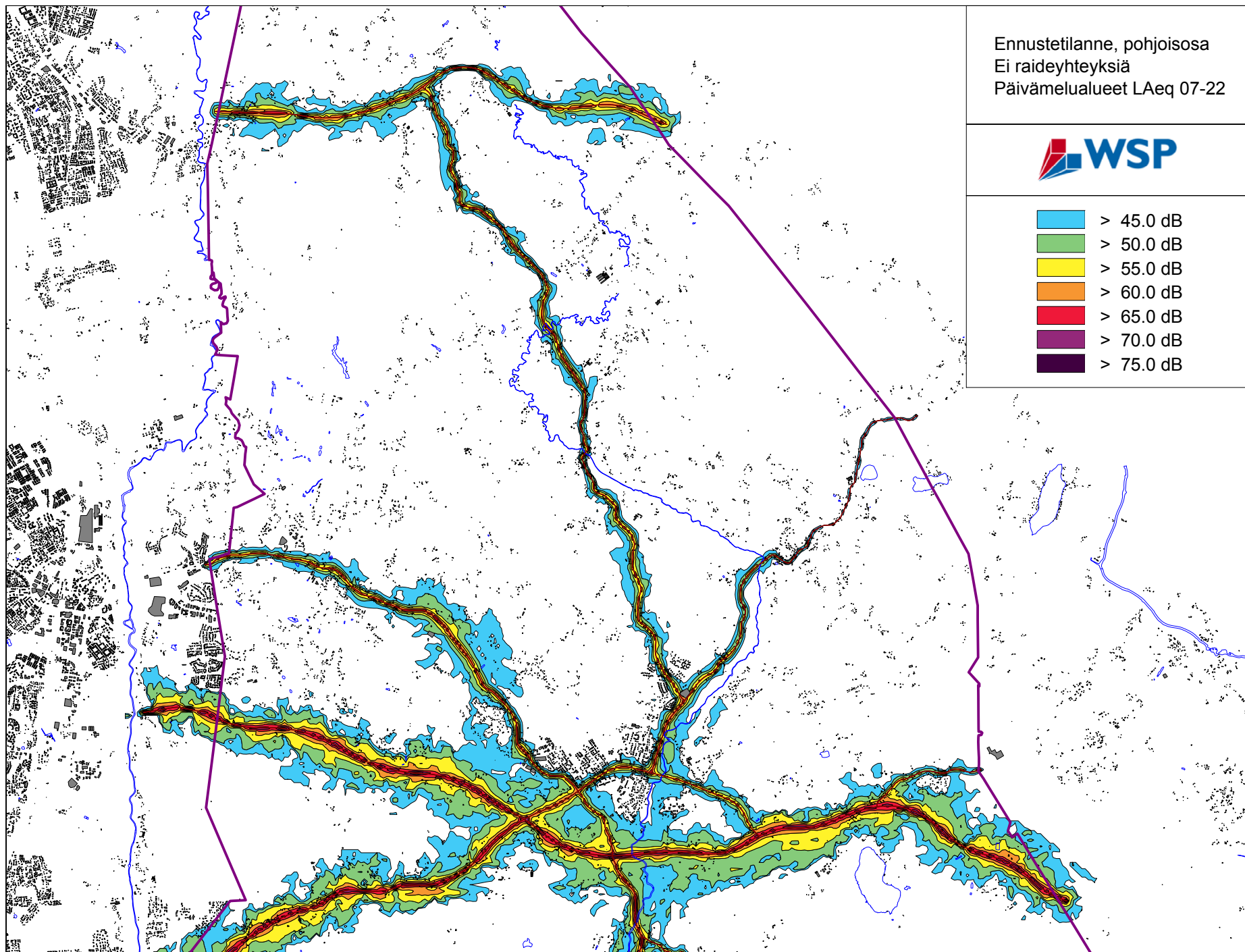


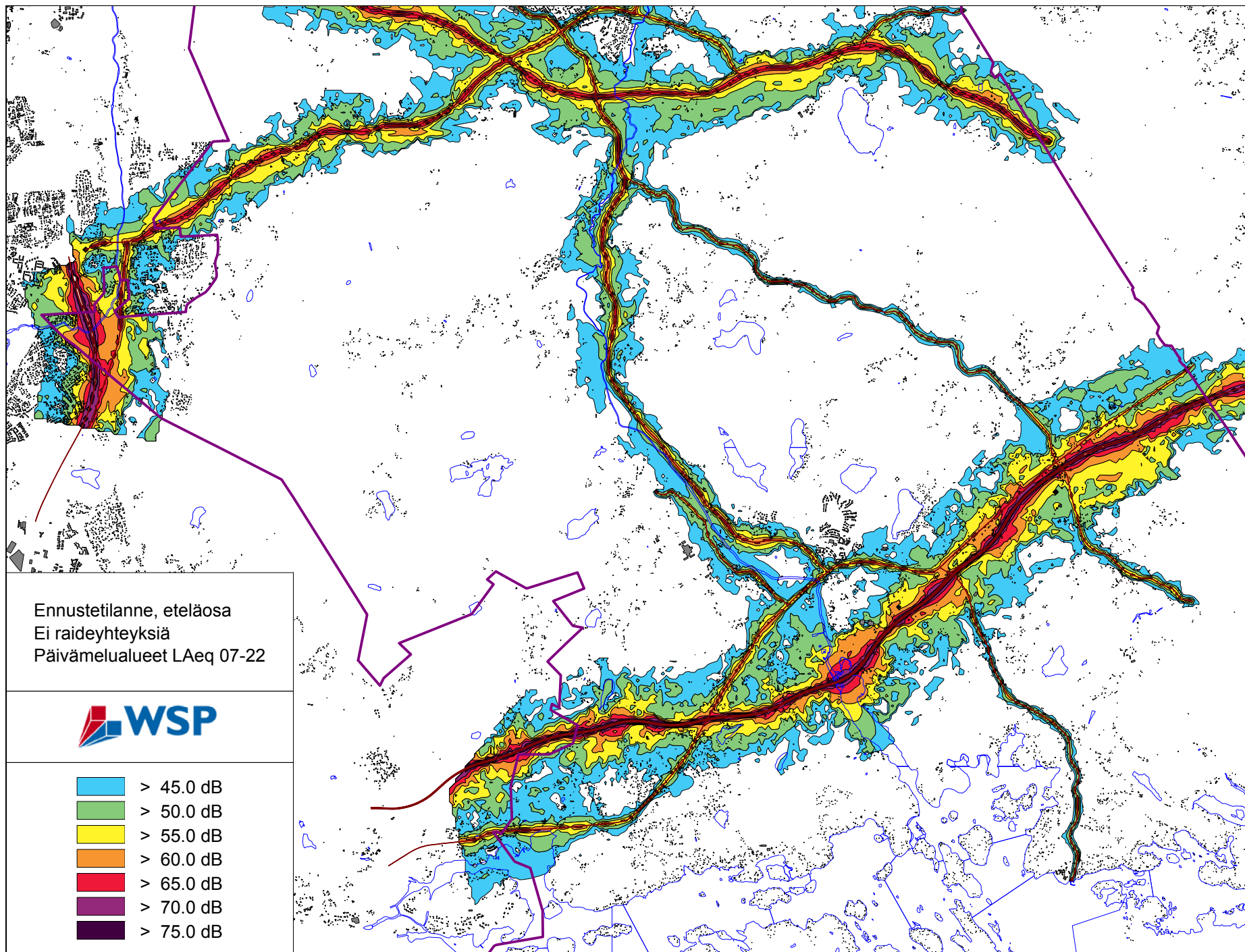


Ennustetilanne, pohjoisosa
 Ei raideyhteyksiä
 Päivämelualueet LAeq 07-22



- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

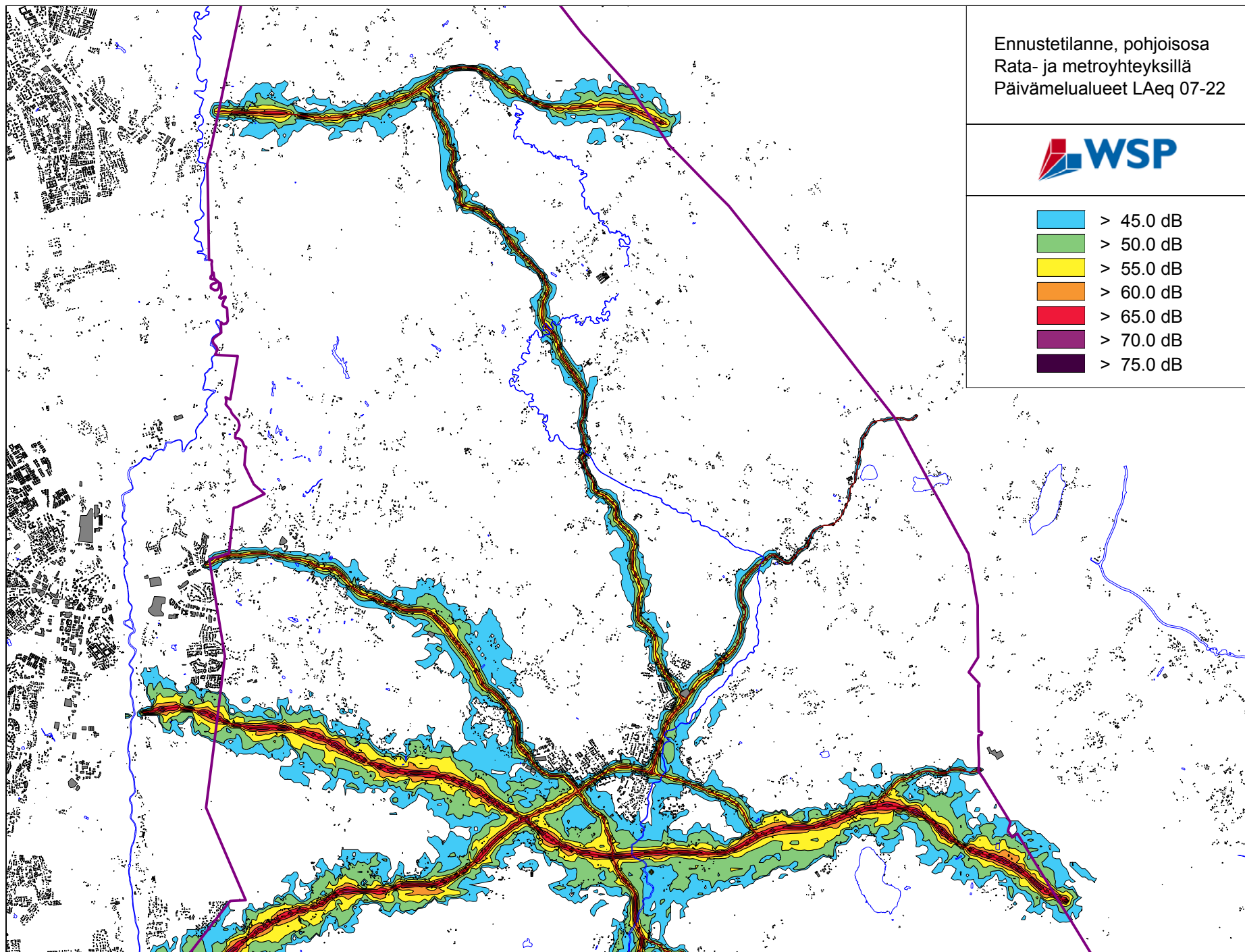


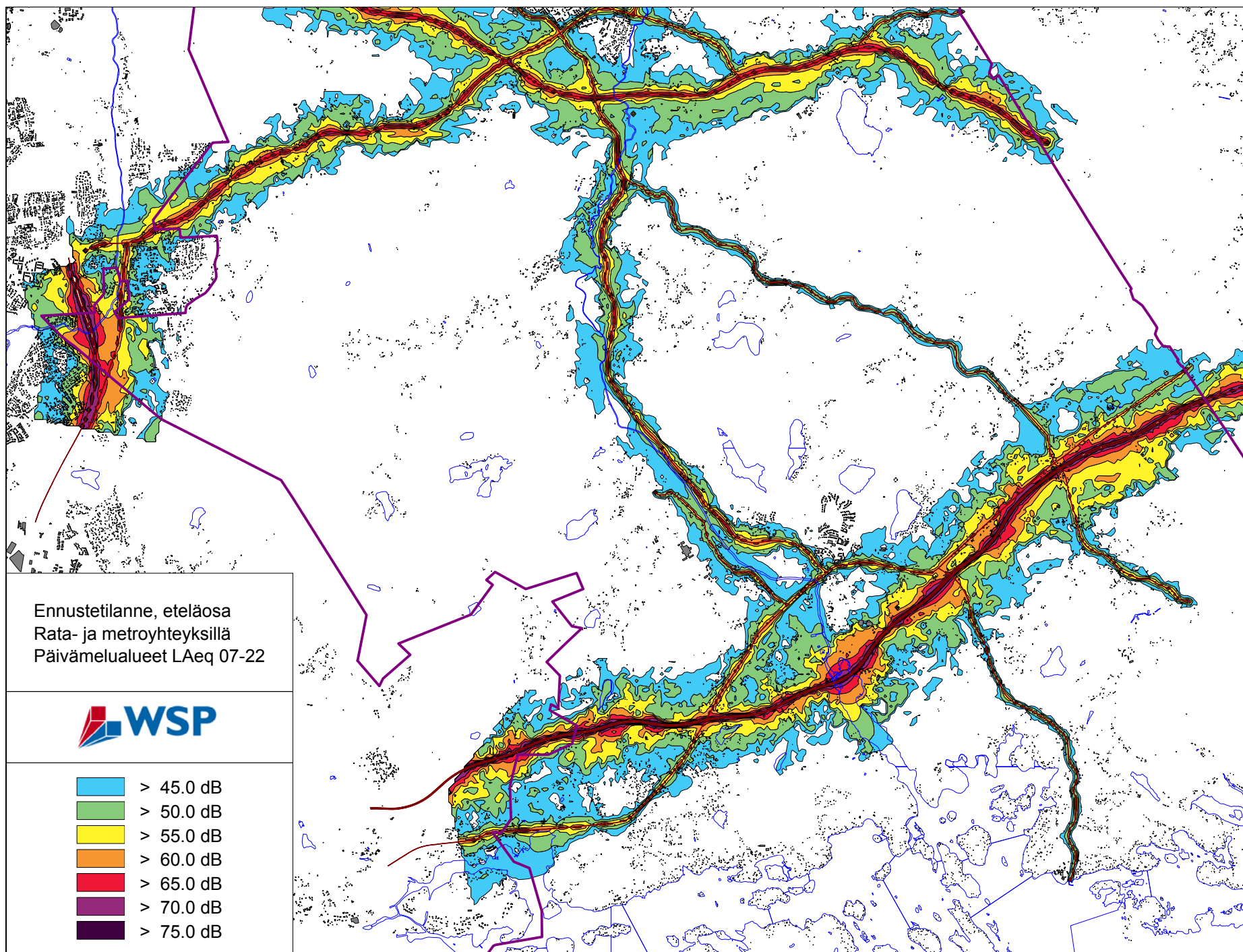


Ennustetilanne, pohjoisosa
 Rata- ja metroyhteyksillä
 Päivämelualueet LAeq 07-22



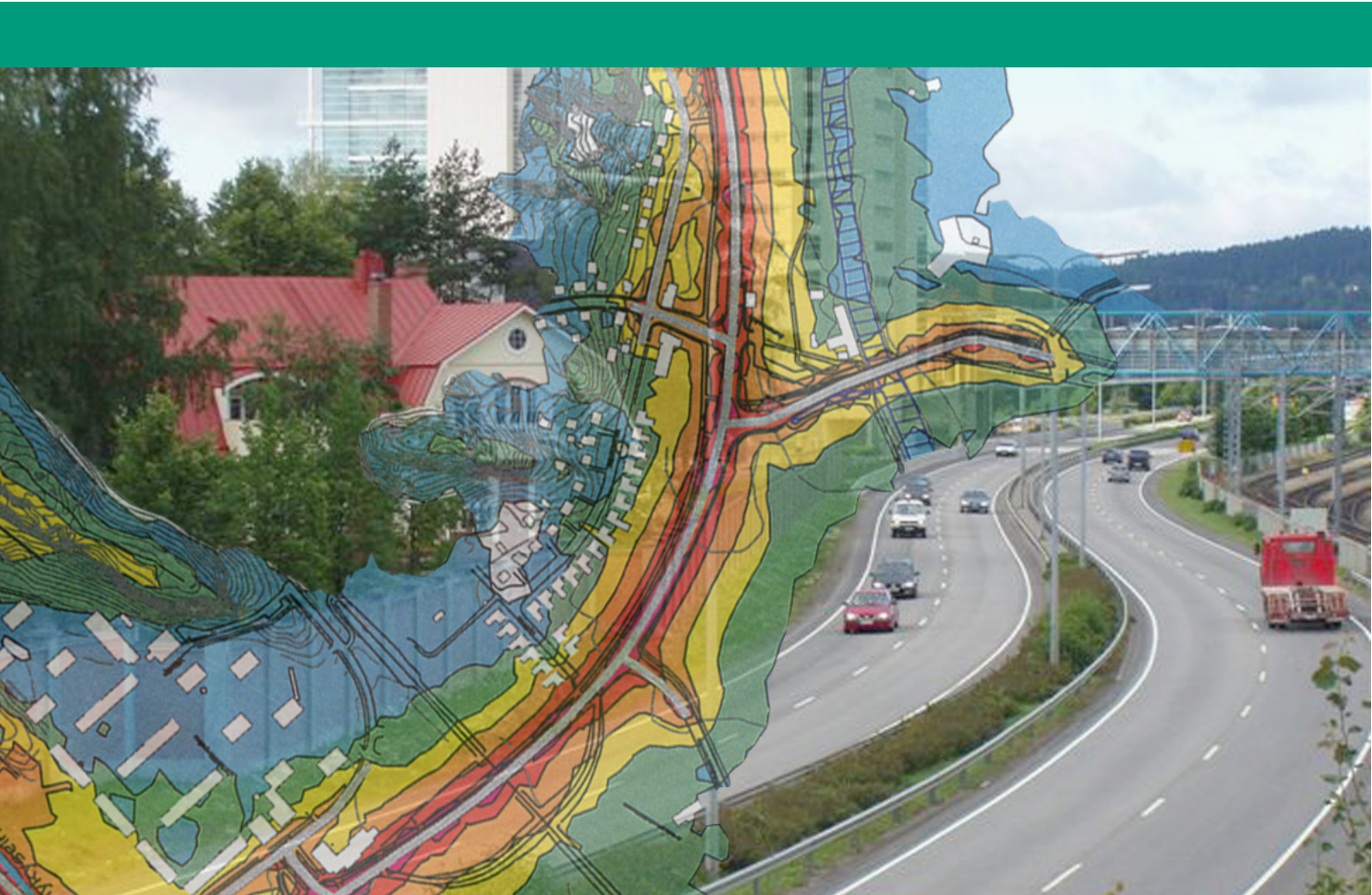
- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB





TIELIIKENTEEN MELU

Perustietoa tieliikenteen melusta ja sen torjunnasta





Melu on häiritsevää ääntä

Melu on ääntä, jonka ihminen kokee häiritseväksi. Se heikentää elinympäristön laatua ja viihtyisyyttä, sekä vaikuttaa ihmisen viestintäkykyyn ja uneen. Melun kokeminen on yksilöllistä ja ihmisten meluherkkyydessä on eroja. Tilanteesta riippuen sama ääni voi tuntua melulta tai miellyttävältä ääneltä.

Äänitaso ilmoitetaan desibeleinä (dB), joka on suhteellinen, logaritminen luku. Ihminen kykenee havaitsemaan 2-3 dB:n suuruisen melutason muutoksen. 8-10 dB:n melutason muutos koetaan melun kaksinkertaistumisena.

Ohjearvoilla vaikutetaan suunnitteluun

Äänen voimakkuutta kuvataan äänen pitkän ajan keskiarvona, keskiäänitasona eli ekvivalenttitasona (Leq). Melun kokemiseen vaikuttavat muutkin melun ominaisuudet, kuten meluhuiput, melun toistuvuus, taajuus ja ajoittuminen sekä hiljaisten jaksojen pituus.

Meluhaitan arvioinnin lähtökohtana ovat valtioneuvoston antamat meluohjearvot (valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista N:o 993 29.10.1992). Meluohjearvot on annettu erikseen päiväajalle (klo 7-22) ja yöajalle (klo 22-7) sekä ulko- että sisätiloihin.

Ihmiskorvin kuultavat äänitason muutokset

- 1...2 dB ➡ Tuskin havaittava muutos
- 3...4 dB ➡ Havaittava, melko pieni muutos
- 5...6 dB ➡ Selvästi havaittava, oleellinen muutos
- 7...8 dB ➡ Suuri muutos
- yli 10 dB ➡ Hyvin suuri muutos

Ohjearvot ulkona	Päivällä	Yöllä
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- ja oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB
Uudet asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa sekä hoitolaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45 dB
Oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB
Ohjearvot sisällä	Päivällä	Yöllä
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	
Liike- ja toimistohuoneistot	45 dB	

Yksikkönä käytetään useimpien melulähteiden kohdalla A-painotettua keskiäänitasa LAeq. Keskiäänitasa käytetään vaihtelevan melun voimakkuuden arviointiin ja A-painotus ottaa huomioon kuuloaistin erilaisen herkkyyden erikorkuisille äänille.

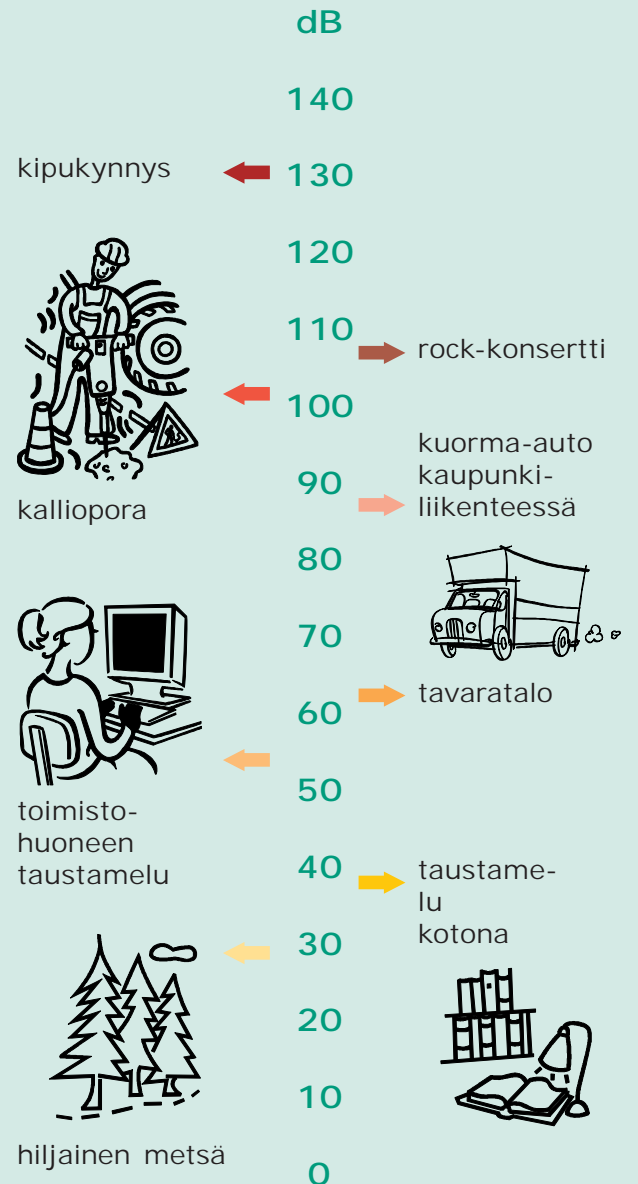
Ohjearvoilla pyritään vaikuttamaan ehkäisevästi meluhaittoihin ja turvaamaan ympäristön viihtyisyys. Melutason yleiset ohjearvot otetaan huomioon maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakennusluvis- sa. Ohjearvoja sovelletaan käytännössä myös ympäristö- lupamenettelyssä. Ohjearvoissa määritellyistä enimmäis- melutasoista voidaan joutua tinkimään kohtuuttomien kustannusten välttämiseksi.

Tiehallinto pyrkii toiminnassaan siihen, että ohjear- vojen mukaiset ulkomelutasot eivät uusia teitä to- teutettaessa ylity. Voidaan katsoa, että melutason pysyessä piha-alueella alle 55 dB:n myös sisätilo- jen melutaso pysyy kohtuullisena.

Käytännössä moni suomalainen asuu alueella, jossa melu on ohjearvoja voimakkaampaa. On arvioitu, että lä- hes joka viides suomalaisista altistuu ympäristömelulle, joka ylittää 55 dB päiväajan keskiäänitason. Haitat keskit- tyvät suurimmille kaupunkiseuduille sekä yleensä Etelä- Suomeen.



Esimerkkejä äänen voimakkuuksista





Melutaso riippuu monista tekijöistä

Tieliikenne on monin paikoin merkittävä ympäristömelun aiheuttaja. Melulle altistutaan erityisesti suurten kaupunkien katujen ja sisääntuloteiden varsilla.

Yleisten teiden liikennemelulle altistui vuonna 2003 noin 350 000 asukasta. Uudenmaan tiepiirin alueella näistä on 104 000, Turun tiepiirin alueella 35 000 ja Hämeen tiepiirin alueella 60 000.

Tieliikenteen lähtömelutasoon vaikuttavat:

- ajoneuvojen nopeus (nopeusrajoitus)
- liikennemäärä
- raskaiden ajoneuvojen osuus
- tien mäkisyys
- liikenteen sujuvuus
- autojen renkaat / nastat
- ajoradan päällyste

Liikennevirran melu vaimenee noin 3 dB kun etäisyys kaksinkertaistuu. Pehmeät pinnat, kuten nurmi, pelto ja tuore lumi vaimentavat ääntä huomattavasti enemmän kuin kovat pinnat, kuten betoni, asfaltti, jää ja kova hanki. Vedenpinta on kova ja heijastaa lähes kaiken äänen. Melun leviämiseen vaikuttaa myös se, sijaitseeko tie leikkauksessa, penkereellä tai sillalla ja onko maasto tien läheisyydessä nousevaa vai laskevaa.

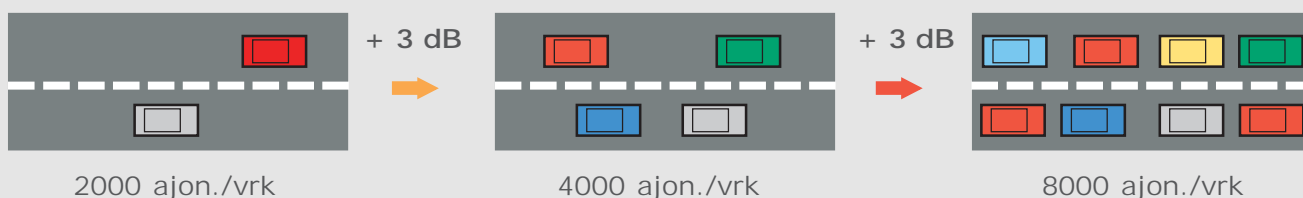
Puut ja pensaat eivät vaimenna melua merkittävästi, mutta vaikuttavat ääniaaltojen heijastumiseen ja sirontaan.

Etäisyyden kasvaessa melu vaimenee

etäisyyden muutos	kova maanpinta	pehmeä maanpinta
10 m → 20 m	3 dB	4 dB
10 m → 50 m	7 dB	12 dB
10 m → 100 m	10 dB	18 dB
10 m → 200 m	13 dB	23 dB
10 m → 500 m	17 dB	29 dB

(Lähtömelutaso määritellään 10m etäisyydellä melulähteestä.)

Liikennemäärän kaksinkertaistuessa lähtömelutaso voimistuu noin 3 dB



Raskaiden ajoneuvojen osuus liikennemäärästä vaikuttaa keskiäänitasoon

raskaiden ajoneuvojen osuus pienenee	melu vaimenee	
	(nopeus 50 km/h)	(nopeus 80 km/h)
5 % → 0	0,7 dB	1 dB
10 % → 0	1,4 dB	1,9 dB
15 % → 0	2 dB	2,6 dB

Tieliikennemelun laskeminen ja mittaaminen

Tien lähialueen melutasot ja meluntorjunnan tarve voidaan selvittää sekä mittaamalla että laskemalla.

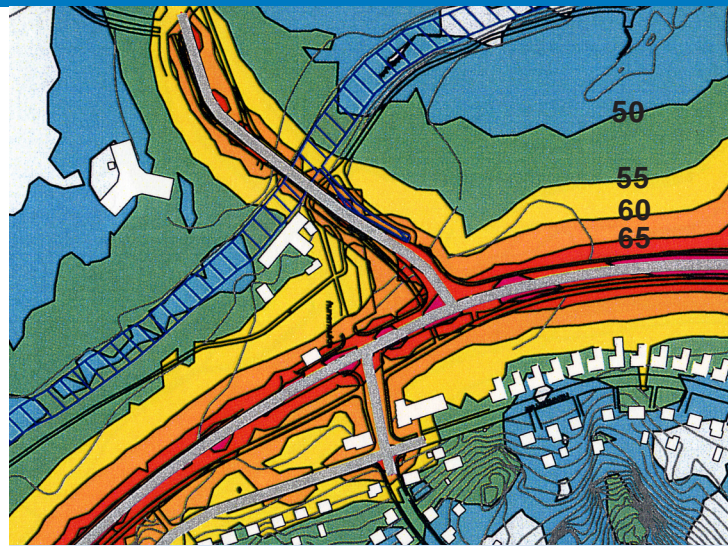
Melulaskennan avulla suunnitellaan eri meluntorjuntavaihtoehtoja jo ennen rakentamista, selvitetään melutasot laajalta alueelta, tutkitaan eri melulähteiden vaikutuksia ja arvioidaan melutilannetta silloinkin, kun melulähdettä ei ole vielä olemassa.

Melun mittaaminen on tarkoituksenmukaista, kun melutilanne halutaan selvittää vain muutamassa pisteessä tai hyvin rajatulla alueella tai kun laskentatulosta halutaan varmistaa.

Liikennemelun mittauksessa on tärkeää, että

- mittausaika on riittävän pitkä
- mittausajalta tehdään liikennelaskenta ja selvitetään raskaan liikenteen osuus
- mittaus tehdään hyvissä sääolosuhteissa
- mittauspaikka sijaitsee kaukana heijastavista pinnoista
- häiriöäänien osuus mittaustuloksesta on mahdollisimman pieni

Tulosten käsittelyssä on otettava huomioon mittusajan liikennemäärä ja muutettava se vastaamaan mittauspaikan normaalia vuorokausiliikennettä. Myös mahdollisten häiriöäänien vaikutus tulee poistaa lopputuloksesta.



Melulaskennan tulokset kartalla.

Nopeuden laskiessa melutaso alenee

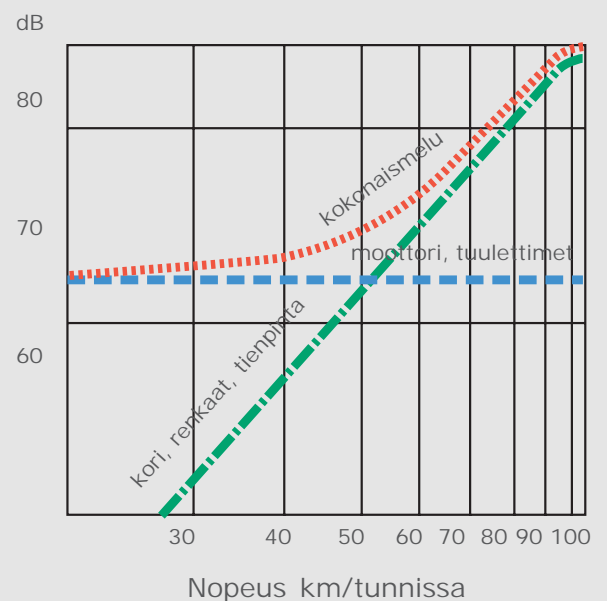
- 2...3 dB - 3...4 dB -3...4 dB



Nopeus laskee	Keskimelutaso alenee
100 -> 90 km/h	0,7 dB
90 -> 80 km/h	1,3 dB
80 -> 70 km/h	1,7 dB
70 -> 60 km/h	1,8 dB
60 -> 50 km/h	2,1 dB
50 -> 40 km/h	1,4 dB

(raskaiden ajoneuvojen osuus liikenteestä 10%)

Ajoneuvon moottorin melu on pienillä nopeuksilla määräävä



TIELIIKENNEMELUN TORJUNTA

Suomen tieverkon muodostavat maantiet, kadut ja yksityiset tiet. Maanteiden suunnittelusta, rakentamisesta ja kunnossapidosta huolehtii valtio. Vuoden 2005 alussa maanteitä oli noin 79 000 km.

Katujen rakentamisesta ja ylläpidosta vastaavat kunnat. Katuja on kaikkiaan noin 26 000 km.

Meluiden tai vallin rakentamisen luvat

Rakentamista säätelee maankäyttö- ja rakennuslaki. Kunnat antavat lisäksi rakentamiseen liittyviä määräyksiä rakennusjärjestyksissään.

Omatoimisessa meluiden tai vallin rakentamisessa tulee selvittää rakentamistekniikkaan liittyvien asioiden ohella rakentamisen luvanvaraisuus. Kaupunkien ja kuntien rakennusvalvontaviranomaisilta saa tietoa tarvittavista luvista ja esimerkiksi naapurien kuulemisesta. Aidan rakentamiseen tarvitaan normaalisti ainakin toimenpideilmoitus. Maisemaa muuttava maanrakennustyö, kuten meluvalli, saattaa puolestaan edellyttää maisematyölupaa.

Maanteiden varressa on otettava huomioon lisäksi tienpitoon ja liikenneturvallisuuteen liittyvät kysymykset. Tiealueelle rakentaminen vaatii tienpitoviranomaisen luvan. Lisäksi maantien suoja- ja näkemäalueilla ei esimerkiksi aita saa aiheuttaa vaaraa liikenteelle eikä haitata tienpitoa.

Tiealue, jonka rajoja ei ole kiinteistötoimintuksessa määrätty, ulottuu kahden metrin etäisyydelle ojan, tieluiskan tai -leikkauksen ulkosyrjästä.

Suoja-alue ulottuu 20 metrin etäisyydelle maantien ajoradan tai lähimmän ajoradan keskilinjasta.

Näkemäalue sijaitsee tien kaarrekohdassa sekä liittymä- ja risteysalueella. Alueen suuruus riippuu mm. nopeusrajoituksesta ja tieluokasta.

Maankäytön suunnittelulla on liikennemelun ennaltaehkäisyssä ensisijainen asema. Kaavoituksen yhteydessä selvitetään teiden sijainti ja suhde muuhun alueiden käyttöön. Tiesuunnitelmat laaditaan maankäyttösuunnitelmien mukaisiksi.

Toimenpiteiden tulee olla tehokkaita

Tiehallinnon tavoitteena on huolehtia meluntorjunnasta uusien maanteiden rakentamisen ja olemassa olevien merkittävän parantamisen yhteydessä siten, että 55 dB:n ulkomelutasolle altistuvia asukkaita ei uusien väylien varrella ole. Melusteita ei kuitenkaan rakenneta, jos ne eivät ole riittävän tehokkaita ja taloudellisia tai niistä aiheutuu kohtuuton maisemallinen haitta. Näissä tapauksissa maantietoimituksessa määrätään haitasta maksettava rahakorvaus.

Valtiovallan päätöksillä tienpidon rahoitus suunnataan päivittäisen liikennöitävyyden turvaamiseen, teiden ylläpitoon ja liikenneturvallisuuden parantamiseen. Olemassa olevan tiestön meluhaittojen poistamiseen melusteita rakentamalla ei nykyisillä painotuksilla riitä rahoitusta.

Kunnat vastaavat meluntorjuntatoimenpiteistä katuverkolla sekä kaavoittaessaan asuntoalueita ja melulle herkkää toimintaa maanteiden melualueille.

Maankäytön ja toimintojen suunnittelulla melulta suojattuja alueita

Liikennemeluun vaikutetaan tehokkaimmin maankäytön suunnittelulla. Vilkasliikenteisen tien viereen voidaan sijoittaa teollisuus- tai varastorakennuksia, kauppoja tai

Melukaide on 1-1,4 metriä korkea, tavallisesti betoninen este aivan ajoradan vieressä. Melukaiteita käytetään silloilla ja korkeilla tien penkereillä.

Meluita on kaidetta korkeampi ja sijoitetaan etäämmälle tiestä. Erilaiset materiaali- sekä muotoilumahdollisuudet ovat suuret. Parhaiten aita suojaa pintamateriaalin ollessa ääntä imevää, huokoista, jolloin ei synny heijastuksia. Ehdoton meluiden ominaisuus on tiiviys.

Meluvalli vaatii enemmän tilaa kuin muut melusteet. Se on taloudellinen ratkaisu silloin, kun vallin rakentamiseen voidaan käyttää läheltä saatavaa ylijäämämaata. Heikosti kantava maaperä voi rajoittaa vallin rakentamista.

pysäköintialueita. Asuntoalueilla autotallit ja varastorakennukset voivat toimia osana melusuojausta.

Asuntoalueiden sisällä voidaan vaikuttaa liikennemääriin esimerkiksi läpikulkuliikennettä rajoittamalla. Nopeusrajoitusten ja rakenteellisten hidasteiden avulla voidaan rauhoittaa liikennettä, mikä liikenneturvallisuuden paranemisen lisäksi alentaa melutasoja.

Rengasmelun vaimentamiseen on kehitetty ns. vähämeluisia päällysteitä. Niillä pystytään vähentämään liikennemelua, mutta toistaiseksi ne kuluvat ja menettävät tehoa nopeasti, eivätkä näin sovellu vilkkaasti liikennöidyille teille.

Meluesteet harkiten ja paikkaan sovittaen

Meluesteisiin tulisi turvautua vasta viimeisenä keinona. Melutason alenemisen vastapainona niistä aiheutuu mm. maisemallista haittaa, kulkuesteitä ja varjostusta pihalle.

Erilaisia meluesteitä ovat meluvallit, meluaidat ja melukaiheet sekä niiden yhdistelmät. Niillä saadaan melko helposti aikaan 5 dB:n vaimennus. Suuremman vaimennuksen saavuttaminen lisää usein maisemahaittoja ja kustannuksia.

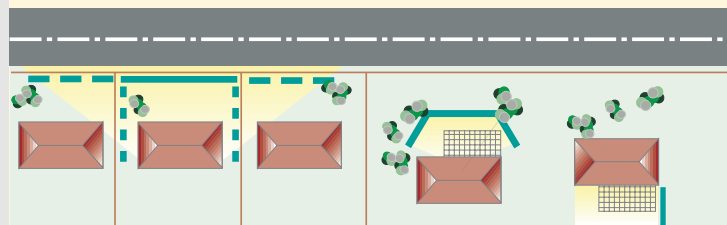
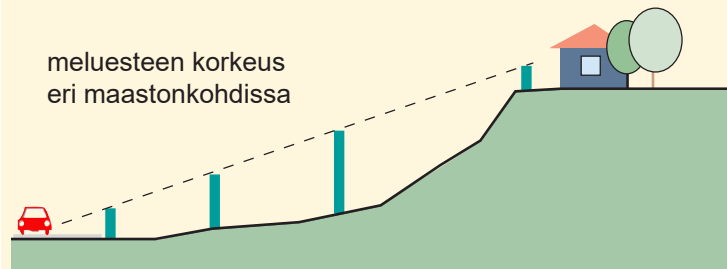
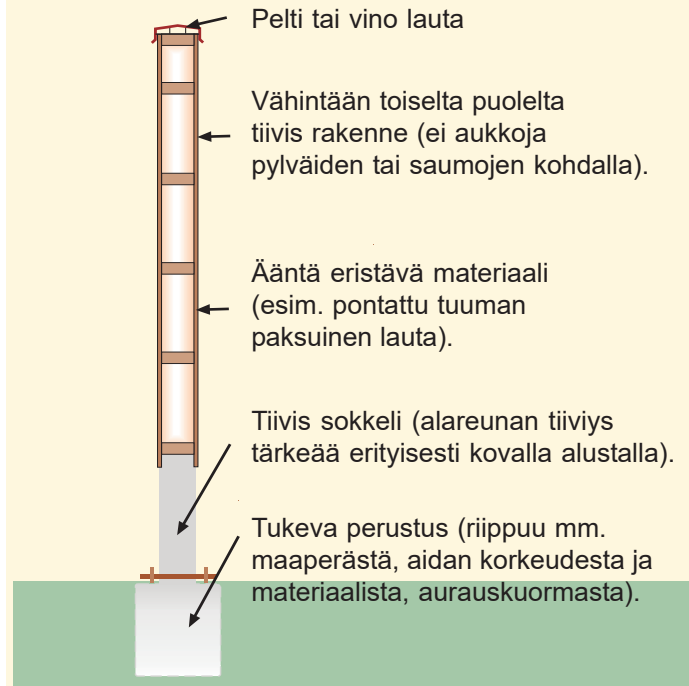
Melueste on yleensä riittävän korkea silloin, kun näköyhteys melulähteeseen katkeaa. Melueste on tehokkaimmillaan, kun se on sijoitettu joko lähelle äänilähdettä tai suojattavaa kohdetta. Melulähteen ja suojattavan kohteen puoliväliin sijoitettu este vaimentaa vähiten. Tasaisessa maastossa noin 2 metriä korkea melueste on tavallisesti riittävä. Esimerkiksi nousevassa rinteessä tehokkaan esteen tulee olla korkeampi.

Meluesteiden sijoittamisessa on otettava huomioon:

- esteen riittävä korkeus ja pituus
- liikenneturvallisuus
- toteuttamista rajoittavat rakenteet
- tien kunnossapito ja lumitila
- paloturvallisuus
- esteettisyys

Yksittäisten kohteiden suojaus voidaan toteuttaa kortteli- ja tonttikohtaisina esteinä. Tontin koko rajoittaa usein esteen pituutta ja näin mahdollisuutta merkittäviin melutasojen alennuksiin. Meluaita tulee sijoittaa riittävän etäälle rakennuksista varjostuksen välttämiseksi. Esteen etäisyys asuinrakennuksesta tulisi olla vähintään 2,5 kertaa esteen korkeus. Kannattaa myös muistaa, että este voi vaikuttaa piha-alueen tuulettumiseen.

Hyvän meluaidan ominaisuuksia:



- Hyvä melueste on riittävän pitkä.
- Meluesteen päiden käänöllä saadaan suojausta tehostettua.
- Oleskelualue pihalla voidaan suojata erikseen.

Näillä sivuilla kerrotaan tiivistetysti tieliikenteen melusta ja Tiehallinnon periaatteista liikennemelun torjunnassa. Lisätietoja melusta on saatavissa mm. alla luetellusta lähdekirjallisuudesta sekä internet – osoitteista.

Ympäristön nykyiset ja tulevat melulähteet kannattaa selvittää kodin rakentamista tai asunnon vaihtoa suunniteltaessa. Teiden suunnittelutilanteesta ja liikenteen melusta antavat lisätietoja tiepiirien, kuntien ja kaupunkien asiantuntijat.

Melusuojausten omatoimiseen toteuttamiseen lähettäessä tulee olla yhteydessä kunnan rakennusvalvontaviranomaiseen.

Aidan sijoittamisessa maantien varteen tulee huomioida mm. tien kunnossapidon ja näkemien asetamat vaatimukset. Tiepiirit vastaavat näitä koskeviin kysymyksiin ja opastavat tarvittaessa lupa-asioissa.

LÄHTEET:

Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma. Suomen ympäristö 696. Ympäristöministeriö 2004.

Yleisten teiden liikennemelu 2003. Tiehallinnon selvityksiä 47/2004. Tiehallinto 2004.

Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Ympäristöopas 101. Ympäristöministeriö 2003.

Liikennemelu ja yhdyskuntasuunnittelu - Oulun lentokentäntie. Lyyli –raporttisarja 23. Liikenneministeriö 2000.

Liikennemelun torjuntaohje. Neuvoja kiinteistöjen omatoimiseen meluntorjuntaan. Tekninen keskus, Kaupunkisuunnittelukeskus, Rakennusvalvontakeskus, Ympäristökeskus, Espoo 1997.

Meluestekäsikirja. Julkaisu 18/97. Suomen kunta-tekniikan yhdistys.

Teiden suunnittelu V, Tiehen kuuluvat laitteet 3, Melu-esteeet (TIEL 2140013). Tielaitos 1997

Ympäristömelun vaikutukset. Suomen ympäristö 94. Ympäristöministeriö 1997.

Meluntorjunnan perusteet. Ympäristöopas 18. Ympäristöministeriö, Pohjois-Savon Ympäristökeskus 1997.

Meluaako ympäristösi? Helsingin kaupungin julkaisema esite.

LISÄTIETOJA:

www.tiehallinto.fi > tienpito > ympäristö > melu
www.ymparisto.fi > ympäristönsuojelu > meluntorjunta

YHTEYSTIEDOT:

**Tiehallinto
Hämeen tiepiiri**
Åkerlundinkatu 5 B
33100 TAMPERE
Vaihde 0204 2211
Fax 0204 22 4002
hameen.tiepiiri@tiehallinto.fi

**Tiehallinto
Turun tiepiiri**
Yliopistonkatu 34
20100 TURKU
Vaihde 0204 2211
Fax 0204 22 4998
turun.tiepiiri@tiehallinto.fi

**Tiehallinto
Uudenmaan tiepiiri**
Opastinsilta 12 A
00520 HELSINKI
Vaihde 0204 2211
Fax 0204 22 2717
uudenmaan.tiepiiri@tiehallinto.fi

N 60 Oikopolku - asemakaavamuutos

TÄRINÄRISKIN ARVIOINTI
YLIMÄKI JANI

SIPOON KUNTA
Asemakaavoitus

Tärinäriskialueen arviointi.

N 60 Oikopolun asemakaavatyön yhteydessä selvitetään tärinäriskialueen sijoittumisen mahdollisuutta suunnittelualueella. Lähdetietona tärinäriskialueen määrittämiseen käytetään VTT:n suositusta tärinäriskialueen arvioimiseksi. VTT:n suositus on tämän raportin liitteenä.

VTT:n mukaan Suomessa altistuu epämiellyttävälle tärinälle noin 1000 kerrostaloa ja 30 000 pientaloa. Asukkaina tämä tarkoittaa noin 80 000 asukasta (Liite 1, s. 9). Ajoväylän epätasaisuus ja pinnan muutokset aiheuttavat tärinää. Rakennuksen kohdalla tärinä siirtyy perustuksiin ja siitä edelleen muihin rakenteisiin. Tärinän leviämiseen vaikuttaa maaperän laatu ja kerroksellisuus. Rakennukseen välittyvään tärinään vaikuttaa rakennuksen rakenteen ominaisuudet, perustamistavasta rakennuksen mittoihin. (Liite 1, s. 11)

Asuinmukavuutta arvioidessa värähtelysignaalin tehollisarvoista määritetään värähtelyn tunnusluku v_{w95} avulla. v_{w95} arvo täytyy olla alle 0,30, kun suunnitellaan uutta asuinalueita (Liite 1, s. 15).

Tärinäriskin arviointia voidaan tehdä kolmella arviointitasolla. Ensimmäisellä arviointitasolla saadaan yleispiirteinen kuva ja toisella arviointitasolla tarkempaa kuvaa ja kolmannella päästään jo todella tarkkaan kuvaan (Liite 1, s.18).

Arviointitaso 1

Arviointitasolla 1 tarkastellaan, onko värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen. (Liite 1, s. 18-19)

Suosittelava turvaetäisyys	Liikennetyyppi	Pehmein maalaji väylän alla
500 m	Tavarajunaliikenne (3 500 tn, 90 km/h)	Pehmeä maa
200 m	Pikajunaliikenne (140 km/h)	Pehmeä maa
100 m	Tavara- ja pikajunat	Kova maa
100 m	Raskas maantieliikenne (100 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100 m	Hidastetöyssyt, raskas liikenne (40 km/h)	Pehmeä maa
50 m	Raskas katuliikenne (40 km/h, sileä)	Pehmeä maa
15 m ^{a)}	Raskas maantie- ja katuliikenne (myös töyssyt)	Kova maa

Taulukossa esitetään suositeltavaa turvaetäisyyttä tärinäkohteesta. (Liite 1, s. 19)

Taulukossa ei ole suoraan suunnittelualueen ominaisuuksia vastaavaa arvoa. Suunnittelualueella ei ole tavarajunaliikennettä, eikä pääsääntöistä raskasta maaliikennettä. Suunnittelualue sijaitsee pehmeällä

maa-alueella, joten myöskään taulukon alin vaihtoehto ei tule kyseeseen, koska taulukossa on määritetty maa-alueeksi kova maa. Selvitysalue jää siis kahden alimman taulukossa esitetyn ominaisuuksien väliin.

Taulukon turvaetäisyyksien kohdalla voidaan käyttää puolta taulukossa esitettävistä arvoista, koska suunnittelualueen rakennukset ovat viisikerroksisia (Liite 1, s. 18).

Suunnittelualueen pohjoisimman rakennusalan ja Nikkiläntien kaistan reunan etäisyydeksi on laskettu 24,17 metriä. Ajoneuvot ajavat yli metrin päässä reunasta, joten todellisuudessa etäisyys on yli 25 metriä. Suunnittelualueen maalaji on GTK-aineiston perusteella 30 metrin paksuista Savimaata, eli kyseessä on taulukon mukaista pehmeätä maata. Rakennettavuusselvityksen kairaustietojen perusteella savimaan paksuus on noin 7 metriä, josta ylempi kerros on kovakuorista savea vajaan kolmen metrin paksuudessa ja alempi savikerros on joko plastista tai pehmeää savea (Liite 2). Nikkiläntie on sileää katuja, jossa ei ole töyssyjä tarkastelualueen kohdalla. Asfaltti on myös hyvässä kunnossa.

Rakennuksen kerroskorkeus on 5 kerrosta, joten turvaetäisyyksistä käytetään ainoastaan puolta taulukon arvoista (Liite 1, s.18).

Suunnittelualueen ominaisuudet jäävät taulukon kahden alimman rivin väliin.

Turvaetäisyyksien taulukon ja rakennuksen ominaisuuksien (5. kerroksinen kerrostalo) perusteella suojaetäisyydet ovat kahdella alimmalla rivillä 25 metriä ja 7,5 metriä. Toiseksi alimman rivin mukaan turvaetäisyys ei rimaa hiipien riittäisi, vaan jäisi vajaan alle metrin etäisyydeltä ja alimman taulukon kohdan mukaan turvaetäisyys saavutetaan selvästi.

Suunnittelualue ei laskelman mukaan sijaitse tärinäriskialueella.



Kuvakaappaus pohjakartasta ja kaavakartasta lasketusta etäisyydestä. Pohjoisimman rakennusalan ja Nikkiläntien kaistan reunan etäisyydeksi on laskettu 24,17 metriä. Ajoneuvot ajavat yli metrin päässä reunasta, joten todellisuudessa etäisyys on yli 25 metriä.

Arviointitaso 2

Suunnittelualuetta tarkastellaan tarkemmin arviointitasolla 2, koska arviointitaso 1 ei määritä suunnittelualueen ominaisuuksia riittävän tarkasti ja arviointitasoa 1 suositellaan käytettäväksi maakunta- ja yleiskaavantasolla. Arviointitasolla 1 tulkittiin suunnittelualueen sijaitsevan tärinäriskialueen ulkopuolella ja arviointitasolla 2 halutaan hakea varmuutta asiaan. Arviointitasossa 2 tärinäriskialuetta voidaan tarkentaa laskentakaavoihin perustuvalla arvioinnilla (Liite 1, s.20).

Arviointitason 2 pystytään laskemaan käsin alla olevan perusyhtälön mukaan (Liite 1, s. 74):

$$v_{z,\max} = 0,006 \cdot a \cdot v \cdot g \cdot p \cdot \left(\frac{r}{6}\right)^x \cdot M,$$

Yhtälössä a = epätasaisuuden suurin arvo, g = maaperäkerroin, p = epätasaisuuden leveys, v = ajoneuvojen nopeus, r = tarkastelupisteen etäisyys epätasaisuudesta, x = maaperästä riippuva eksponentti, M = suurennuskerroin maasta rakennukseen (Liite 1, s.74).

Epätasaisuutena käytetään VTT mukaan taulukossa annettuja valmiita arvoja. (Liite 1, s. 74).

Maaperäkerroin ja maaperäeksponentti ovat myös esitetty VTT:n ohjeistuksien taulukoissa (Liite 1, s. 75).

Etäisyys Nikkiläntien ja suunnittelualueen tarkastelukohtien välillä on 24 metriä, joten r = 24.

Taulukko 1. Maaperäkerroin g ja eksponentti x. Taulukossa on sovellettu lähdettä (Watts & Krylov 2000).

Maalajityyppi katualueella ja sen vierellä	Maaperäkerroin g	Maaperäeksponentti x
Pehmeät savet	1,2	-1,1
Kovat savet	0,5	-1,05
Hiekat, sorat	0,3	-0,75
Moreeni	0,2	-0,95
Kallio	0,1	-1,1

Taulukko 2. Epätasaisuuskerroin.

Tien ja kadun laatu	Epätasaisuus a, mm
Uusi AB-päällyste	1...2
Kulunut reikiintymätön AB-päällyste	2...4
Reikiintynyt AB-päällyste	5...10
Nupukivipäällyste	3...8
Sorapäällyste, hyväkuntoinen	4...8
Sorapäällyste, huonokuntoinen	5...15
Koholla oleva rumpu kadussa, koholla oleva taikka painunut kaivon kansi kadussa (suurin ero 5 m:n oikolaudalla mitattuna)	10...20

Taulukoissa on annettu ohjearvot laskelmiin (Liite1, s. 75)

Maaperäkertoimeksi ja maaperäeksponentiksi taulukosta saadaan arvoksi pehmeälle savimaalle arvot 1,2 ja -1,1. Nikkiläntien tarkastelukohdassa oleva päällyste on hyväkuntoinen, mutta ei kuitenkaan uusi. Taulukosta katsotaan soveltuvaksi parhaiten arvo 2.

Nikkiläntien tarkastelukohdasta katsottuna 200 metrin päässä sijaitsee liikenneympyrä ja tarkastelukohdan välittömässä läheisyydessä sijaitsee kavennuskohta. Edellä mainitut ominaisuudet pitävät ajonopeudet alhaisina. Nikkiläntien nopeusrajoitus on 40 km/h. Edellä mainituista seikoista arvioidaan ajoneuvojen maksiminopeuksien olevan korkeintaan 40 km / h.

Nikkiläntie on tasainen katu sekä pituus- että leveysuunnissa, joten p-arvona käytetään lukua 1 (Liite 1, s. 74).

Suunnittelualueen tarkastelukohdassa oleva rakennus on suunniteltu 5 kerroksiseksi, joten suurennskertoimeksi M, saadaan arvo 1 (Liite 1, s. 20; Liite 1, s. 75).

Yhtälöstä saadaan edellisten perusteella tulos:

$$v_{z,\max} = 0,006 \cdot a \cdot v \cdot g \cdot p \cdot \left(\frac{r}{6}\right)^x \cdot M$$

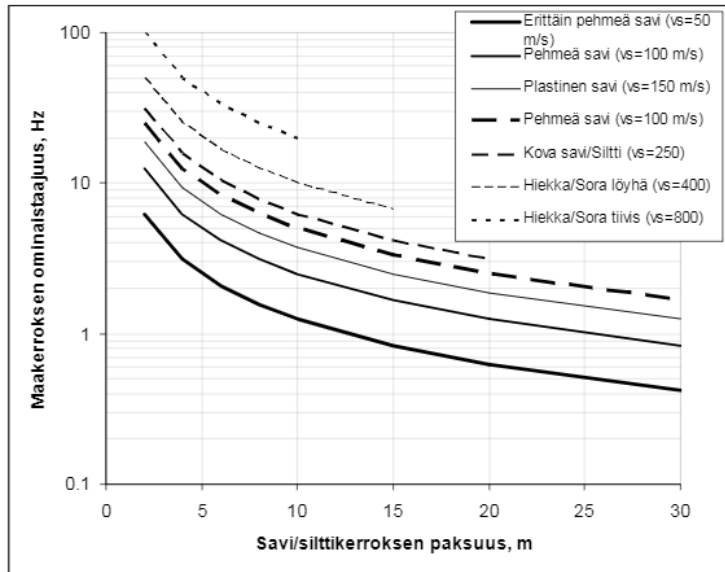
$$V_{z,\max} = 0,006 * 2 * 40 * 1,2 * 1 * \left(\frac{\sqrt{24}}{\sqrt{6}}\right)^{-1,1} * 1$$

$$V_{z,\max} = 0,2687..$$

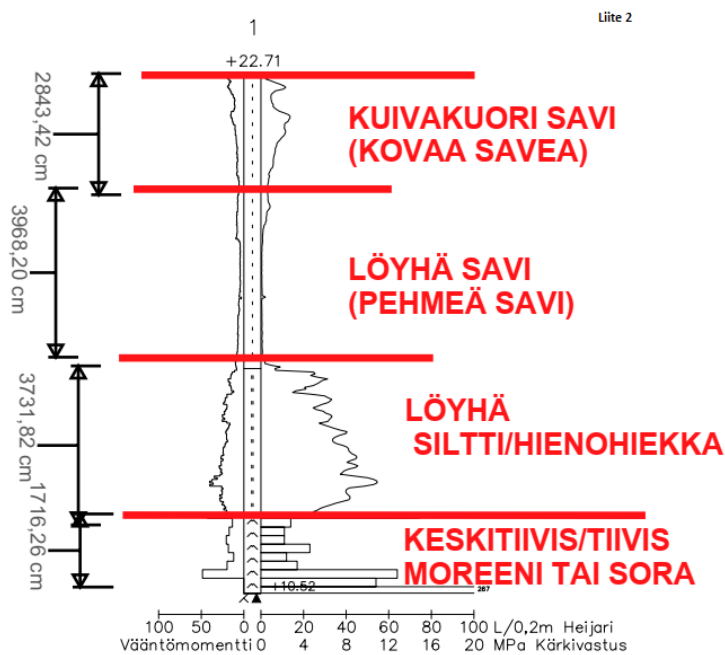
VTT Tiedotteen 2278 mukaan likiarvona voidaan liikennetärinälle käyttää kaavan (2) vuorosuhdetta, jolla tunnusluku $v_{\max,95}$ saadaan hallitsevan värähtelytaajuuden f funktiona, kun referenssitaajuus $f_0=3,5$ Hz: (Liite 1, s. 13)

$$v_w \leq 0,55 \cdot v_{\max} \cdot \sqrt{1 + (f_0 / f)^2} .$$

F_0 referenssitaajuutena käytetään edellisessä kappaleessa annettua 3,5 Hz arvoa. Maakerroksen ominaisuustaaajuus f määritetään alla olevan kuvan perusteella. Arvoksi maaperän ominaisuustaaajuudelle saadaan 3,5 Hz. Ominaisuustaaajuuden arvioi perustuu asemakaavan yhteydessä tilatun rakennettavuusselvityksen kairaustietojen perusteella. Selvityksen perusteella Oikopolun pohjoisosan maaperä on seitsemän metrin paksuinen savikerros, josta kovaa savea on vajaa kolme metriä ja plastista tai pehmeää savea on noin neljä metriä. Varmistaakseen laskelman riittävän luotettavuuden, käytetään laskussa pehmeän saven ominaisuustaaajuutta koko 7 metrin matkalle. Mitä matalampi ominaisuustaaajuus on, sitä pidemmälle tärinäriskialue leviää.



Pehmeän saven taajuus 7 metrin paksuisessa maakerroksessa jää 3,5 ja 4,0 Hz väliin, laskuissa käytetään varmuudeksi arvoa 3,5 Hz (Liite 1, s. 65). Mitä matalampi ominaistaajuus, sitä pidemmälle tärinärisi leviää.



Kuvakaappaus Oikopolun asemakaan rakennettavuusselvityksestä (Liite 2). Ylempi savi kerros edustaa luokittelussa kovaa savea ja tämän alempi kerros sijoittuu luokkaan pehmeä savi. Erittäin pehmeää savi ei ole, koska vesipitoisuus on maltillinen. Plastista savea alempi savikerros voisi olla, mutta varmempi luokitella pehmeäksi saveksi (Liite 3, s. 7).

Edellä määritettyjen arvojen perusteella, yhtälön ratkaisuksi saadaan:

$$V_w \leq 0,55 * 0,2687 * \sqrt{1 + (3,5/3,5)^2}$$

$$V_w \leq 0,21$$

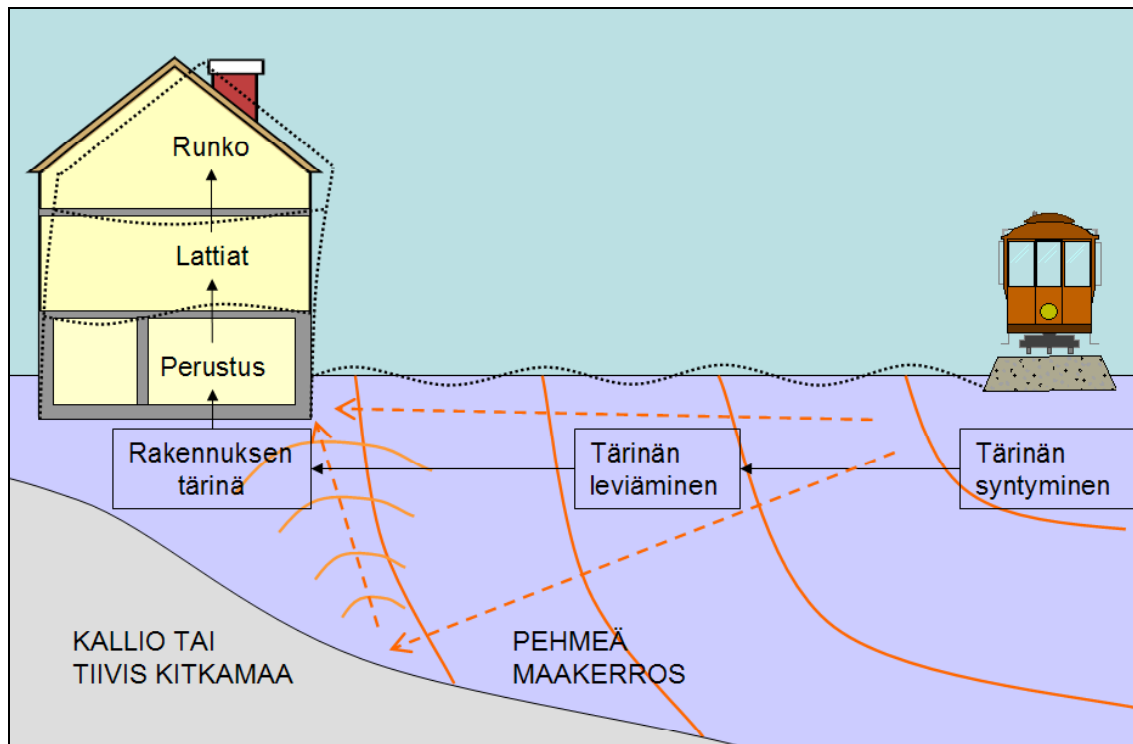
$$V_w \approx V_{w95} \quad (\text{Liite 1, s. 13})$$

$$V_{w95} \approx 0,21$$

Värähtely-luokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. <i>Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei ole yleensä häiritsevää.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,60$

Taulukosta on esitetty arvot, jonka alapuolella ei ole tärinäriskiä. Edellä laskettu $V_{w,95}$ arvo 0,21 sijoittuu reilusti värähtelyluokan C alapuolelle (Liite 1, s.15).

Laskelmien perusteella voidaan todeta, että suunnittelualue ei sijaitse tärinäriskialueella, joten tarkempaa selvitystä suunnittelualueen tärinästä ei ole syytä teettää.



Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa

Jouko Törnqvist & Asko Talja

ISBN 951-38-6602-5 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2006

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Kemistintie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7007

VTT, Kemistvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7007

VTT Technical Research Centre of Finland, Kemistintie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7007

Julkaisija

Julkaisun sarja, numero ja
raporttikoodiVTT Working Papers 50
VTT-WORK-50

Tekijä(t) Törnqvist, Jouko & Talja, Asko		
Nimeke Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa		
Tiivistelmä Julkaisussa käsitellään liikennetärinän syntymistä ja sen asumisviihtyvyydelle aiheuttamia haittoja, tärinän arviointia laskennallisesti ja mittaamalla sekä annetaan suositukset maankäytön suunnittelua varten. Erityisesti keskitytään tärinän leviämisen arviointiin maaperässä. Julkaisu täydentää VTT Tiedotteessa 2278 (2004) annettua suositusta liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta. Maankäytön suunnittelussa tärinän arviointi jaetaan tarkkuutensa perusteella kolmeen eri tasoon. Arviointitaso 1 perustuu kokemuseräiseen suojaetäisyyteen, jota kauempana värähtelytarkastelua ei pidetä tarpeellisena. Arviointitaso 2 perustuu yleensä laskennalliseen arviointiin tai mittauksiin, ja siinä liikenne ja maaperän ominaisuudet otetaan tarkemmin huomioon. Arviointitaso 3 edellyttää aina maaperästä tehtäviä värähtelymittauksia. Tutkimuksen yhteydessä on tehty kenttämittauksia ja FEM-laskelmia. Lisäksi on kehitetty kokeiluvärsio laskentaohjelmasta TREMOR, jolla voidaan tutkia junan aiheuttaman tärinän leviämistä kerrostuneessa maaperässä. Julkaisun liitteissä esitetään myös käsinlaskentaan soveltuvia arviointitapoja rautatie- ja maantieliikenteelle. Saadun kokemuksen perusteella paras tapa arvioida tärinän leviämistä on mittaaminen, jonka käytöstä julkaisussa annetaan suositukset. Muiden laskentamenetelmien tarkkuus riittää lähinnä tärinän suurusluokan ja eri parametrien suhteellisten vaikutusten arviointiin.		
Avainsanat environmental impacts, traffic, traffic-induced vibration, vibration classification, vibration nuisance, vibration measurements, limit values, residential buildings, design values, instructions		
ISBN 951-38-6602-5 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 985-R4SU00056
Julkaisuaika Toukokuu 2006	Kieli Suomi, engl. abstr.	Sivuja 46 s. + liitt. 33 s.
Projektin nimi Liikenneperäisen tärinän huomioiminen maankäytön, liikenteen ja rakennusten suunnittelussa	Toimeksiantaja(t) ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, Ratahallintokeskus, Tiehallinto, Helsingin, Espoon, Vantaan ja Turun kaupungit	
Yhteystiedot VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 111 Faksi 020 722 7007	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374	

Published by

Series title, number and
report code of publicationVTT Working Papers 50
VTT-WORK-50

Author(s) Törnqvist, Jouko & Talja, Asko		
Title Recommendation for evaluation of traffic-induced vibrations in planning of land use		
Abstract The vibration generation and the nuisance of the vibrations for pleasant environment are studied in the publication. Advice and design tools for planners and decision-makers are given. The recommendations cover both the use of calculation and field testing in prediction of the vibrations. The publication complements the recommendations for measurements and classification of vibrations given in VTT Research Notes 2278. Three design levels with different accuracy are proposed. Level 1 is based on the empirical precaution distances, which determine either the land use is safe or not on the point of vibrations. Level 2 is usually based on design equations or vibration measurements. Then also data of traffic and ground are more detailed taken into consideration. Level 3 requires always the vibration measurements from the ground. The publication is based on field measurements and FEM calculations. Also simplified estimation procedures for rail and road traffic are shown in the appendices. The results show that the vibration measurements, for which detailed recommendations are given, are the best way for assessment of the vibration propagation. The accuracy of other evaluation methods is adequate only for evaluation the order of vibration magnitude and for estimating the relative influence of different parameters.		
Keywords environmental impacts, traffic, traffic-induced vibration, vibration classification, vibration nuisance, vibration measurements, limit values, residential buildings, design values, instructions		
ISBN 951-38-6602-5 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 985-R4SU00056
Date May 2006	Language Finnish, English abstr.	Pages 46 p. + app. 33 p.
Name of project Liikenneperäisen tärinän huomioiminen maankäytön, liikenteen ja rakennusten suunnittelussa	Commissioned by Ministry of the Environment, Ministry of Transport and Communications, Finnish Rail Administration, Finnish Road Administration, cities of Helsinki, Espoo, Vantaa and Turku	
Contact VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 111 Fax +358 20 722 7007	Publisher VTT P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374	

Alkusanat

Liikenteen aiheuttama tärinä on liikennemelun kaltainen ympäristöhaitta, joka tulee ottaa huomioon suunniteltaessa uusia asuntoja nykyisten liikenneväylien läheisyyteen tai rakennettaessa uusia väyliä vanhoille asuinalueille. Liikennetärinän vaikutukset asuinmukavuuteen tunnetaan huonosti, eikä mahdollisia haittoja siksi yleensä arvioida kaavoituksessa riittävästi.

Ympäristöministeriön asetuksessa pohjarakenteista (Suomen rakentamismääräyskoelman osa B3, 2004) liikenteen vaikutukset on esitetty otettavaksi huomioon. Asetuksessa mainitaan, että ennen rakentamista on tarvittaessa selvitettävä, että liikennetärinä ei aiheuta rakennuksessa oleville ihmisille kohtuutonta häiriötä.

Tämän julkaisun päätarkoitus on esittää suosituksia koskien liikennetärinän vaikutusten arviointia maankäytön suunnittelussa. Tutkimus liittyy ympäristöministeriön *Ympäristöklusterin tutkimusohjelman kolmannen vaiheen 2003–2005: Ekotehokas yhteiskunta* projektiin *Liikenneperäisen tärinän huomioiminen maankäytön, liikenteen ja rakennusten suunnittelussa*. Julkaisu täydentää VTT Tiedotetta 2278 (Talja 2004e), jossa esitetään suositukset liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Tutkimusta ovat rahoittaneet ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, Ratahallintokeskus, Tiehallinto sekä Helsingin, Espoon, Vantaan ja Turun kaupungit.

Tutkimushankkeen johtoryhmään ovat kuuluneet seuraavat henkilöt:

Tuomo Viitala	Ratahallintokeskus
Anja Leinonen	ympäristöministeriö
Risto Saari	liikenne- ja viestintäministeriö
Tuula Säämänen	Tiehallinto
Osmo Torvinen	Helsingin kaupunki
Harri Tanska	Espoon kaupunki
Matti Holtari	Vantaan kaupunki
Jaakko Lindholm	Turun kaupunki
Matti Kokkala	VTT

Lisäksi johtoryhmätyöskentelyyn ovat osallistuneet asiantuntijajäseninä seuraavat henkilöt:

Anni Rimpiläinen	ympäristöministeriö
Anders Jansson	Tiehallinto
Risto Jokinen	Espoon kaupunki
Matti Hakulinen	Geomatti Oy (SGY:n nimeämä edustaja)
Esa Patjas	SITO-yhtiöt (SKOL:n nimeämä edustaja)
Osmo Rasimus	Tekes
Mauri Marttila	Kiinteistöliitto
Vesa Valpasvuo	Kuntaliitto
Jouko Törnqvist	VTT

Johtoryhmän puheenjohtajana on toiminut ylitarkastaja Tuomo Viitala Ratahallintokeskuksesta.

Tutkimuksen vastuullisena johtajana on VTT:ssä toiminut tutkimuspäällikkö Matti Kokkala ja projektipäällikkönä erikoistutkija Asko Talja. Mittauksista ja mittaustulosten analysoinnista VTT:ssä ovat vastanneet Asko Talja, Juha Kurkela, Erkki Järvinen, Jukka Mäkinen ja Pekka Ahlgren. Analyttisistä laskentamenetelmistä ja FEM-laskennasta ovat vastanneet Tuomo Kärnä, Auli Lastunen ja Juha Kurkela. Tutkimustulosten saattamisen ohjeiksi ja tämän yhteenvetojulkaisun kirjoittamisen ovat tehneet Asko Talja ja Jouko Törnqvist yhdessä lukuun ottamatta liitteitä A, C ja D, jotka ovat Jouko Törnqvistin laatimia.

Kiitämme projektin johtoryhmän jäseniä, rahoittajia ja kaikkia työn suorittamiseen osallistuneita henkilöitä aktiivisuudesta ja hyvin onnistuneesta yhteistyöstä.

Asko Talja

Jouko Törnqvist

Sisällysluettelo

Alkusanat	5
1. Johdanto	8
1.1 Tutkimuksen tausta	8
1.2 Taustaselvitykset	9
1.3 Lait ja asetukset	10
2. Tärinä ympäristöhaittana	11
2.1 Tärinän syntyminen ja kokeminen	11
2.2 Tärinän suuruuden kuvaaminen	12
2.3 Suositukset tärinän raja-arvoiksi	15
3. Suositus tärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa	18
3.1 Arviointitaso 1	18
3.2 Arviointitaso 2	20
3.3 Arviointitaso 3	21
4. Tärinän arviointi mittauksin	22
4.1 Suositukset maaperän värähtelyn mittauksen suorittamisesta	22
4.2 Suositukset rakennuksen tärinän mittauksen suorittamisesta	25
4.3 Koekohteista mitatut maaperän värähtelyt	26
4.4 Taajuussisällön vaikutus rakennuksen värähtelyihin	31
4.5 Koekohteista mitatut rakennuksen värähtelyt	32
5. Tärinän laskennallinen arviointi	34
5.1 Käsineläskentämenetelmät	34
5.2 Tarkemmat laskentamenetelmät	35
5.3 FEM-laskenta	37
6. Yhteenveto ja jatkotutkimustarpeet	40
6.1 Yhteenveto	40
6.2 Jatkotutkimustarpeet	41
Lähdeluettelo	44
Liitteet	
Liite A: Maaperäominaisuudet ja niiden määrittäminen tärinän kannalta	
Liite B: Yhteenveto koekohteista mitatuista maaperän värähtelyistä	
Liite C: Junaliikenne – Tärinään vaikuttavat tekijät ja laskennallinen arviointi	
Liite D: Tie- ja katuliikenne – Tärinän syntyminen ja laskennallinen arviointi	
Liite E: Esimerkki taajuussisällön vaikutuksesta rakennuksen värähtelyihin	

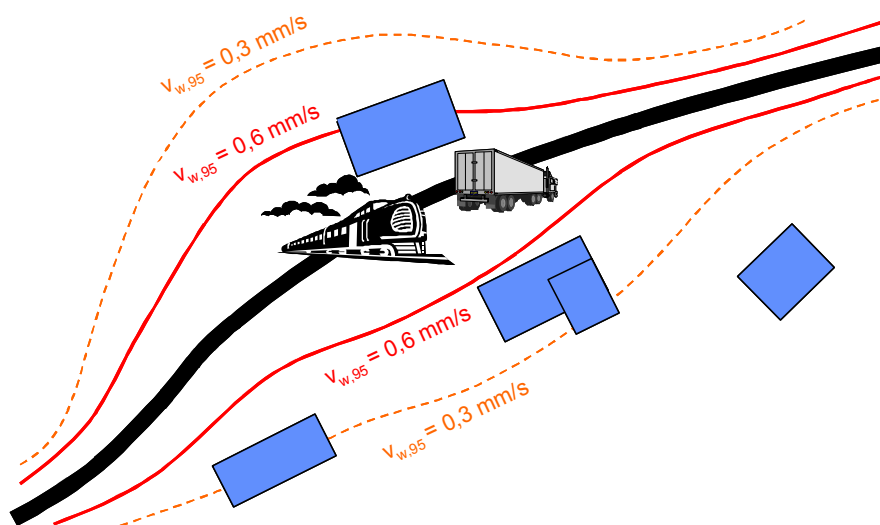
1. Johdanto

Tässä julkaisussa tarkastellaan liikennetärinää asuinmukavuuteen liittyvänä ongelmana. Tällöin tärinä tulee mieltää liikennemelun kaltaiseksi haitaksi. Tapauksissa, joissa häiriö häiritsee lepoa, siitä voi olla myös terveydellistä haittaa.

Haitallisiksi voivat muodostua myös liikenteestä rakennukseen kovan maaperän ja kallion kautta siirtyvät runkoäänet, joita tämä tutkimus ei käsittele. Se ei käsittele myöskään rakenteiden vaurioitumista. Rakennuksen vaurioitumista koskevat suositusarvot tärinän raja-arvoiksi ovat yleensä suurempia kuin asuinmukavuudelle esitetyt arvot. Tärinä voi haitata myös herkkien laitteiden toimintaa. Herkkien laitteiden värähtelylle asetettavat raja-arvot ovat yleensä huomattavasti pienempiä kuin asuinmukavuudelle asetut suositusarvot.

1.1 Tutkimuksen tausta

Yhdyskuntien toimivuuden edellytyksenä ovat toimivat liikenneväylät. Luonnollisena seurauksena tästä on, että hyvien liikenneyhteyksien varteen sijoittuvia, jo rakentamiskäyttöön otettuja alueita pyritään kehittämään edelleen ja niiden maankäyttöä tehostamaan. Yhdyskuntarakenteen tiivistyminen houkuttelee rakentamaan asuntoja myös sellaisille alueille, esimerkiksi pehmeille savimaille, joilla tärinähaitat korostuvat (kuva 1). Myös raskaan liikenteen määrän ja akselipainojen kasvu lisäävät teiden ja ratojen varsien tärinäongelmia. Samanaikaisesti asukkaiden ja viranomaisten vaatimukset asuinympäristön laadulle ovat lisääntyneet.



Kuva 1. Tärinän leviäminen ympäristöön. Kuvassa esitetään värähtelynopeuden tunnusluku eri etäisyydellä väylästä.

Karkeasti arvioiden Suomessa katu- ja tieliikenteestä johtuva, ympäristöön leviävä tärinä voidaan kokea epämiellyttäväksi noin 1 000 kerrostalossa ja noin 30 000 pientalossa. Näissä rakennuksissa asuu noin 80 000 asukasta. Rataliikenteen osalta määrät voivat tie- ja katuliikenteeseen verrattuna olla jopa kaksinkertaisia. Rakennuksia, joissa tärinä voi saada aikaan rakenteellisiakin vaurioita, on tuhansia.

Tärinä on melun tapaan noussut merkittäväksi kriteeriksi kaavoitus- ja rakentamispäätöksiä tehtäessä. Ongelmana on ollut, että vaikka lainsäädännössä liikennetärinän ympäristöhaitat on edellytetty otettavaksi huomioon, sopivien kriteerien puuttuessa liikennetärinän haitta-arviota ei ole pystytty tekemään.

1.2 Taustaselvitykset

Ympäristöministeriön, sektoriviranomaisten ja useiden kuntien ohjaamana VTT julkaisi vuonna 2004 asumisviihtyvyyteen perustuvan suosituksen liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (Talja 2004e).

Tässä julkaisussa otetaan huomioon VTT Tiedotteen 2278 julkaisemisen jälkeen saadut uudet tutkimustulokset. Uutena asiana julkaisussa keskitytään liikennetärinän vaikutusten arviointimenetelmiin ja annetaan suosituksia tärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Lukemisen helpottamiseksi julkaisussa toistetaan myös VTT Tiedotteensa 2278 esitettyjä asioita. Julkaisu perustuu kirjallisuusselvityksiin, tehtyihin kenttämittauksiin, FEM-laskelmiin ja VTT:ssä kehitettyyn laskentaohjelmaan. Näistä osatehtävistä on laadittu seuraavat taustaraportit:

- Liikenneperäisen tärinän leviäminen maaperässä – Tärinän arviointi mittauksin (Talja 2005)
- Liikennetärinän leviäminen – Maaperän värähtelyn määrittäminen FEM-laskennan avulla (Kurkela 2005)
- Laskentaohjelma TREMOR 1.0 raideliikenteen aiheuttaman tärinän arvioimiseksi (Kärnä & Lastunen 2006).

Lisäksi VTT Tiedotteen 2278 perustana ovat seuraavat taustaraportit:

- Kirjallisuusselvitys raja-arvoista ja tärinän mittaamisesta (Talja 2003)
- Liikenneperäinen tärinä – Kirjallisuusselvitys tärinän arvioinnista (Talja 2004c)
- Liikenneperäinen tärinä – Rakennuksen vaikutus värähtelyihin (Talja 2004d)
- Tampereen kohteiden mittaustulokset (Talja 2003f)
- Turun kohteiden mittaustulokset (Talja 2004g)
- Helsingin kohteiden mittaustulokset (Talja 2004b)
- Espoon kohteiden mittaustulokset (Talja 2004a)
- Vantaan kohteiden mittaustulokset (Talja 2004h)
- Urjalan kohteiden mittaustulokset (Talja 2004i).

1.3 Lait ja asetukset

Tärinä rinnastetaan ympäristönsuojelussa meluun. Liikennemelun ja -tärinän huomioon ottamisessa lainsäädäntö pyrkii siihen, että riskialueilla sekä rakennusten että liikenneväylien sijoituksessa otetaan etukäteen huomioon niistä mahdollisesti aiheutuvat haitat. Jälkikäteen tärinähaittojen vähentäminen on teknisesti vaikeaa ja kallista.

Maankäyttö- ja rakennuslaki (N:o 132/1999) asettaa alueiden käytön suunnittelulle ja rakentamisen ohjaukselle tavoitteeksi turvallisen, terveellisen ja viihtyisän ympäristön luomisen. Lain nojalla annetussa Maankäyttö- ja rakennusasetuksessa (N:o 895/1999) edellytetään kaavaa laadittaessa selvitettäväksi myös vaikutukset ihmisten elinoloihin ja elinympäristöön. Maantielaki (N:o 503/2005) edellyttää, että maantien suunnittelussa ja rakentamisessa on otettava huomioon ympäristönäkökohdat.

Myös ympäristöministeriön asetuksessa pohjarakenteista (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa B3, 2004) liikenteen tärinävaikutukset on esitetty otettavaksi huomioon. Asetuksessa mainitaan, että ennen rakentamista on tarvittaessa selvitettävä, että liikennetärinä ei aiheuta rakennuksessa oleville ihmisille kohtuutonta häiriötä.

Tärinä mainitaan myös ympäristönsuojelulaissa (N:o 86/2000). Lain yleisenä tavoitteena on ehkäistä ihmisen toiminnasta johtuvaa ympäristön pilaantumista. Lain periaatteena on, että toiminnan harjoittajan tulee ehkäistä ennakolta ympäristöhaitat tai rajoittaa ne mahdollisimman vähäisiksi. Laki koskee myös tärinän päästämistä tai jättämistä ympäristöön, jos siitä aiheutuu terveyshaittaa, yleisen viihtyisyyden vähenemistä tai haittaa omaisuudelle.

Laki ympäristövahinkojen korvaamisesta (N:o 737/1994) korostaa kaavoittajien ja vahingon aiheuttamiseen osallistuvien vastuuta. Laki suojaa yksityisten henkilöiden oikeuden saada korvausta myös liikennetärinän aiheuttamasta vahingosta. Korvausvelvollisuus on sillä, jonka aiheuttamasta toiminnasta vahinko johtuu. Lain mukaan ympäristövahinko korvataan, ellei häiriön sietämistä ole pidettävä kohtuullisena, ottaen muun ohella huomioon paikalliset olosuhteet ja häiriön syntymiseen johtanut tilanne kokonaisuudessaan sekä häiriön yleisyys vastaavissa olosuhteissa muutoin.

2. Tärinä ympäristöhaittana

2.1 Tärinän syntyminen ja kokeminen

Tärinän aiheuttaa ajoväylän epätasaisuus tai väylän pintaan ajoneuvosta aiheutuvat muodonmuutokset. Väylällä kulkevan liikennevälineen, väylän ominaisuuksien ja väylän alla olevan maaperän vuorovaikutuksen vuoksi maaperä joutuu värähtelyyn, jota kutsutaan yleisesti liikennetärinäksi. Rakennuksen kohdalla maaperän värähtely siirtyy edelleen rakennuksen perustukseen. Perustuksen värähtely johtaa edelleen rakennuksen rungon ja lattioiden värähtelyyn. Kuvassa 2 esitetään periaate junaliikenteen aiheuttaman tärinän siirtymisestä herätelähteestä rakennuksessa koettavaksi värähtelyksi.

Liikenteestä aiheutuvan herätteen suuruuteen vaikuttavat mm.

- ajoneuvon ominaisuudet
- väylän ominaisuudet
- ajonopeus.

Tärinän leviämiseen maaperässä vaikuttavat mm.

- maaperän laatu
- etäisyydet
- maaperän kerroksellisuus.

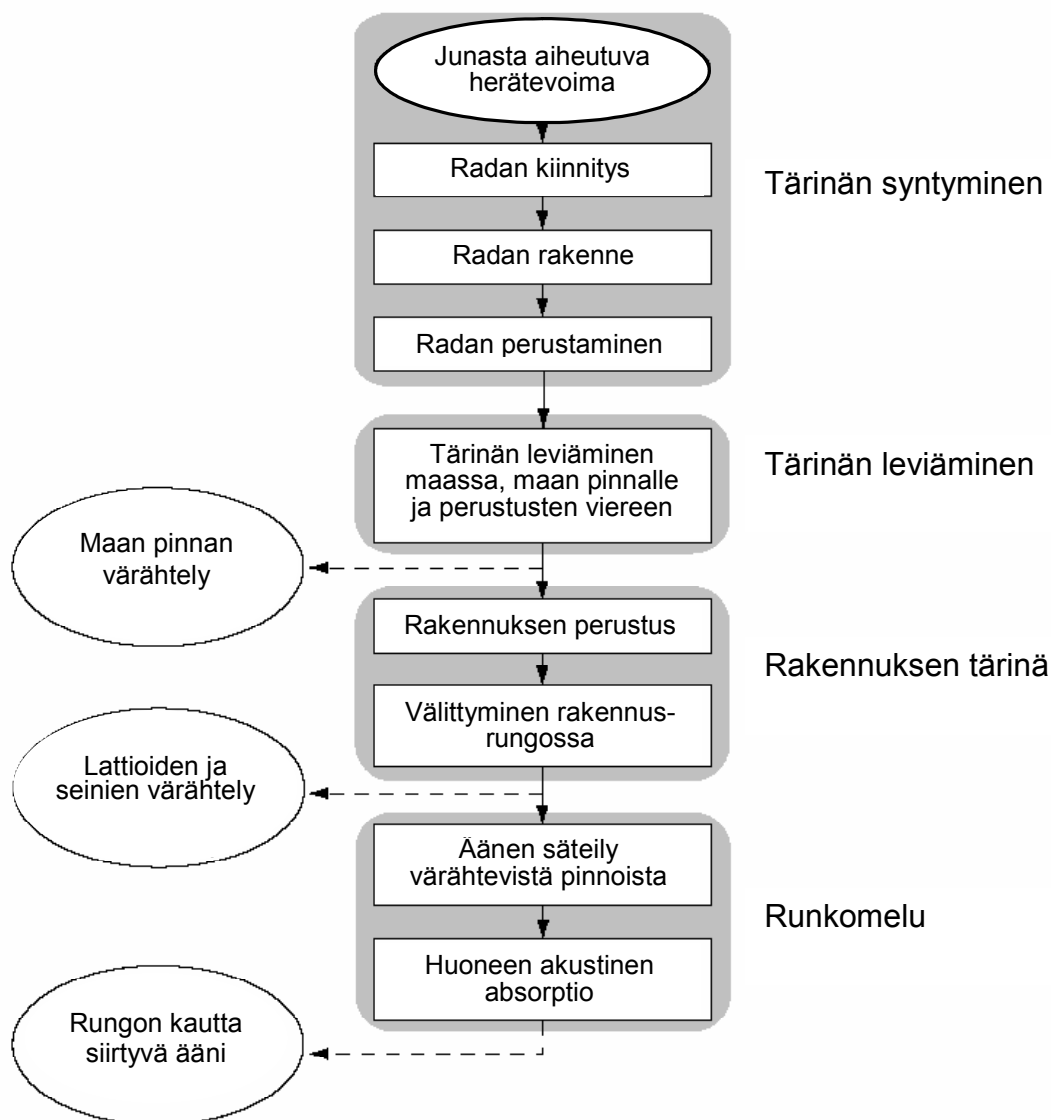
Tärinän siirtymiseen rakennuksessa vaikuttavat mm.

- perustamistapa
- rakennuksen mitat
- rungon resonanssi-ilmiö
- välipohjan ja muiden rakenneosien resonanssi-ilmiö.

Lopulta asukas kokee rakenneosien tärinän yleensä

- häiritsevinä kehon tuntemuksina
- rakennusosista ja esineistä välittyvinä ääninä
- mahdollisena pelkona rakenteiden vaurioitumisesta.

Liikenteestä aiheutuvan tärinän haitallisuus riippuu useista eri parametreista, ja siksi arviointi perustuu suurelta osin kokemusperäiseen tietoon. Tärinän suuruuteen vaikuttavat herätteen suuruus, väylän ominaisuudet, maaperän ominaisuudet ja rakennuksen ominaisuudet. Tärinän syntyminen ja leviämiseen vaikuttavia tekijöitä kuvataan tarkemmin maaperän osalta liitteessä A ja liikenteen osalta liitteissä C ja D.



Kuva 2. Periaatekuva junaliikenteen aiheuttaman tärinän syntymisestä ja siirtymisestä asukkaan havaitsemaksi tärinäksi (FRA 1995). Tämä julkaisu ei käsittele kuvassa esitetyä liikenteestä aiheutuvaa runkomelua.

2.2 Tärinän suuruuden kuvaaminen

Kuvassa 3 esitetään tärinän suuruuden kuvaamiseen liittyviä käsitteitä. Kun kyse on asumisviihtyvyydestä, tärinän arvioimisessa käytetään yleensä värähtelyn tehollisarvoa v_{rms} (mm/s) (NS 8176E, 1999, ISO 2631-1, 2003, DIN 4150-2, 1999). Tällöin yksittäisestä liikennevälineestä mitatun värähtelysignaalin eritaajuuksiset komponentit tehdään ensin ihmisen herkkyyden suhteen samanarvoisiksi painottamalla ne taajuudesta riippuvalla painotuskertoimella. Tämän jälkeen taajuuspainotetusta värähtelysignaalista määritetään suurin tehollisarvo v_w (mm/s), jota käytetään mitatusta ajoneuvosta aiheutuvan

tärinän kuvaamiseen. Mittauksen suorittamista ja tulosten analysointia kuvataan tarkemmin VTT Tiedotteessa 2278 (Talja 2004e).

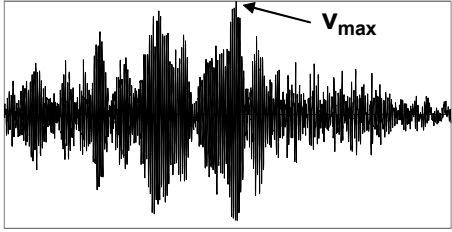
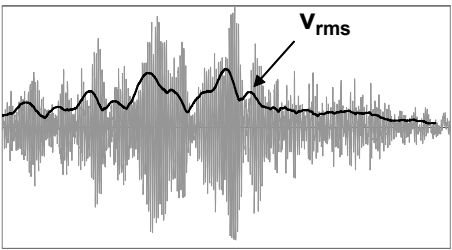
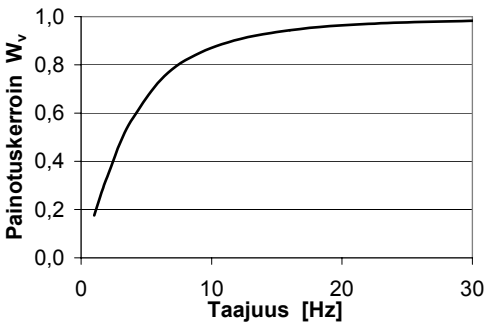
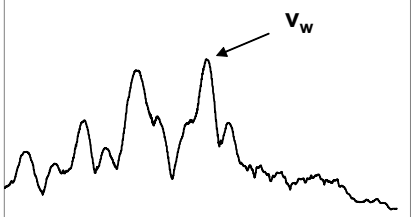
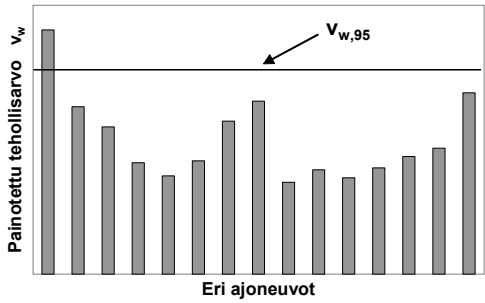
Asuinmukavuutta arvioitaessa eri liikennevälineistä mitatuista värähtelysignaalien tehollisarvoista määritetään värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ (mm/s) (kuva 3). Se kuvaa värähtelyn maksimiarvon odotusarvoa, joka määritellään mittaustuloksista 95 %:n todennäköisyyttä vastaavaksi tilastollisesti suurimmaksi arvoksi. Tunnusluvun perusteena ovat yhden viikon aikana mitatut 15 suurinta, suurimmat värähtelyt aiheuttavaa ajoneuvoa. Kustakin niistä määritetään suurin painotettu värähtelyn tehollisarvo v_w . Lopuksi värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ lasketaan 15 yksittäisen tehollisarvon v_w keskiarvona lisättynä 1,8-kertaisella hajonnalla:

$$v_{w,95} = \overline{v_w} + 1,8 \cdot \sigma . \quad (1)$$

Kun arvioidaan rakennusten, rakenteiden ja laitteiden kestävyyttä tärinälle, vertailuarvona käytetään yleensä värähtelyn huippuarvoa v_{\max} (mm/s). Värähtelyn tehollisarvoon perustuvan tunnusluvun $v_{w,95}$ ja värähtelyn huippuarvoon perustuvan tunnusluvun $v_{\max,95}$ välillä ei ole voimassa yksiselitteistä vuorosuhdetta. VTT Tiedotteen 2278 mukaan likiarvona voidaan liikennetärinälle käyttää kaavan (2) vuorosuhdetta, jolla tunnusluku $v_{\max,95}$ saadaan hallitsevan värähtelytaajuuden f funktiona, kun referenssitaajuus $f_0=3,5$ Hz:

$$v_w \leq 0,55 \cdot v_{\max} \cdot \sqrt{1 + (f_0 / f)^2} . \quad (2)$$

Tätä lauseketta voidaan käyttää likimääräisarviona, kun arvioidaan värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}$ huippuarvojen avulla määritetyn tunnusluvun $v_{\max,95}$ perusteella. Yleensä $v_{w,95} = (0,4 \dots 0,6) \cdot v_{\max,95}$.

 <p>Värähtelynopeus</p> <p>Aika</p>	<p>Värähtelyn huippuarvo v_{\max} [mm/s]</p> <p>Mitatus värähtelysignaalin itseisarvoltaan suurin arvo. Vakioamplitudisella värähtelyllä huippuarvo on sama kuin värähtelyn amplitudi.</p>
 <p>Värähtelynopeus</p> <p>Aika</p>	<p>Värähtelyn tehollisarvo v_{rms} [mm/s]</p> <p>Mitatus värähtelysignaalin $v(t)$ tehollisarvo ajanhetkellä t_0 on</p> $v_{rms}(t_0) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [v(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}},$ <p>jossa aikaikkunan pituus τ on 1 sekunti.</p>
 <p>Painotuskertoin W_v</p> <p>Taajuus [Hz]</p>	<p>Värähtelyn taajuuspainotus $W_v(f)$ [-]</p> <p>Mitatus signaalin eri värähtelykomponentit tehdään ihmisen herkkyuden suhteen samanarvoisiksi painottamalla värähtelykomponentteja taajuudesta riippuvalla painotuskertoimella.</p>
 <p>Tehollisarvo</p> <p>Aika</p>	<p>Painotettu värähtelyn tehollisarvo v_w [mm/s]</p> <p>Taajuuspainotetusta värähtelysignaalista $v_w(t)$ määritetty suurin tehollisarvo.</p>
 <p>Painotettu tehollisarvo v_w</p> <p>Eri ajoneuvot</p>	<p>Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]</p> <p>Painotetun värähtelyn v_w tilastollinen maksimi. Arvo perustuu yhden viikon ajalta 15 merkittävimmistä ajoneuvosta mitattuun värähtelyyn.</p>

Kuva 3. Tärinän suuruuden kuvaamiseen liittyviä käsitteitä.

2.3 Suositukset tärinän raja-arvoiksi

Arvioitaessa liikennetärinästä aiheutuvaa haittaa asuinmukavuudelle kriteerinä käytetään värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}$ (mm/s). Taulukossa 1 on VTT Tiedotteessa 2278 (Talja 2004e) annettu suositus värähtelyluokituksesta. Se perustuu Norjan standardiin (NS 8176E, 1999) ja VTT Tiedotteessa 2278 esitettyihin mittaustuloksiin. Myös ohjeet (DIN 4150-2, 1999, Banverket 1997, FRA 1998) tukevat esitettyä suositusta.

Luokituskriteerin on toteuduttava pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa. Vaakavärähtelyt ovat yleensä suurimmat joko rakennuksen alimmassa tai ylimmässä kerroksessa. Lattioissa esiintyvää suurinta värähtelyä on lattioiden eroista johtuen vaikeampi etukäteen arvioida.

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (NS 8176E, 1999).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. <i>Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei ole yleensä häiritsevää.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	$\leq 0,60$

Värähtelyluokan C mukaan arvioitaviksi alueiksi katsotaan

- olemassa olevien väylien varsien alueet, joiden kaavaa laaditaan tai merkittävästi muutetaan
- alueet, joihin kohdistuvat ympäristövaikutukset muuttuvat uuden väylän vuoksi.

Yksittäinen olemassa olevan väylän varrella tapahtuva täydennysrakentaminen tai väylän vähäiset muutokset arvioidaan luokan D mukaan.

Kun kyse on junista, nykyisillä rata- ja asuinalueilla taulukossa 1 esitetty luokan D raja ylitetään usein. Tällöin tulee tapauskohtaisesti arvioida haitan kohtuullisuus ja mahdollisuudet tärinähaitan pienentämiseksi.

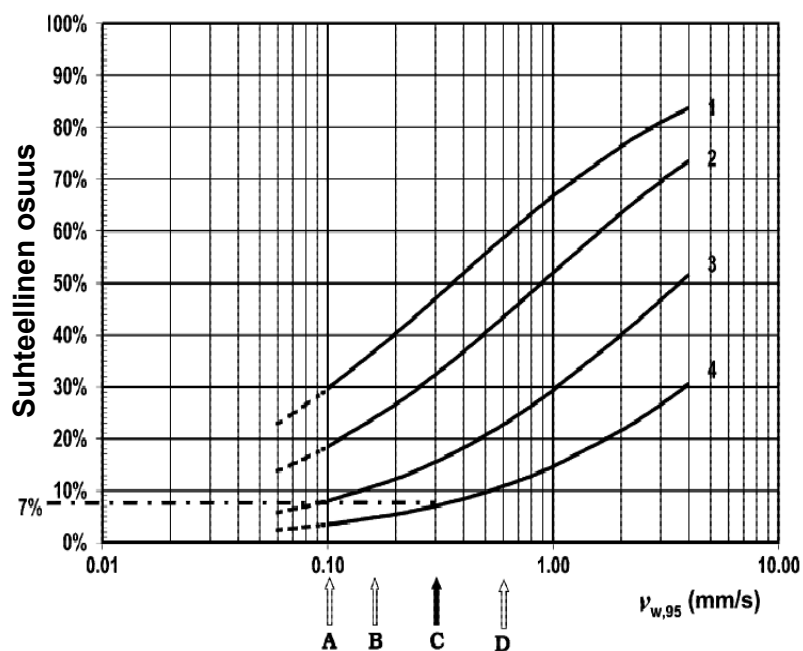
Taulukossa 1 esitetty värähtelyluokitus koskee normaaleja asuinrakennuksia. Mikäli rakennus on tarkoituksellisesti suunniteltu häiriöttömäksi (esim. korkeatasoiset asuinrakennukset, lepokodit, sairaalat), värähtelyluokan tulee olla yhtä värähtelyluokkaa korkeampi. Taulukkoa 1 ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat).

Taulukon 1 tärinäluokitus perustuu asukkaiden haastatteluihin tärinän häiritsevyydestä sekä kohteista saatuun mittaukseen. Norjan standardin perusteena on yhteensä yli 1 400 vertailuarvoa. Tutkimuksen (Klæboe et al. 2003) mukaan ihmisen herkkyyden ei ole todettu riippuvan tärinälähteestä (auto, juna, metro, raitiovaunu). Iällä, sukupuolella, sosiaalisella asemalla tai asuinalueella ei myöskään havaittu olevan oleellista merkitystä.

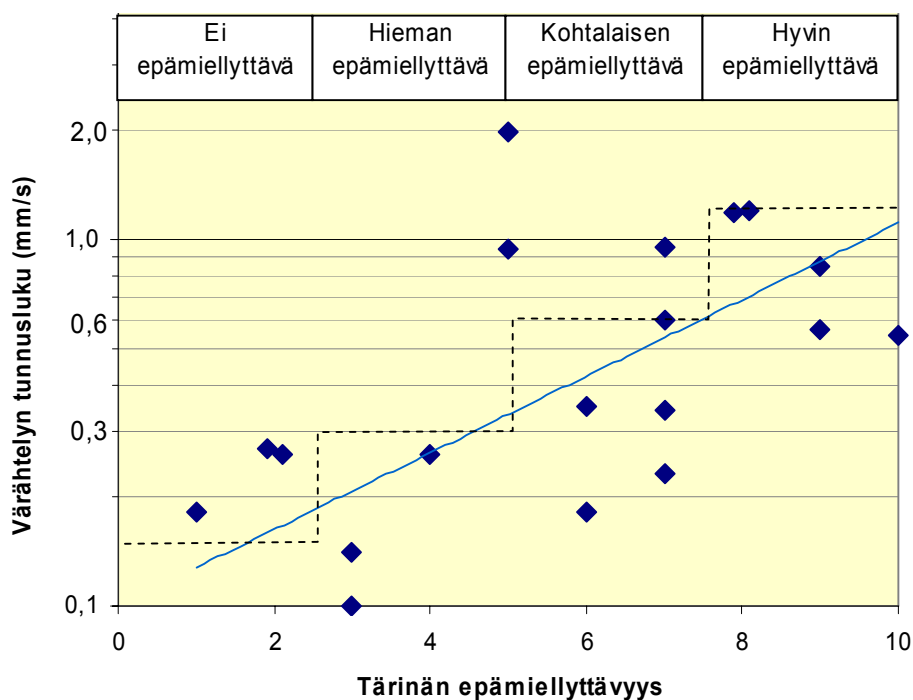
Taulukon 1 luokituksessa on käytetty pohjana liikennemelulle käytettyjä häiritsevyysskriteereitä. Tällöin lähteen (Turunen-Rise et al. 2003) mukaan värähtelyluokassa C 7–8 % asukkaista voi pitää häiriötä erittäin häiritsevänä ja noin 15 %:n voidaan olettaa valittavan häiriöstä (kuva 4). Luokan D ylärajalla 10 % asukkaista pitää tärinää erittäin häiritsevänä ja noin 25 %:n voidaan odottaa valittavan häiriöstä. Luokan B asunnot ovat värähtelyteknisesti suhteellisen hyviä, mutta edelleen muutamat valitukset ovat mahdollisia. Luokan A asunnoissa asukkaat eivät yleensä havaitse liikenteestä aiheutuvaa tärinää.

Liikennetärinälle esitetty luokitus on sopusoinnussa niiden suositusten kanssa, jotka on annettu ihmisten liikkeistä (Talja & Toratti 2002) ja pesukoneista (Kolari & Talja 2003) aiheutuvalla tärinällä. Suositus naapureiden liikkeistä aiheutuvalla tärinällä on värähtelyluokka D ja naapurin pesukoneesta aiheutuvilla tärinällä suositusluokka on C. Mikäli värähtelyn aiheuttaja on omassa huoneistossa, suositus on yhtä värähtelyluokkaa alhaisempi. Tarkemmin taulukossa 1 esitetyn suosituksen taustaa ja arvojen vertailua muissa lähteissä esitettyihin suosituksiin esitetään VTT Tiedotteessa 2278 (Talja 2004e).

VTT Tiedotteessa 2278 on yhteenveto asukkaiden kokemuksista Suomessa. Kuvassa 5 esitetyt VTT:n tulokset ovat kohteista, joissa asukkaat ovat havainneet tärinän. Kuva 5 vahvistaa käsityksen, että eri ihmiset kokevat saman tärinän hyvin eri tavoin. Samansuuruisen tärinän häiriöksi kokeminen voi vaihdella viisi yksikköä 10-portaisella asteikolla. Silti VTT:n mittaamasta 16 kohteesta saadut tulokset tukevat taulukossa 1 esitettyä suositusta. Kaikissa niissä kohteissa, joissa värähtelyn tunnusluku oli suurempi kuin 0,6 mm/s, tärinä on koettu kohtalaisen tai hyvin epämiellyttäväksi. Niissä kohteissa, joissa tunnusluku oli alle 0,3 mm/s, tärinä on koettu yleensä vain hieman epämiellyttäväksi.



Kuva 4. Se vastaajien osuus, joka kokee eritasoisen liikenteestä aiheutuvan tärinän häiritsevänä asuintiloissa (Klæboe et al. 2003). Häiritsevyytaset: (1) havaittava tärinä, (2) vähintään vähän häiritsevä tärinä, (3) vähintään kohtalaisesti häiritsevä tärinä ja (4) erittäin häiritsevä tärinä. Kuvaan on merkitty myös taulukossa 1 esitetty värähtelyluokitus.



Kuva 5. Mitatun värähtelyn $v_{w,95}$ ja asukkaan kokeman tärinän häiritsevyyden riippuvuus VTT:n tutkimustulosten mukaan.

3. Suositus tärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa

Tärinän arviointi maankäytön suunnittelussa suositellaan tehtäväksi kolmella eri tasolla. Tarvittava arviointitaso riippuu halutusta tarkkuudesta. Arviointitaso 1 perustuu kokemusperäiseen suojaetäisyyteen, jota kauempana värähtelytarkastelua ei pidetä tarpeellisenä. Arviointitaso 2 perustuu yleensä laskennalliseen arvioon tai mittauksiin, ja siinä liikenne ja maaperän ominaisuudet otetaan tarkemmin huomioon. Arviointitaso 3 edellyttää aina maaperästä tehtäviä värähtelymittauksia.

Arviointitasosta riippuen maaperäominaisuudet ja liikenne on tunnettava eri tarkkuudella. Liitteessä A kuvataan maaperäominaisuuksia ja niiden määrittämistä tärinän kannalta. Liitteissä C ja D kuvataan juna- ja maantieliikenteen osalta tärinään vaikuttavia tekijöitä.

Erilaisia maankäytön suunnitteluun liittyviä kaavoja ovat maakuntakaava (ent. seutukaava), yleiskaava (tai osayleiskaava) ja asemakaava (entiset asema-, rakennus- ja rantakaavat). Kaavoissa tulee ottaa huomioon asuinalueiden sijoitus ja väylien linjauksista aiheutuvat ympäristövaikutukset (melu, tärinä, päästöt jne.). Mikäli liikennetärinästä aiheutuva haitta on eri arviointitasoilla arvioituna mahdollinen, tärinäselvityksen tarpeen ja selvitystilanteen tulee aina näkyä kaavaselostuksessa.

3.1 Arviointitaso 1

Arviointitason 1 tarkastelulla selvitetään, onko värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen. Tarkemman selvitystarpeen arvioinnissa suositellaan käytettäväksi uusilla asuinalueilla taulukossa 2 esitettyjä turvaetäisyyksiä. Arviossa tarvitaan lähtötietona vain arvio liikennetyypistä ja väylän alla esiintyvistä pehmeimmistä maalajityypistä. Liikennetyypin arvioinnissa on pyrittävä arvioimaan myös tulevaisuuden muutostarpeita.

Kauimmaksi liikennetärinän vaikutusalue ulottuu hienorakeisissa, hyvin pehmeissä ja pehmeissä kivennäismaalajeissa (runsaasti vettä sisältävät savet ja siltit) sekä pehmeissä eloperäisissä maalajeissa (turve ja lieju). Pienin liikennetärinän vaikutusalue on kovissa karkearakenteisilla kivennäismaalajeilla (hiekkaj sora), moreenimaalajeilla (siltimoreeni, hiekkamoreeni ja soramoreeni) sekä kalliolla.

Taulukon 2 etäisyydet perustuvat kirjallisuudesta ja värähtelymittauksista saatuun kokemukseen. Taulukon perusteena on värähtelyluokka C. Turvaetäisyytenä voidaan käyttää puolta taulukossa esitettyistä arvoista, mikäli

- rakennuksen lattiat ovat maanvaraiset
- rakennus on yksikerroksinen ja perustus on rakennettu paaluille tai
- rakennus on vähintään 5-kerroksinen.

Taulukko 2. Arvio etäisyyksistä, joita suuremmilla arvoilla tarkempi värähtelyselvitys ei ole tarpeen.

Suosittelava turvaetäisyys	Liikennetyyppi	Pehmein maalaji väylän alla
500 m	Tavarajunaliikenne (3 500 tn, 90 km/h)	Pehmeä maa
200 m	Pikajunaliikenne (140 km/h)	Pehmeä maa
100 m	Tavara- ja pikajunat	Kova maa
100 m	Raskas maantieliikenne (100 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100 m	Hidastetöyssyt, raskas liikenne (40 km/h)	Pehmeä maa
50 m	Raskas katuliikenne (40 km/h, sileä)	Pehmeä maa
15 m ^{*)}	Raskas maantie- ja katuliikenne (myös töyssyt)	Kova maa

^{*)} Ei koske väyliä, joilla on vain tilapäisesti raskasta liikennettä.

Arviointitasoa 1 suositellaan käytettäväksi maakuntakaavatasolla ja yleiskaavatasolla, kun rakentamista ohjataan yleispiirteisillä aluevarauksilla. Käsittelyssä otetaan huomioon mm.

- rakennusalueiden etäisyys väylään nähden
- rakennusalueiden käyttötarkoitus (esim. teollisuusalue, asuinalue, liikealue).

Pohjasuhteiden arvioinnin perusteena on esimerkiksi maaperäkartta 1:20 000 (<http://geokartta.gtk.fi/>). Mikäli maaperäkarttaa ei ole tarkasteltavalta alueelta käytettävissä, voidaan apuna käyttää topografiakarttaa yhdessä maastokatselmuksen kanssa. Myös väylien rakennuttajilta voi saada tietoa pohjasuhteista väylän alla.

Mikäli pehmein maalaji suunnitellun rakennuksen kohdalla on tiedossa ja se on kovempi kuin pehmein maalaji väylän alla, taulukon 2 mukainen arvio voidaan tehdä rakennuksen kohdalla olevan pehmeimmän maalajin perusteella.

3.2 Arviointitaso 2

Mikäli arviointitason 1 perusteella rakennusalue on riskialuetta, arviointia voidaan tarkentaa laskentakaavoihin perustuvalla asiantuntija-arvioinnilla tai tarvittaessa tarkistusluonteisten tärinämittausten avulla.

Arvioinnin pääperiaatteena on, että laskentakaavoilla tai mittaamalla selvitetään maanpinnan pystyvärähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$. Asuintiloissa esiintyvä värähtely arvioidaan kertomalla maaperän pystyvärähtely rakennuksen tyypistä riippuvalla kertoimella. Kerroin on 2,0 lukuun ottamatta seuraavia tapauksia, joille kerroin on 1,0:

- Rakennuksen lattiat ovat maanvaraiset.
- Rakennus on yksikerroksinen ja perustettu paaluille.
- Rakennus on vähintään 5-kerroksinen.

Asuintiloissa arvioitua värähtelyä verrataan taulukossa 1 esitettyyn raja-arvoon 0,3 mm/s (värähtelyluokka C). Arviointitason 2 tarkastelussa otetaan huomioon myös liikenteen paino, nopeus, väylän ominaisuudet ja maaperäolosuhteet suunniteltujen rakennusten ja väylän läheisyydessä.

Tällä hetkellä käsinlaskentamenetelmiä on käytetty mm. junaliikenteen aiheuttamalle tärinälle ja hidastetöyssyjen aiheuttamalle tärinälle. Menetelmiä on esitelty tarkemmin myöhemmin kohdassa 5.1. Menetelmät on laadittu homogeeniselle maaperälle, joten niillä laskettavien tulosten luotettavuus suositellaan tarkistettavaksi alueelta pistokokein tehtävin mittauksin.

Arviointitason 2 tarkastelun apuna voidaan käyttää kyselytutkimusta. Kyselytutkimuksella selvitetään eri etäisyydellä sijaitsevista taloista asuvien ihmisten mielipiteet tärinän ilmenemisestä ja häiritsevyydestä. Kyselytutkimus voidaan suorittaa esimerkiksi käyttäen VTT Tiedotteen 2278 (Talja 2004e) liitteessä D esitettyä lomaketta.

Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohtaisesti määrätyllä alueella ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Käsittelyssä otetaan huomioon mm.

- maaperäolosuhteet suunniteltujen rakennusten ja väylän läheisyydessä
- rakennusten sijainti väylään nähden
- rakennusten sijoittelu käyttötarkoituksen ja tärinähaitan merkittävyyden suhteen (esim. teollisuusrakennus, toimistorakennus, asuintalo, erityistä häiriöttömyyttä vaativa rakennus)
- rakennusten koko ja kerrosmäärä
- väylän perustamistapa (myös paalutus).

Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi myös liikenneväylien ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä. Ratapihat, terminaalialueet yms. tulee tarkastella erikseen.

Pohjasuhteiden arvioinnin perusteena tulisi olla alueellisen rakennettavuusselvityksen pohjasuhdetiedot. Pohjasuhdetiedot tulisi olla selvitetty suunniteltujen rakennusten ja väylän läheisyydessä 20–50 metrin pistetiheydellä kairauksilla, maalajimäärittäyksillä ja pohjaveden korkeushavainnoilla.

3.3 Arviointitaso 3

Arviointitaso 3 perustuu maaperän värähtelymittauksiin. Arviointitason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitason 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitason 2 mukaan värähtely voi ylittää suositusarvon. Arviointitason 2 menettelyihin sisältyy useimmissa olosuhteissa edelleen niin suuria epävarmuuksia, että värähtelymittauksin varmistettu arviointi on useissa tapauksissa kaavataloudellisesti perusteltua. Maaperän värähtelyjen mittaamista koskevat suositukset annetaan kohdassa 4.1.

Arviointitasoa 3 suositellaan käytettäväksi arviointitason 2 rinnalla, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa ohjataan rakentamista yksityiskohtaisesti tarkasti määrätyllä alueella. Kun arvioinnissa käytetään mittauksia, arviointitasolla 2 tarvittava alueen maaperäominaisuuksien tarkka selvittäminen ei ole välttämätön, jos mittaukset tehdään suunniteltujen rakennusten kohdalta. Jos alueen pohjasuhteet ovat tiedossa arviointitason 2 tarkkuudella ja pohjasuhteet vaihtelevat, mittausten määrää voidaan vähentää tekemällä mittaukset epäedullisimpien pohjasuhteiden alueelta.

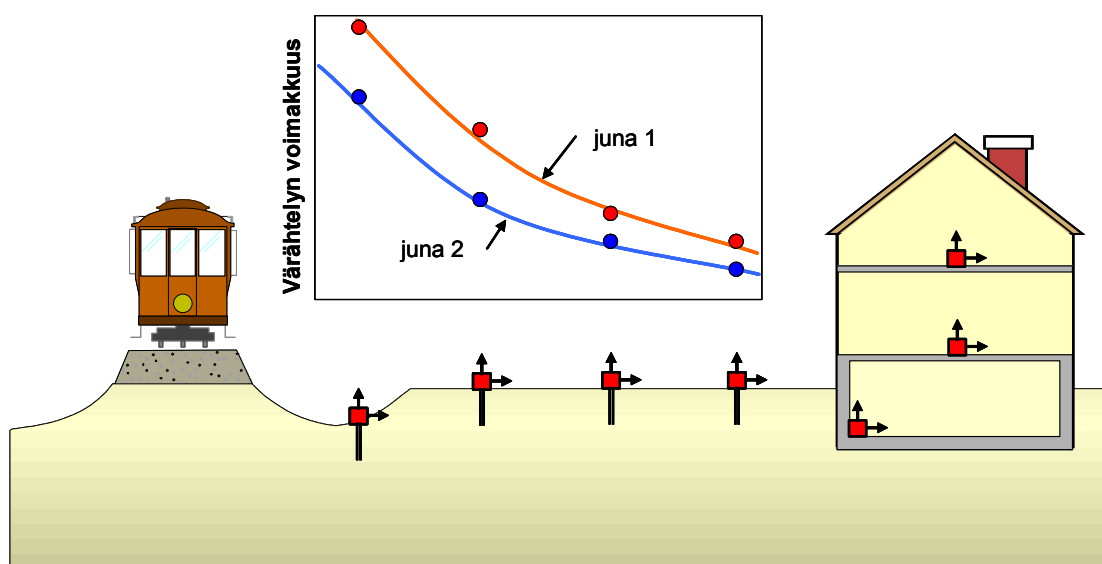
Värähtelyn taajuussisältö tulee mitata, mikäli värähtelyn vaikutusta halutaan pienentää rakenneteknisin ratkaisuin. Todellisuudessa näennäisesti samanlaisissakin rakennuksissa maapohjan värähtelyn siirtyessä rakennukseen värähtely voi yhtä todennäköisesti pienentyä puoleen kuin kasvaa kaksinkertaiseksi, sillä värähtelyn suuruuteen vaikuttavat voimakkaasti rakennuksen dynaamiset ominaisuudet. Värähtelyn taajuussisällön merkitystä kuvataan tarkemmin kohdassa 4.4 ja liitteessä E.

Varmin arvio rakennuksen värähtelystä saadaan, kun värähtely mitataan suoraan edustavasta vertailukohteesta (ks. 4.1, luettelon kohta 8). Tällaisesta mittauksesta voi olla hyötyä esimerkiksi arvioitaessa täydennysrakentamisen mahdollisuutta tai värähtelyn vaimentamisratkaisujen toimivuutta.

4. Tärinän arviointi mittauksin

Mittaukset ovat luotettavin tapa arvioida tärinän siirtymistä. Tällöin kaikki tärinän siirtymiseen vaikuttavat tekijät tulevat otetuksi huomioon. Jos selvitetään tärinän vaimenemista, värähtelyt mitataan yleensä väylään nähden kohtisuoraan olevilta linjoilta ja usealta eri etäisyydeltä. Jos alueella on olemassa rakennuksia, voidaan mitata myös niiden värähtelyt (kuva 6).

Maaperästä mitatut pystysuuntaiset värähtelyt ovat perusteena suunnitteilla olevan asuinalueen rakennusten värähtelyiden arvioinnissa. Rakennuksesta mitatut värähtelyt ovat perusteena rakennuksen värähtelyluokitukselle (taulukko 1).



Kuva 6. Periaatekuva maaperän ja rakennuksen värähtelyn mittaamisesta.

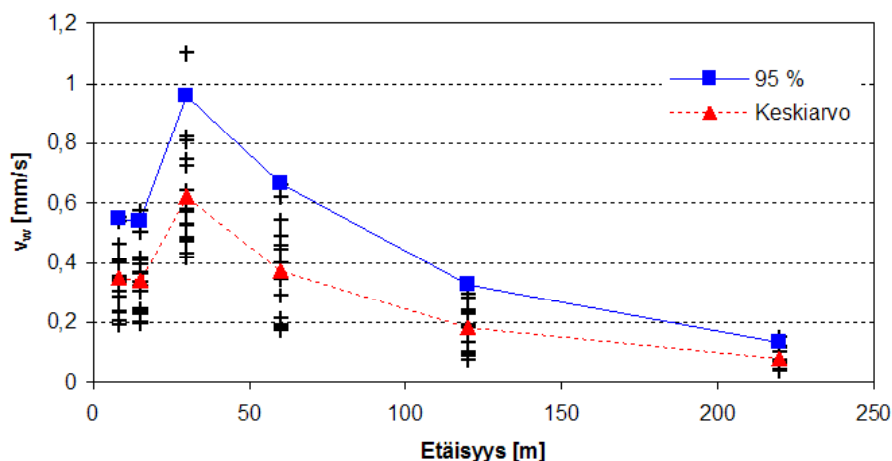
4.1 Suositukset maaperän värähtelyn mittauksen suorittamisesta

Maaperästä tehtävien värähtelymittausten ja mittaustulosten raportoinnin yhdenmukaistamiseksi esitetään seuraavat suositukset:

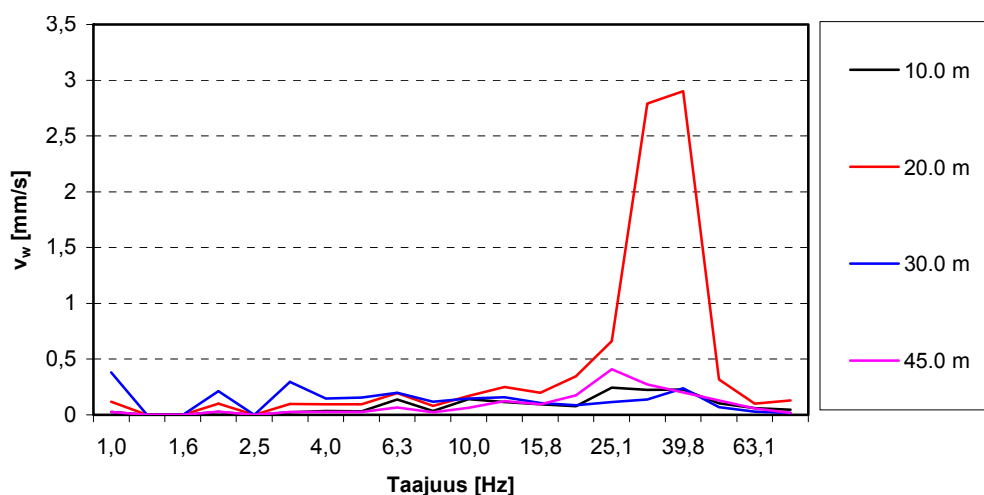
- 1) Värähtely ilmoitetaan värähtelyn tunnusluvun $v_{w,95}$ (mm/s) avulla. Tulokset analysoidaan VTT Tiedotteen 2278 (Talja 2004e) mukaisesti. Tunnusluku perustuu viikon tarkastelujaksoon ja sen aikana viiteentoista suurimmat värähtelyt aiheuttavaan liikennevälineeseen (kuva 7). Tarkastelujakso tulee määrittää siten, että se sisältää myös viikkoa harvemmin toistuvan säännöllisen kuljetuksen, mikäli kuljetus voidaan perustellusti olettaa erityisen häiritseväksi. Mittaukset tulee pääsääntöisesti

tehdä sulan maan aikaan, sillä pienelläkin routakerroksella voi olla vaikutusta tuloksiin.

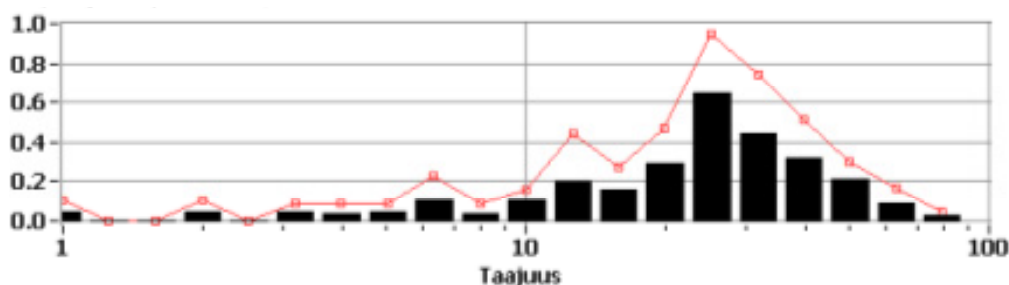
- 2) Tunnusluku $v_{w,95}$ määritetään väylän suunnassa, väylään nähden kohtisuorassa suunnassa ja pystysuunnassa. Vaikka vaakavärähtelyjen on havaittu olevan useissa tapauksissa pystyvärähtelyä suurempia, asuintilojen värähtelyjen arvioinnissa suositellaan toistaiseksi käytettäväksi pystyvärähtelyä VTT Tiedotteen 2278 mukaisesti. Menettelytavan valintaa perustellaan kohdassa 4.3.
- 3) Tunnusluvun määrittämisessä käytetyistä näytteistä esitetään kustakin erikseen painotettujen värähtelykomponenttien suuruus 1/3-oktaaveittain. Tuloksena esitetään kaikista 15 näytteestä määritetty taajuuskomponenttien keskiarvo sekä todellisena (kuva 8) että koko näytteen tehollisarvoon v_w suhteutettuna (kuva 9).
- 4) Värähtelyn nopeuden huippuarvon ja taajuussisällön esittämistä myös taajuuspainotamattomana suositellaan, jos halutaan arvioida tärinän vaikutusta rakennusten vaurioitumiseen. Vaihtoehtoisesti värähtelyn nopeuden huippuarvo $v_{max,95}$ voidaan arvioida värähtelyn tunnusluvusta $v_{w,95}$ lausekkeen 2 avulla.
- 5) Mittausraporteissa tulee maaperäolosuhteet (myös routatilanne) ja väylän tyyppi raportoida niin hyvin, että tulokset ovat hyödynnettävissä muiden vastaavien kohteiden arvioinnissa. Kohdetiedot mitatuista rakennuksista ja asukkaan kokema häiriö tulee raportoida VTT Tiedotteen 2278 liitteiden B ja D mukaisesti.
- 6) Mittausraportissa tulee esittää niiden liikennevälineiden yksityiskohtaiset tiedot, joiden perusteella värähtelyn tunnusluku on määritetty (esim. ajankohta ja värähtelyn suuruus referenssipisteessä; junaliikenteessä lisäksi junan numero, junan kokonaispaino, junan pituus, veturin tyyppi, suurimman vaunun paino, junan nopeus, kulkusuunta).
- 7) Jos tarkastelujakson aikana kulkee erilaista kalustoa, mittaustulokset suositellaan analysoitavaksi myös kalustotyypeittäin eriteltyinä (esim. erittäin häiritsevät junat, muut tavarajunat, pikajunat, IC-junat ja Pendolinot).
- 8) Kun arvioidaan uuden väylän vaikutusta maaperän tärinään, suositetaan käyttämään referenssinä mahdollisimman identtiseltä alueelta mitattua värähtelyä. Tällöin ympäröivän maaperän (mm. lujuus ja jäykkyys, paksuus, kerroksellisuus, pohjaveden korkeus), liikenteen ja väylän tyyppin ja perustamisen tulisi olla mahdollisimman identtisiä. Jos mahdollista, värähtelyt tulee mitata myös rakennuksesta.



Kuva 7. Viidestoista junan aiheuttama pystyvärähtely eri etäisyyksillä, keskiarvo ja värähtelyn tunnusluku (95 %).



Kuva 8. Värähtelyn taajuuskomponenttien keskiarvo 1/3-oktaaveittain etäisyyksillä 10, 20, 30 ja 40 m. Keskiarvo on laskettu tunnusluvun määrittämisessä käytetyistä viidestätoista junasta.



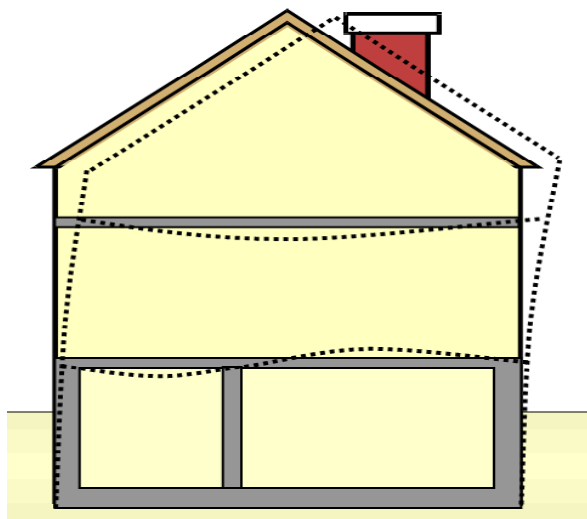
Kuva 9. Eri värähtelykomponenttien suuruus suhteessa tehollisarvoon v_w . Värähtelyn tunnusluvun määrittämisessä käytetyistä viidestätoista junasta määritetty suhteen keskiarvo ja maksimi.

4.2 Suositukset rakennuksen värinän mittauksen suorittamisesta

Asuintilojen värähtelytarkastelussa otetaan huomioon värähtelyn kaikki kolme pääsuuntaa. Värähtelytarkastelun tavoitteena on selvittää suurin asukkaan kokema värinä. Rakennuksen värähtelyluokan (taulukko 1) määrää suurin rakennuksesta määritetty värähtelyn tunnusluku.

Mittausantureiden sijoittamista varten pyritään etukäteen arvioimaan rakennuksen ne kohdat, joissa värähtelyt ovat suurimmat. Rakennuksen vaakavärähtely on yleensä suurinta joko rakennuksen alimmassa tai ylimmässä kerroksessa. Lattian värähtelyyn vaikuttavat lattian värähtelyominaisuudet ja maaperän värähtelyn taajuussisältö. Jos rakennuksen kaikki lattiat ovat samantyyppiset, värähtelyt ovat useimmiten suurimmat sen lattian keskellä, jonka jänneväli on suurin. Jos rakennuksen lattiarakenteet ovat massaltaan ja jäykkyydeltään erilaisia, värähtelyn suuruus tulee selvittää useammasta huoneesta. Mittauspisteiden valinnassa otetaan huomioon myös asukkaiden tekemät havainnot.

Yksikerroksissa ja yli 5-kerroksisissa rakennuksissa pystysuuntainen värähtely jonkin lattian keskellä on yleensä määräävä, mutta 2–5-kerroksisissa rakennuksissa suurimmat värähtelyt esiintyvät usein rakennuksen vaakasuunnassa (kuva 10).



Kuva 10. Maaperän värinän aiheuttamat rakennuksen värähtelymuodot.

Lattioista tehtyjen mittaustulosten analysoinnin yhteydessä tulee varmistaa esimerkiksi mittauksen aikaisen kuva-aineiston tai eri pisteistä mitattujen samanaikaisten signaalien vertailulla, että värähtely on liikenteestä aiheutuva.

Rakennuksesta tehtävien värähtelymittausten ja mittaustulosten raportointi suositellaan tehtäväksi kohdan 4.1 mukaan lukuun ottamatta luettelon kohtia 2, 7 ja 8, jotka koskevat vain maaperän värähtelyjen mittaamista.

Huoneistosta mitattujen värähtelyjen lisäksi mitataan mahdollisuuksien mukaan myös perustuksen ja maaperän värähtely kaikissa kolmessa pääsuunnassa. Maaperän mittauspisteen tulisi sijaita samalla etäisyydellä väylästä kuin rakennuksen ulkoseinä, mutta vähintään 6 metrin etäisyydellä rakennuksen perustuksesta, jotta rakennuksen vaikutus värähtelyihin ei olisi merkittävä. Perustuksesta mitattuja värähtelyjä käytetään usein, kun arvioidaan värähtelyjen merkitystä rakennuksen vaurioitumiseen. Maaperän ja rakennuksen eri kohtien värähtelyitä vertaamalla saadaan hyödyllistä tietoa myös rakenteiden vaikutuksesta asuintilojen tärinään.

4.3 Koekohteista mitatut maaperän värähtelyt

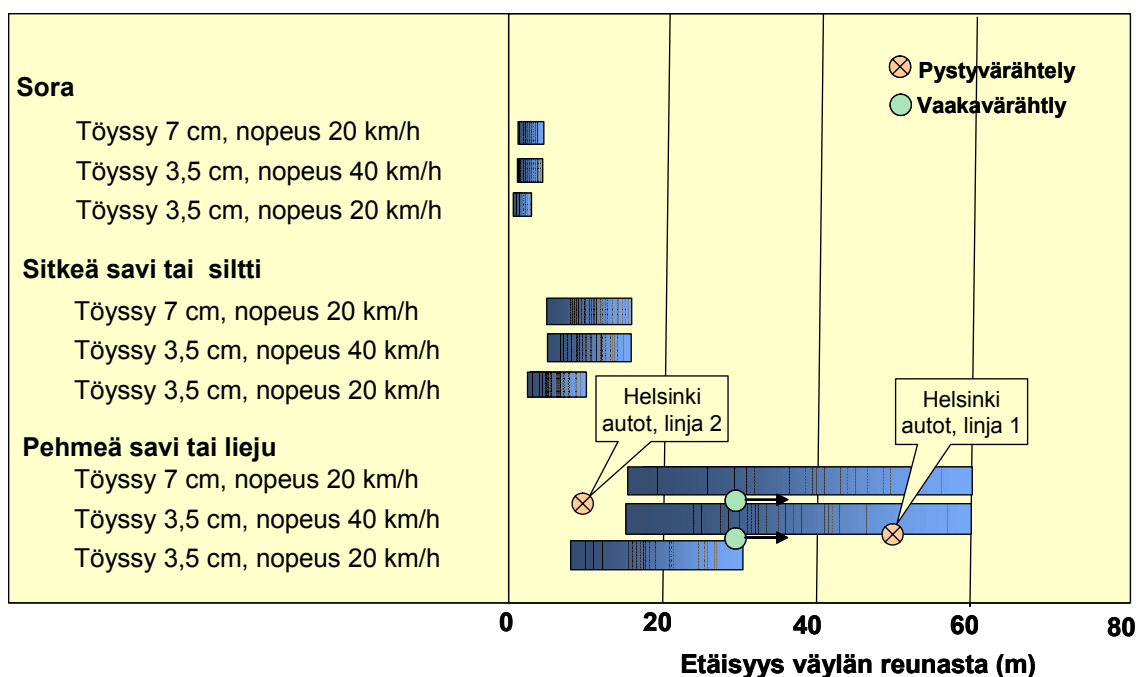
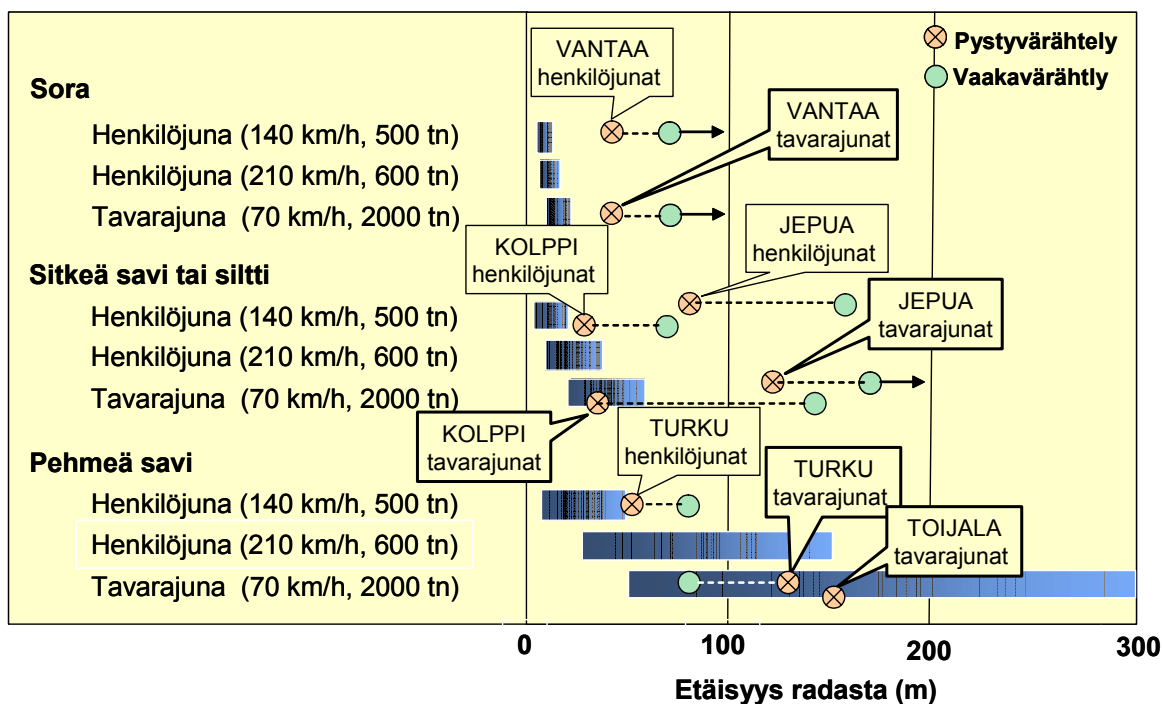
Kohdassa 4.1 suositettua mittaamenetelmää VTT on käyttänyt mm. tärinämittauksissa Turussa, Vantaalla, Helsingissä, Jepualla (Uusikaarlepyy) ja Kolpissa (Uusikaarlepyy). Lisäksi tiedossa on myös Toijalan kohde (Promethor 2005), jossa mittaus vastaa pääpiirteiltään esitettyä suositusta. Helsingin mittaukset koskevat autoliikennettä, muut mittaukset koskevat junaliikennettä. Taulukossa 3 esitetään mitattujen alueiden pohjasuhteet. Mittauskohteita käsitellään tarkemmin liitteessä B esitetyissä kohdekohtaisissa yhteenvedoissa ja lähteessä (Talja 2005).

Kuvassa 11 mittauksista saadut tulokset on koottu VTT Tiedotteessa 2278 esitettyihin kuviin, joiden tarkoituksena on ollut esittää suuntaa antavaa arvio siitä, milloin liikenteestä aiheutuva tärinä voi olla haitallinen vanhoilla asuinalueilla. Kuvan perusteena on maaperän pystyvärähtelyn tunnusluku $v_{w,95} = 0,3$ mm/s (värähtelyluokka C). Tällöin asuintiloissa värähtely on 0,6 mm/s, jos värähtelyn oletetaan vahvistuvan rakennuksessa kaksinkertaiseksi resonanssi-ilmiön vuoksi. Tunnuslukua 0,6 mm/s suositellaan sovellettavaksi vanhoilla asuinalueilla. Uusien alueiden suunnittelussa suositellaan VTT Tiedotteessa 2278 käytettäväksi asuintiloissa tunnuslukua 0,3 mm/s, jolloin kuvassa esitetyt etäisyydet olisivat vähintään kaksinkertaiset.

Taulukko 3. Mitattujen alueiden pohjasuhteet.

Mittauskohde	Maalajikerrokset mittausalueella
Turku	Savikerroksen paksuus on 15–25 m sekä rautatien alla että mitatulla linjalla.
Toijala	Savimaa, paksuus ei tiedossa.
Jepua	Rautatien alla kova maaperä on 4–6 metrin syvyydellä. Sen päällä silttiä, välissä 1,5–2,5 metrin pehmeä savikerros, joka alkaa syvyydeltä 1–1,5 m. Mittauslinjalla kerrosten paksuus ei tiedossa.
Kolppi	Rautatien alla kova maaperä on 2–5 metrin syvyydellä. Sen päällä silttiä, joka pehmenee syvyydellä 1,5–2,0 m. Mittauslinjalla kerrosten paksuus ei tiedossa.
Vantaa	Hiekkakerroksen paksuus on 10–13 m sekä rautatien alla että mitatulla linjalla.
Helsinki	Kadun alla savikerroksen paksuus on 2–4 m. Toisella linjalla saven paksuus 3–4 m ja toisella noin 2 m.

Kuvan 11 tulokset osoittavat, että maaperän pystyvärähtelyn leviäminen voi erota merkittävästi näennäisesti samanlaisilla alueilla. Tästä ovat hyvinä esimerkkeinä suuri ero Kolpin ja Jepuan mittaustuloksissa sekä Helsingissä saman kadun varresta mitattujen kahden mittauslinjan tulosten ero. Tulokset osoittavat myös, että hiekkamailla junaliikenteen vaikutusalue on laajempi kuin VTT Tiedotteen 2278 suuntaa antavassa arvioissa on esitetty. Myös pikajunilla ja raskaalla maantieliikenteellä savimaan tapauksessa vaikutusalue on aikaisempaa arvioita laajempi. Nämä uudet tulokset on otettu huomioon arviointitason 1 suojaetäisyyksissä (taulukko 2).



Kuva 11. Mittaustulokset verrattuna VTT Tiedotteessa 2278 esitettyyn tärinähaitan suuntaa antavaan arvioon. Yläkuvassa rautatieliikenne ja alakuvassa maantieliikenne.

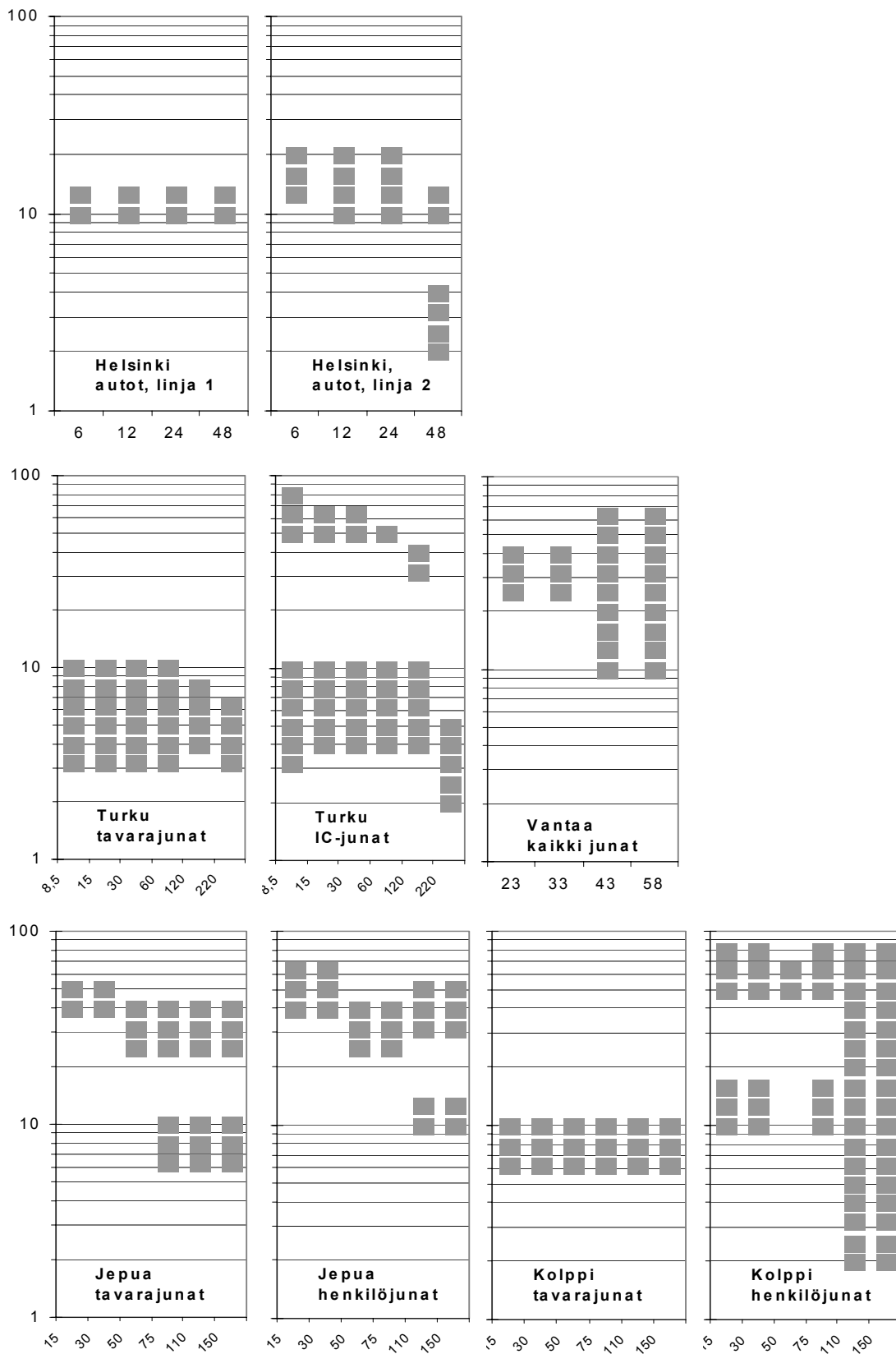
Mittaustulokset osoittavat myös, että usein tehdystä olettamuksesta poiketen maan pinnalla vaakavärähtely on usein pystyvärähtelyä suurempi. Savimailla vaakavärähtelyiden merkitys korostuu lähietäisyyksillä (rautateilla alle 100 m, maanteilla alle 50 m). Kovemmilla maaperillä (hiekkä, sora, kuiva siltti) vaakavärähtely voi olla suurin kaikilla etäisyyksillä. Tällöin sekä väylän suuntaiset että väylää vastaan kohtisuorassa suunnassa olevat värähtelyt voivat olla suurempia kuin pystyvärähtelyt. Merkille pantavaa on

myös se, että vaikka pystyvärähtely pienenee yleensä tasaisesti etäisyyden kasvaessa, vaakavärähtely saavuttaa usein maksiminsa vasta kauempana väylästä. Siksi pystyvärähtelyn perusteella ei ole mahdollista arvioida luotettavasti vaakavärähtelyn suuruutta. Syitä erisuuntaisten komponenttien suhteiden vaihtelulle on periaatteessa kaksi. Lähellä tärinäherätteen syntymistä tärinä leviää useina erilaisina aaltomuotoina (nk. runko- ja pinta-aaltoina), joiden yhteisvaikutus ei ole selkeästi ennakoitavissa. Toisaalta maapohjan kerroksellisuus sekä kerrosten, mm. kovan maapohjan, pinnanmuodot säätelevät eri komponenttien suhteita kauempana herätelähteestä.

Vaikka maaperän vaakasuuntaiset värähtelyt ovat useissa tapauksissa suuremmat kuin pystysuuntaiset värähtelyt, maaperän vaakasuuntaisten värähtelyjen vaikutuksesta rakennuksen värähtelyihin ei ole vertailuja. Havaittu ilmiö on kuitenkin merkittävä, ja sen vaikutukset rakennusten värähtelyihin tulisi ohjeistaa jatkotutkimuksissa. Toistaiseksi asuintilojen värähtelyjen arvioinnissa suositellaan käytettäväksi edelleen maaperän pystyvärähtelyä luvun 3 mukaisesti, kunnes maaperän vaakasuuntaisten värähtelyjen vaikutuksesta rakennuksen värähtelyihin on olemassa luotettavaa tietoa.

Maaperästä tulevan värähtelyn taajuussisältö on tarpeen tietää, mikäli rakennuksessa värähtelyyn halutaan vaikuttaa rakenneteknisin toimenpitein. Kuvassa 12 on yhteenveto mitatuista merkittävimmistä taajuuskomponenteista eri mittauskohteissa. Merkittävimmät taajuuskomponentit on määritetty taajuuspainotetuista värähtelynäytteistä.

Hiekkamaalla (Vantaa) merkittävimmät värähtelytaajuudet ovat yli 10 Hz. Paksulla savimaalla (Turku) merkittävimmät värähtelyt esiintyvät 4–10 Hz:n taajuusalueella. Ohuilla savimailla (Helsinki) merkittävimmät taajuudet esiintyvät taajuusalueella 10–20 Hz. Silttimailla, joissa on myös pehmeä kerros (Jepua), merkittävimmät värähtelyt esiintyvät lähellä rataa taajuusalueella 25–60 Hz, mutta kauempana radasta esiintyy myös toinen merkittävä taajuusalue 6–12 Hz. Joissakin tapauksissa tavara- ja henkilöjunien aiheuttamat taajuussisällöt voivat poiketa merkittävästi toisistaan (Jepua). Lähellä tärinäherätteen syntymistä taajuuteen vaikuttavat ajoneuvon ja väylän ominaisuudet (esim. akseli ja telivälit sekä väylän jäykkyys), mutta kauempana kohteesta vaikuttavat lisäksi maapohjan ominaisuudet.



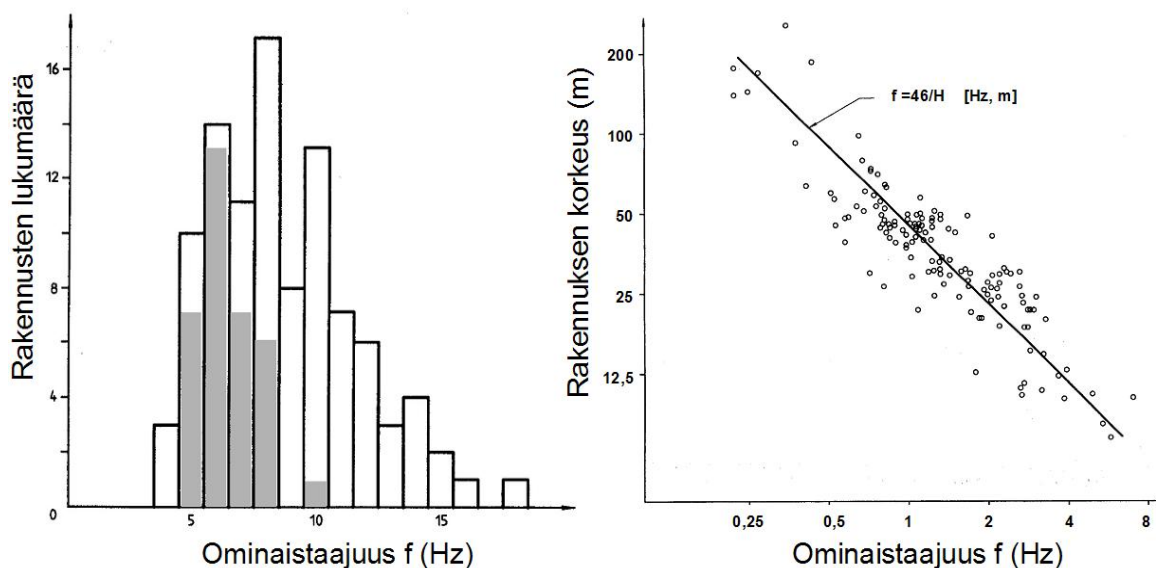
Kuva 12. Yhteenveto merkittävimmistä värähtelykomponenteista. Logaritmisella pysty-akselilla on taajuus (Hz) ja vaaka-akselilla etäisyys väylästä (m).

4.4 Taajuussisällön vaikutus rakennuksen värähtelyihin

Maaperän eritaajuuksisten värähtelykomponenttien vahvistumiseen tai vaimenemiseen rakennuksessa vaikuttaa olennaisesti resonanssi-ilmiö. Resonanssissa rakenteen tai rakenneosan omalle värähtelytaajuudelle, ns. ominaistajuudelle, sattuvat taajuuskomponentit vahvistuvat voimakkaimmin. Ominaistajuuteen vaikuttavat rakenteen tai rakenneosan dynaamiset ominaisuudet, jotka riippuvat massa-, jäykkyys- ja vaimennustekijöistä.

Yleensä merkittävimmät ongelmat pientaloissa ilmenevät rakennuksen rungon vaakavärähtelynä tai lattian pystyvärähtelynä (kuva 10), kun niiden alimmat ominaistajuudet sattuvat maaperästä tulevien merkittävimpien taajuuskomponenttien alueelle. Tarkemmin resonanssi-ilmiön vaikutusta havainnollistetaan liitteen E esimerkillä.

Kuvassa 13 on havaintoja pientalojen ja kerrostalojen rungon alimmista ominaistajuuksista. Koska savimailla maaperän merkittävimmät taajuuskomponentit sattuvat usein samalle taajuusalueelle kuin pientalojen ja matalien kerrostalojen ominaistajuudet, savimailla merkittävimmät ongelmat ilmenevät yleensä rakennuksen vaakavärähtelynä.



Kuva 13. Rakennusten ominaistajuuksia. Vasemmalla on pientaloista mitattuja ominaistajuuksia. Oikealla on kerrostalon ominaistajuuden riippuvuus rakennuksen korkeudesta (ISO 4866, 1994). Vasempaan kuvaan lisätyt harmaat pylväät esittävät VTT:n mittaustuloksia Suomessa tyypillisistä taloista.

Lattian ominaistajuuteen vaikuttavat oleellisesti lattian runkomateriaali, massa ja jänneväli. Alin ominaistajuus vaihtelee yleensä välillä 3 ja 30 Hz, ja se on helposti arvioitavissa laskennallisesti (Talja & Toratti 2002). Kevyillä puu- tai teräsrunkoisilla lattioilla, joiden jänneväli on 3–8 m, alin ominaistajuus on uusissa rakennuksissa yleensä 8–30 Hz. Mitä lyhyempi on jänneväli, sitä korkeampi on ominaistajuus. Pitkäjännteisillä ontelolaattalattioilla alin ominaistajuus on yleensä 6–20 Hz. Hyvin pitkäjännteisillä teräsbetoniliittorakenteilla ominaistajuus voi olla niinkin alhainen kuin 3–6 Hz. Suuren ominaistajuuden vaihteluvälin vuoksi lattian resonanssiongelmat voivat ilmetä pehmeiden savimaiden lisäksi myös kovilla maaperillä.

4.5 Koekohteista mitatut rakennuksen värähtelyt

Tällä hetkellä rakennuksen tärinää arvioidaan maaperän pystyvärtelyyn perusteella, jota korjataan rakennuksen koon mukaan. Menetelmä esitetään VTT Tiedotteessa 2278 (Talja 2004e). Ehdotettu menetelmä on suuntaa antava eikä ota huomioon kohdassa 4.4 esitettyä maaperän värähtelyn suuntaa, taajuussisältöä eikä rakennusten dynaamisten ominaisuuksien vaikutusta.

Menetelmä perustuu kirjallisuustutkimukseen ja mittauksiin, joissa asuintiloista määritettyä värähtelyn tunnuslukua on verrattu maaperästä määritettyyn pystysuuntaisen värähtelyn tunnuslukuun. Kirjallisuudesta löytyneiden tulosten mukaan kaksikerroksisilla taloilla rungon vaakasuuntainen värähtely ja lattian pystysuuntainen värähtely ovat keskimäärin noin 1,5-kertaiset ja voivat olla jopa 3–4-kertaiset maaperän pystysuuntaisiin värähtelyihin nähden.

VTT:n 14:stä eri pientalosta saadut tulokset osoittavat kuitenkin, että sekä toisen kerroksen vaakavärähtelyn että lattian pystyvärtelyyn tunnusluvun suhde maaperän värähtelyn tunnuslukuun on paaluttamattomilla rakennuksilla useimmiten 0,7–1,3. Tilastollinen maksimi on 1,5. Paalutus pienentää pystysuuntaista värähtelyä, mutta vaakasuuntaisiin värähtelyihin paalutuksella ei ole selvää vaikutusta. VTT:n mittauskohteet ovat pehmeillä savialueilla, joilla yli 60 % maaperän värähtelyn tunnusluvusta määräytyi 6–10 Hz:n värähtelykomponenteista.

Tulosten perusteella on annettu suositus, että suunnittelun perusteena käytetään maaperän pystysuuntaisen värähtelyn tunnuslukua. Yksikerroksisilla rakennuksilla vaakavärähtelyä ei tarvitse huomioida. Kaksikerroksisten rakennusten vaakavärähtelyssä on suositeltu varautumista kaksinkertaiseen värähtelyn tunnuslukuun. Myös ala- ja välipohjien pystysuuntaisessa värähtelyssä suositellaan varautumista kaksinkertaiseen värähtelyn tunnuslukuun. Poikkeuksena ovat paaluille perustettujen 1–2-kerroksisten talojen

ala- ja välipohjat sekä maanvaraiset lattiat, joilla riittää varautuminen maaperän värähtelyn suuruiseen tunnuslukuun.

Kahden VTT:n mittaaman 6- ja 7-kerroksisen talon tulokset osoittavat, että rungon pystysuuntainen värähtely voi olla yhtä suurta ylä- ja alakerroksissa. Näissä kohteissa mitatut vaakasuuntaiset värähtelyt olivat pieniä. Kirjallisuuden mukaan kerrostaloilla perustuksen pystyvärähtelyt voivat olla noin puolet pientalojen pystyvärähtelyistä, joten pientaloista saadun kokemuksen mukaan lattian pystyvärähtelyissä riittäisi kerrostaloilla varautuminen maaperän pystyvärähtelyiden suuruiseen värähtelyyn. Menettelyn käyttö suositellaan kuitenkin varmennettavaksi laajemmalla koesarjalla, sillä kerrostalossa lattioiden tärinästä aiheutuva riski on suurempi kuin yksittäisessä pientalossa.

Yhteenveto mitatuista rakennuskohteista ja tulosten tarkempi vertailu on VTT Tiedotteessa 2278 (Talja 2004e).

5. Tärinän laskennallinen arviointi

5.1 Käsinlaskentamenetelmät

Käsinlaskentaa varten kehitetyt mallit ovat luonteeltaan kerroinmalleja, joissa näennäisesti toisistaan riippumattomien tekijöiden vaikutus otetaan huomioon eri tekijöiden kerroinarvojen tulona.

Junan aiheuttaman tärinän leviämistä etäisyydelle D kuvataan usein lausekkeella

$$v = v_0 \cdot \left(\frac{D_0}{D} \right)^B \cdot k_S \cdot k_G \cdot k_R, \quad (3)$$

jossa v_0 on maanpinnan pystysuuntaisen värähtelyn vertailuarvo etäisyydellä $D_0 = 15$ m radasta. Kerroin k_S ottaa huomioon junan nopeuden, k_G ottaa huomioon junan painon ja kerroin k_R radan ja kaluston laadun. Junaliikenteellä käytettyä laskentamallia kuvataan tarkemmin liitteessä C.

Vastaavanlaista lähestymistapaa on käytetty tie- ja katuliikenteelle, mutta koska liikenne on kevyempää ja tarkasteluetaisyys siten pienempi, pystysuuntaisen värähtelyn vertailuarvo v_0 määritetään lähempää, yleensä etäisyydeltä $D_0 = 6$ m väylän reunasta. Erästä tie- ja katuliikenteelle käytettyä laskentamallia kuvataan liitteessä D.

Tärinälaskelmien epävarmuus on huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi melulaskelmien, koska tärinään vaikuttaa suuri joukko vaikeasti arvioitavia tekijöitä. Merkittävimmät epävarmuudet johtuvat

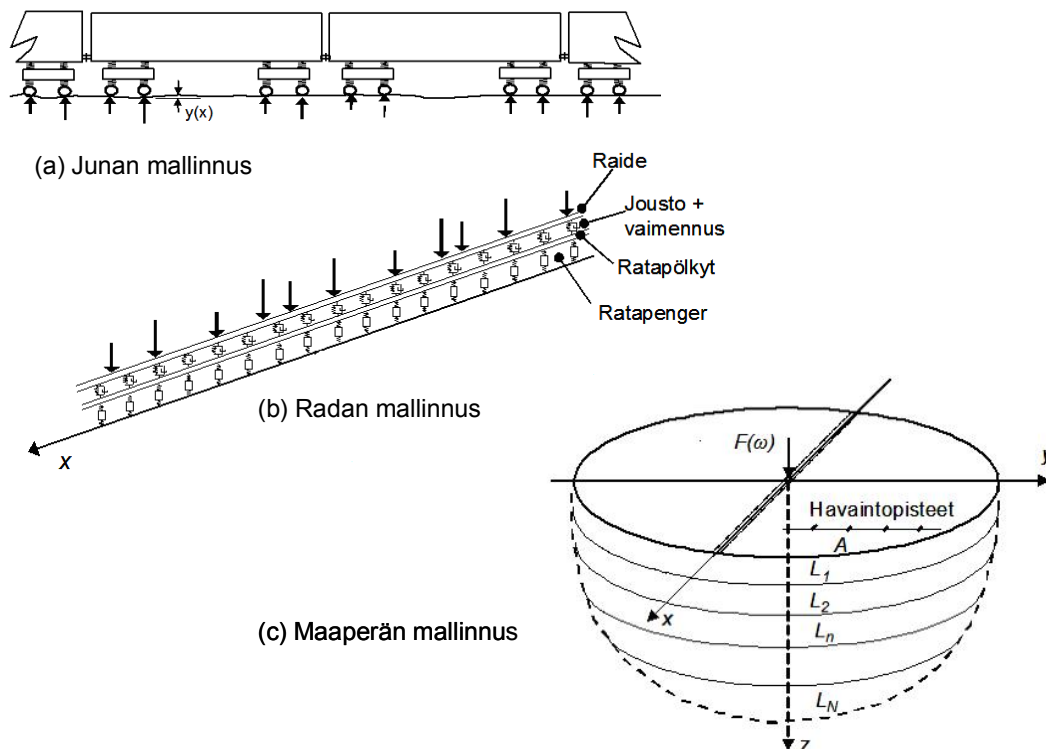
- liikennöivän kaluston suuresta vaihtelusta, kaluston jousituksista ja pyörästöistä
- maapohjan vaihtelusta tärinän leviämisalueella ja rakennusten perustamisalueella
- tärinän välittymistapaeroista maapohjasta rakennukseen eri tavalla perustetuilla rakennuksilla
- lattiarakenteiden ja rakennusten runkorakenteiden värähtelytapaeroista erityyppisillä rakennuksilla, materiaaleilla sekä jännemitoilla.

Tärinämalleilla lasketun maanpinnan tärinän suuruuden ennusteissa on virhemahdollisuus edellä luetelluista syistä kertaluokkaa ± 50 %. Tärinäriskin arviointia tulee edellä mainituista syistä siksi aina tarkentaa aluekohtaisesti, mikäli arvioituille riskialueille sijoitetaan uutta rakennuskantaa. Tarkentaminen voidaan tehdä alueellisin tärinänmittauksin. Arviossa voidaan tällöin huomioida paremmin myös paikallisten rakennusten todelliset ominaisuudet.

5.2 Tarkemmat laskentamenetelmät

Tarkemmissa laskentamalleissa voidaan mallintaa niin liikenneväline, väylä kuin maaperä (kuva 14). Tällaisilla laskentaohjelmilla voidaan yleensä määrittää myös värähtelyn taajuussisältö.

Malleissa värähtely kuvataan aiheutuvaksi väylän epätasaisuudesta ja maapohjan kvasi-staattisesta painumisesta. Painuma voi esiintyä paikallisena pintarakenteen painumisena pyörien alla tai laajempänä maapohjan painumisena ajoneuvon alla.



Kuva 14. Periaatekuva tarkempien laskentamallien osamalleista.

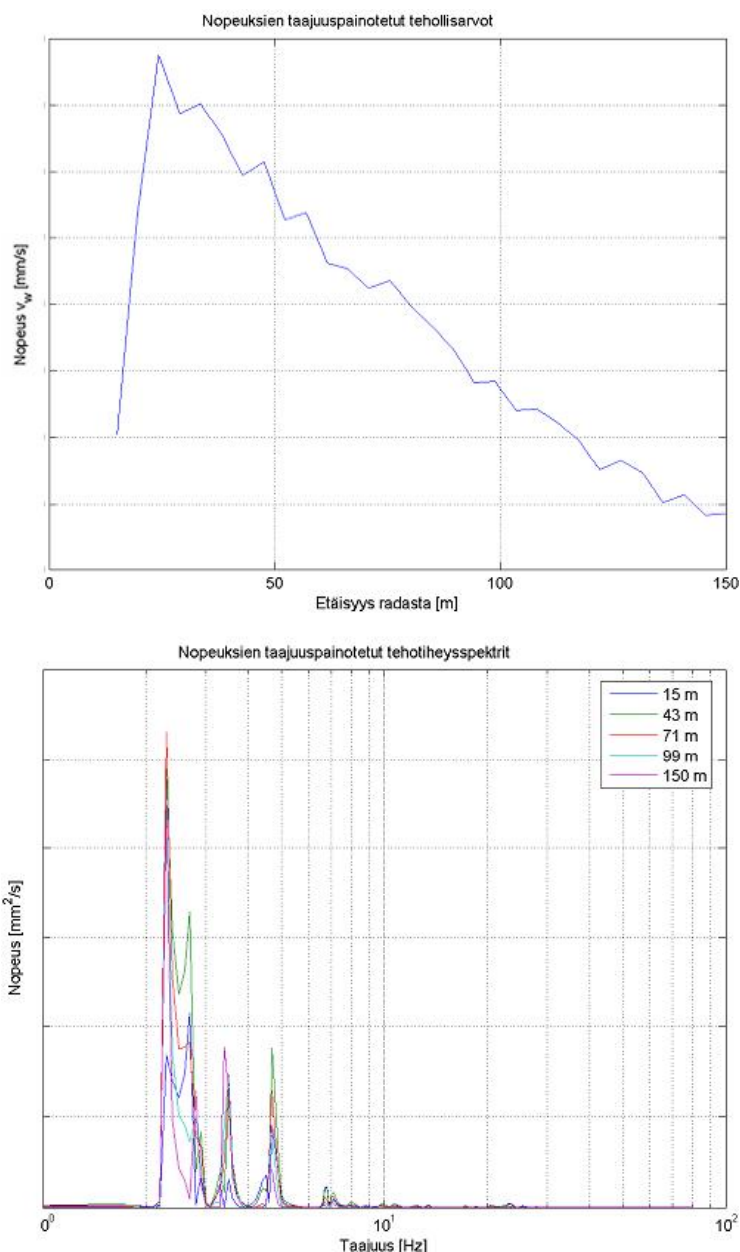
VTT on kehittämässä ensimmäistä versiota ohjelmasta TREMOR, jolla voidaan arvioida junaliikenteen aiheuttamaa värähtelyä. Ohjelma sisältää myös kerroksellisen maaperän laskennan. Toistaiseksi ohjelma ei ota huomioon vaunun tai telin painosta aiheutuvaa pintarakenteen ja maapohjan kvasi-staattista (näennäisesti staattista) painumista. Laskentaohjelmaan annetaan lähtötietoina

- junan kokoonpano ja nopeus
- kiskojen epätasaisuus
- suurin tarkasteltava etäisyys radasta
- maan parametrit
- laskettavan värähtelytaajuuden pienin ja suurin arvo.

Laskennan tuloksena saadaan (kuva 15)

- maanpinnan värähtely pystysuunnassa, väylän suunnassa ja väylää vastaan kohtisuorassa suunnassa
- värähtelyn taajuussisältö.

Ohjelmaa kuvataan tarkemmin lähteessä (Kärnä & Lastunen 2006). Julkaisun kirjoittamishetkellä ohjelman tekeminen on vielä kesken.

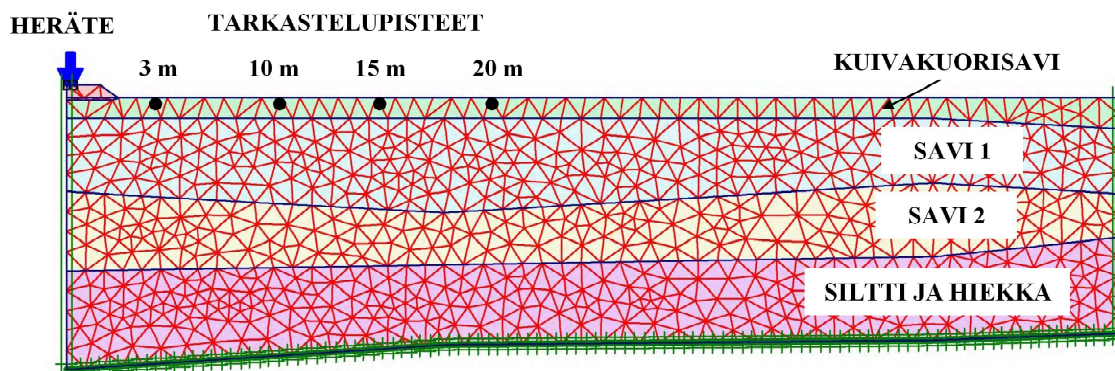


Kuva 15. Esimerkki kehitteillä olevan laskentaohjelman TREMOR 1.0 tulostuksesta. Yläkuvassa on värähtelyn suuruus eri etäisyyksillä ja alakuvassa värähtelyn tehoiteyssiispektrit. Laskettu tapaus: tavarajuna (5 vaunua à 100 t, nopeus 90 km/h). – Maalajit maanpinnasta lukien: siltti 4 m ja savi 4 m, joiden alla kova kallio.

5.3 FEM-laskenta

Tärinävaikutusten yksityiskohtaisempaa arviointia voidaan tehdä myös elementtimenetelmään perustuvilla laskelmilla (FEM-laskenta). Koska tarkkoihin ennusteisiin pääseminen edellyttää hyviä maaperätutkimuksia, dynaamisten materiaaliparametrien tuntemusta sekä suuria laskentamalleja, menetelmän käyttö on toistaiseksi rajoittunut tutkimustyöhön. Parhaiten FEM-laskenta soveltuu erilaisten suhteellisten vaikutusten arviointiin.

FEM-laskennassa käytetyn elementin koko määräytyy tarkasteltavan korkeimman taajuuden perusteella. Koska laskennassa joudutaan käyttämään usein alle 0,5 metrin elementtikokoa ja tarkasteltava alue hyvin laaja, laskentamallista tulee suuri ja laskennasta raskas. Siksi laskennassa rajoitutaan yleensä kaksiulotteiseen tasomalliin, jossa kuvataan vain maaperän rakenne väylää vastaan kohtisuorassa poikkileikkauksessa (kuva 16).



Kuva 16. Esimerkki kaksiulotteisesta FEM-mallista (Koivisto 2004).

VTT:ssä on tarkasteltu tärinän leviämistä erilaisilla pehmeillä maakerroksilla ABAQUS-ohjelman avulla. Käytetty FEM-malli oli kaksiulotteinen. Simuloinnin tavoitteena oli selvittää myös maapohjan kohouman vaikutusta eritaajuuksisten värähtelykomponenttien leviämiseen. Mallissa ei kuvattu rataa eikä todellista junasta aiheutuvaa herätettä.

Kuormituksena oli harmoninen voima, jonka taajuus vaihteli välillä 1 ja 100 Hz. Värähtelytarkastelu tehtiin suhteellisena, joten kaikki maaperään aiheutuvat värähtelykomponentit normeerattiin herätteen kohdalla samansuuruisiksi. Eri etäisyyksillä esiintyvistä värähtelykomponenteista laskettiin painotettu värähtelynopeuden tehollisarvo.

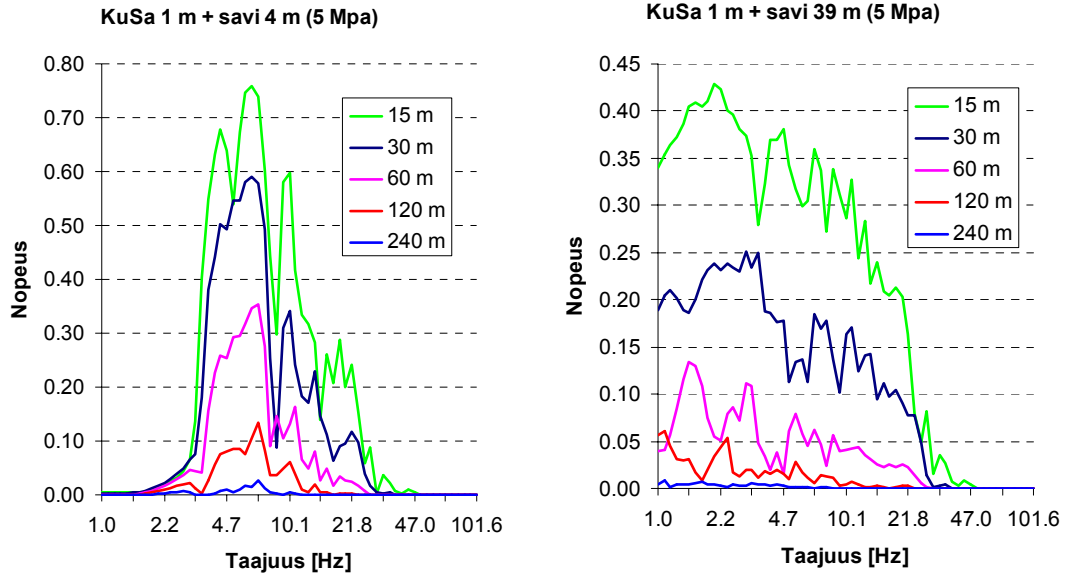
Tutkimuksessa mallinnettiin erilaisia maapohjia ja selvitettiin niiden vaikutusta tärinän suhteelliseen suuruuteen. Maaperämalleissa päämateriaali oli pehmeä tai sitkeä savi. Useampikerroksisissa malleissa ylin kerros oli kuivakuorisavea. Silttiä, hiekkaa ja kalliota käytettiin mallintamaan nousevaa kovaa maapohjaa. Materiaalit oletettiin kimmoisiksi.

FEM-laskennassa havaittiin, että mallilla pystytään esittämään havainnollisesti, miten maapohjan resonanssitaajuus vaikuttaa värähtelyn taajuussisältöön. Maapohjan resonanssitaajuus riippuu savikerroksen paksuudesta ja kimmomoduulista (kuva 17). Esimerkiksi ohuella savikerroksella (1 m kuivakuorikerrosta ja 4 m pehmeää savea) resonanssihuippu on noin 4–8 Hz:n taajuudella. Paksulla savikerroksella (1 m + 39 m) taajuusjakauma on tasaisempi lasketulla taajuusalueella. Tämä aiheutuu siitä, että maapohjan resonanssitaajuus on lasketun taajuusalueen alapuolella. Tulokset osoittavat myös, että resonanssitaajuutta lähellä olevat taajuudet vaimenevat hitaimmin (kuva 18).

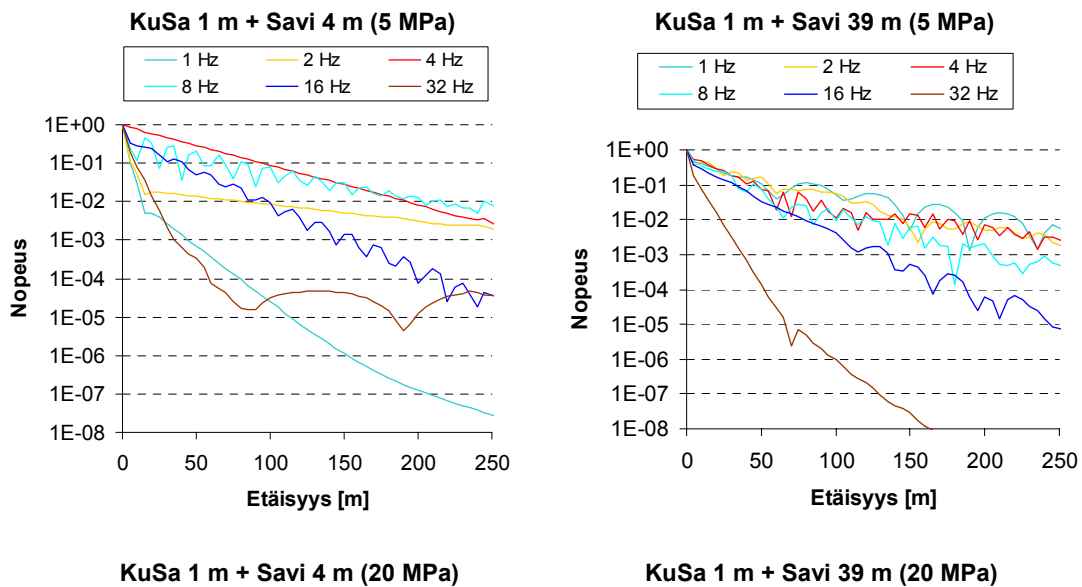
Värähtelyn suuruuden tarkka vertaaminen edellyttäisi erilaisista junista aiheutuvan heijasteen suuruuden tuntemista taajuuskomponenteittain. Herätteen suuruuteen vaikuttaa myös junan, radan ja radan alla olevan maapohjan vuorovaikutus. Koska tiedot herätteestä vaihtelevat merkittävästi, tarkka vertailu ei ole mahdollinen. Karkean vertailun perusteella saadut FEM-laskennan tulokset tukevat seuraavia johtopäätöksiä:

- Pehmeällä savella värähtely vaimenee etäisyydellä 15–70 m sitä nopeammin, mitä suurempi on savikerroksen paksuus. Pehmeällä savella vaikutus on erittäin merkittävä. Esimerkiksi paksuudella 4 m värähtely etäisyydellä 70 m on yli kolminkertainen paksuuteen 40 m verrattuna, vaikka etäisyydellä 15 m värähtely on samansuuruinen. Sitkeällä savella savikerroksen paksuuden vaikutus vaimenemisnopeuteen on merkityksellinen.
- Vaakasuuntaisiin värähtelyihin kalteva kova pohja aiheuttaa lisäystä noin 40–60 %. Pystysuuntaisissa värähtelyissä vaikutus riippuu saven jäykkyydestä ja voi olla lisäystä tai vähennystä joitain kymmeniä prosentteja.
- Kovan kohouman syvyys maanpinnasta (2 tai 5 m) vaikuttaa ainoastaan värähtelyihin kohouman päällä. Syvyyden pienetessä myös värähtelyt kohouman päällä pienenevät riippuen saven jäykkyydestä.
- Kovan kohouman materiaalilla (kallio, hiekka tai siltti) tai kaltevuudella (1:10 tai 1:4) ei ole merkittävää vaikutusta värähtelyihin, kunhan kohouman jäykkyys eroaa olennaisesti sen päällä olevan pehmeän kerroksen jäykkyydestä.

FEM-laskennan tuloksia käsitellään yksityiskohtaisesti lähteessä (Kurkela 2004).



Kuva 17. Esimerkki pehmeän savikerroksen paksuuden vaikutuksesta pystysuuntaisen värähtelyn taajuusjakaumaan etäisyyksillä 15–240 m. Kimmomoduulit 5 MPa (savi) ja 40 MPa (kuivakuorisavi, KuSa). Nopeusarvot on skaalattu siten, että herätekohdassa arvo on 1,0.



Kuva 18. Esimerkki savikerroksen paksuuden vaikutuksesta eritaajuuksisten värähtelykomponenttien suhteelliseen pienentymiseen. Kimmomoduulit 5 MPa (savi) ja 40 MPa (kuivakuorisavi, KuSa).

6. Yhteenveto ja jatkotutkimustarpeet

Aikaisemmin julkaistussa VTT Tiedotteessa 2278 (Talja 2004e) esitetään suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Tämä julkaisu täydentää aikaisempaa julkaisua ja ottaa huomioon VTT Tiedotteen 2278 julkaisemisen jälkeen saadut uudet tutkimustulokset. Uutena asiana käsitellään liikennetärinän vaikutuksien arviointimenetelmiä ja annetaan suosituksia tärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Suositusten toivotaan yhtenäistävän tapaa, jolla tärinävaikutuksia arvioidaan.

6.1 Yhteenveto

Suosituksset tärinän luokituksesta

Luokituksen perusteena on liikennetärinästä aiheutuva haitta asuinmukavuudelle. Kriteerinä käytetään värähtelyn tunnuslukua, joka kuvaa asuintiloissa esiintyvää suurinta mitattua tai arvioitua värähtelyn tehollisarvoa. Tavoite uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa on värähtelyluokka C (tunnusluku alle 0,3 mm/s). Vanhoilla asuinalueilla tulee pyrkiä värähtelyluokkaan D (tunnusluku alle 0,6 mm/s). Värähtelyluokitus perustuu Norjan standardiin (NS 8176E, 1999) ja VTT:n suorittamiin mittauksiin. Myös monet muut ohjeet, kuten DIN 4150-2 (1999), Banverket (1997) ja FRA (1998) tukevat esitettyä suositusta.

Luokituskriteerin on toteuduttava pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa.

Suosituksset maankäytön suunnitteluun

Maankäytön suunnittelussa tärinän arviointi jaetaan tarkkuutensa perusteella kolmeen eri tasoon. Arviointitaso 1 perustuu kokemusperäiseen suojaetäisyyteen, jota kauempana värähtelytarkastelua ei eri maalajeilla pidetä tarpeellisena. Arviointitaso 2 perustuu yleensä laskennalliseen arvioon, ja siinä liikenne ja maaperän ominaisuudet otetaan tarkemmin huomioon. Arviointitaso 3 edellyttää maaperästä tehtäviä värähtelymittauksia.

Arviointitasoa 1 suositellaan käytettäväksi maakuntakaavatasolla ja yleiskaavatasolla, kun rakentamista ohjataan yleispiirteisillä aluevarauksilla. Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohdittaisesti määrätyllä alueella ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitason 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada

riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitason 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

Tärinän leviämistä on kokeilukohteissa voitu vähentää myös maahan asennettavilla teknisillä ratkaisuilla. Teknisten ratkaisujen kehittäminen yleiseen käyttöön edellyttää kuitenkin vielä laajaa kehitystyötä ja käytön ohjeistamista.

Suosituksien tärinän leviämisen arviointiin

Tutkimuksen yhteydessä on tehty kenttämittauksia ja FEM-laskelmia. Lisäksi on kehitetty kokeiluvärsio laskentaohjelmasta TREMOR, jolla voidaan tutkia junan aiheuttaman tärinän leviämistä kerrostuneessa maaperässä. Ohjelmalla voidaan arvioida myös leviävän tärinän taajuussisältöä. Lisäksi julkaisun liitteessä esitetään käsinlaskentaan soveltuvia arviointitapoja rautatie- ja maantieliikenteelle.

Saadun kokemuksen perusteella paras tapa arvioida tärinän leviämistä on edelleen mittaaminen, jonka käytöstä annetaan yksityiskohtaiset suositukset. Muiden laskentamenetelmien tarkkuus riittää lähinnä tärinän suurusluokan ja eri parametrien suhteellisten vaikutusten arviointiin.

6.2 Jatkotutkimustarpeet

Useimmat VTT Tiedotteessa 2278 esitetyt jatkotutkimustarpeet ovat edelleen ajankohtaisia. Jatkotutkimuksissa on tärkeää kehittää tärinän syntymisen ja siirtymisen ehkäisykeinoja. Tärkeää on myös kehittää entistä tarkempia laskennallisia arviointimenetelmiä sekä rakennuksen että maaperän tärinän arvioimiseksi.

Jatkokehitystyö on tarpeen, jotta tärinän arviointiin liittyvien epätarkkuuksien vuoksi lähellä liikenneväyliä olevat alueet eivät jää rakentamatta tai rakentamiskustannukset kasva kohtuuttomiksi. Koska rautateiden varrella sijaitsevilla pehmeillä maalajeilla maaperän värähtely $v_w = 0,3$ mm/s ulottuu rautateillä yleensä etäisyydelle 100–300 m, tärinän huomioiminen koskee suuria maa-alueita.

Seuraavissa kohdissa kuvataan tiivistetysti arviot tärkeimmistä jatkotutkimustarpeista.

Tärinän syntymisen ja leviämisen ehkäisy

Tärinähaitan pienentämiseksi käytettyjen erilaisten teknisten ratkaisujen todellinen parannusvaikutus värähtelyn eri taajuusalueilla tulisi selvittää. Tärinän vaikutuksien pienentämiseksi on käytetty mm. väylän tai kiskojen alle asennettavia tärinäeristeitä, maaperän stabilointia ja maapohjan paalutusta. Radan tai kiskojen alle asennettavat tärinäeristeet toimivat yleensä vasta yli 20 Hz:n taajuuksilla ja kelluvat laatat vasta yli 10 Hz:n taajuuksilla, joten niiden eristysvaikutus näkyy parhaiten kovilla maapohjilla. Pehmeillä maalajeilla niiden käyttö voi jopa kasvattaa tärinää. Tärinän siirtymisen estämiseksi on kokeiltu myös erilaisia, pehmeitä ja kovia, maaperään rakennettavia seinämärakenteita. Lisäksi on kokeiltu rakennuksen ja perustuksen väliin asennettavia tärinäeristimiä.

Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi

Kuten kohdassa 4.4 havainnollistettiin, rakennusten dynaamisilla ominaisuuksilla on suuri merkitys maaperästä tulevan tärinän vaimenemiseen tai voimistumiseen rakennuksessa. Mittauksista saadut rakennuskohtaiset erot ovat suuria. Tärinän siirtymiseen rakennukseen vaikuttavat mm. maaperästä tulevan värähtelyn suunta ja taajuussisältö, rakennuksen perustamistapa, rakennuksen koko ja käytetyt materiaalit.

Erityisesti matalista kerrostaloista (3–5 kerrosta), sekä paalutetuista että paaluttamattomista, tulisi hankkia kokemusta rungon ja lattioiden käyttäytymisestä. Tällä hetkellä mittaustuloksia on pääasiassa savimaalle rakennetuista pientaloista, joilla rungon resonanssin merkitys korostuu. Mittaustuloksia tulisi hankkia myös koville maapohjille rakennetuista taloista.

Rakennustyypeistä ja perustamistapojen vaikutuksista tulisi kehittää ohjeistusta siten, että tulevaisuudessa maaperän värähtelyiden taajuussisältö ja rakennuksen dynaamiset ominaisuudet voidaan ottaa suunnittelussa huomioon. Lisäksi pitää selvittää maaperän vaakavärähtelyjen vaikutus rakennukseen, sillä kohdan 4.3 mukaan vaakavärähtelyt ovat useissa tapauksissa pystyvärähtelyä suurempia. Koska vaakavärähtelyn vaikutuksesta rakennuksen värähtelyihin ei ole tällä hetkellä olemassa tutkittua tietoa, asuintilojen värähtelyjen arvioinnin perusteena käytetään toistaiseksi maaperän pystyvärähtelyn tunnuslukua.

Maaperän tärinän arviointi

Tärinän suuruuteen vaikuttavat oleellisesti liikenteen tyyppi, kaluston paino ja kunto, liikenteen nopeus sekä ajoradan kunto ja perustamistapa. VTT on kehittänyt ensimmäisen version ohjelmasta TREMOR, jolla voidaan arvioida junaliikenteen aiheuttamaa tärinää. Ohjelma sisältää myös Suomessa tyypillisen kerroksellisen maaperän laskennan. Toistaiseksi ohjelma ei ota huomioon vaunun tai telin painosta aiheutuvaa radan ja sen alla olevan maapohjan kvasistaattista painumista. Näiden vaikutus voi usein olla dominoiva, joten ohjelmaa tulisi kehittää paremmin todellisuutta kuvaavaksi. Ohjelma tulisi modifioida myös tieliikenteen tarpeisiin.

Junaliikenteellä tulisi jo tehdyistä ja tulevista mittauksista systemaattisesti analysoida tärinään vaikuttavien eri tekijöiden suhteellinen merkitys. Tieliikenteellä tulisi kerätä tietoa tien kunnan merkityksestä esimerkiksi mittaamalla maaperän tärinää ennen ja jälkeen väylän korjauksen. Samalla tavalla tulisi tutkia myös erilaisten ajohidasteiden, kuten töyssyjen ja tärinäraitojen, suhteellisia eroja.

Mittaustulosten tallentaminen myöhempää hyödyntämistä varten

Tulosten myöhemmän hyödyntämisen helpottamiseksi suositellaan, että tulevaisuudessa eri tahojen teettämät mittausraportit talletetaan keskitetysti yhteisesti sovittavaan paikkaan.

Runkoäänet

Tällä hetkellä liikennetärinän haittoja koskeva VTT:n tutkimus on rajoittunut rakennuksen tärinänä havaittavaan värähtelyyn. Liikenteestä ja myös räjäytys- ja paalutustöistä aiheutuvat tärinähaitat voivat ilmetä myös rungon kautta siirtyvänä äänenä. On tärkeää pystyä arvioimaan myös tämän runkomeluna ilmenevän tärinähaitan mahdollisuus. Mm. USA:ssa on junien aiheuttamaa runkomelua koskien annettu empiirisiä arviointiohjeita. Myös Suomessa pitäisi käynnistää aiheeseen liittyvää tutkimusta.

Lähdeluettelo

- Banverket. 1997. Buller och vibrationer från spårbunden linjetrafik – Riktlinjer och tillämping. Stockholm: Banverket och Naturvårdsverket (Dnr. S02-4235/SA60). 82 s.
- DIN 4150-2. 1999. Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V. 21 s.
- FRA. 1995. Transit noise and vibration impact assessment. Washington D.C: Federal Transit Administration. 190 s. + liitt. 24 s.
- FRA. 1998. High-speed ground transportation noise and vibration impact assessment. Report No. 293630-1. Washington: Federal Railroad Administration. 180 s. + liitt. 40 s.
- ISO 4866. 1994. Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings. Amendment 1: Annex D – Predicting natural frequencies and damping of buildings. Geneva: International Organization for Standardization. 7 s.
- ISO 2631-2. 2003. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). Geneva: International Organization for Standardization. 11 s.
- Klæboe, R., Turunen-Rise, I. H., Hårvik, L. & Madshus, C. 2003. Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: Exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models. *Applied Acoustics* 64, s. 89–109.
- Koivisto, K. 2004. Katuliikenteen aiheuttaman tärinän vähentäminen syvästabiloinnin avulla. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, rakennus- ja ympäristötekniikan osasto.
- Kolari, K. & Talja, A. 2003. Pesukoneen aiheuttamat välipohjan värähtelyt. Sisäinen raportti RTE50-IR-12/2003. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 41 s.
- Kurkela, J. 2005. Liikennetärinän leviäminen – Maaperän tärinän arviointi FEM-laskennan avulla. Sisäinen raportti RTE50-IR-5/2005. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 46 s. + liitt. 43 s.
- Kärnä, T. & Lastunen, A. 2006. Laskentaohjelma TREMOR 1.0 raideliikenteen aiheuttaman tärinän arvioimiseksi. Tutkimusraportin käsikirjoitus 6.3.2006 (julkaistaan kesälä 2006). Espoo: VTT. 57 s. + liitt. 1 s.

NS 8176E. 1999. Vibration and shock. Measurement of vibration in buildings from landbased transport guidance to evaluation of its effects on human beings. Oslo: Norges Standardiseringsförbund (NSF). 27 s.

Promethor. 2005. Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaaminen. Heinäkangas, Toijala. 10 s. (<http://www.toijala.fi/Tekninen/Tarinamitt.pdf>.)

Talja, A. 2003. Kirjallisuusselvitys raja-arvoista ja tärinän mittaamisesta. VTT:n sisäinen raportti RTE50-IR-5/2003.

Talja, A. 2004a. Espoon kohteiden mittaustulokset. Sisäinen raportti RTE50-IR-14/2004. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 20 s. + liitt. 72 s.

Talja, A. 2004b. Helsingin kohteiden mittaustulokset. Sisäinen raportti RTE50-IR-15/2004. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 34 s. + liitt. 127 s.

Talja, A. 2004c. Liikenneperäinen tärinä – Kirjallisuusselvitys tärinän arvioinnista. VTT:n sisäinen raportti RTE50-IR-13/2004.

Talja, A. 2004d. Liikenneperäinen tärinä – Rakennuksen vaikutus värähtelyihin, Sisäinen raportti RTE50-IR-19/2004. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 48 s. + liitt. 17 s.

Talja, A. 2004e. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo: VTT. 50 s. + liitt. 15 s. Saatavana: <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2278.pdf>.

Talja, A. 2004f. Tampereen kohteiden mittaustulokset. Sisäinen raportti RTE50-IR-7/2004. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 20 s. + liitt. 69 s.

Talja, A. 2004g. Turun kohteiden mittaustulokset. Sisäinen raportti RTE50-IR-8/2004. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 17 s. + liitt. 75 s.

Talja, A. 2004h. Vantaan kohteiden mittaustulokset. Sisäinen raportti RTE50-IR-17/2004. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 18 s. + liitt. 55 s.

Talja, A. 2004i. Urjalan kohteiden mittaustulokset. Sisäinen raportti RTE50-IR-18/2004. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 16 s. + liitt. 56 s.

Talja, A. 2005. Liikennetärinän leviäminen maaperässä – Tärinän arviointi mittauksin. Sisäinen raportti RTE50-IR-14/2005. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 32 s. + liitt. 192 s.

Talja, A. & Toratti, T. 2002. Lattioiden värähtelysuunnittelu. Rakentajain kalenteri 2003. Helsinki: Rakentajain Kustannus. S. 467–478.

Turunen-Rise, I. H., Brekke, A., Hårvik, L., Madshus, C. & Klæboe, R. 2003. Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part I: a new Norwegian measurement standard and classification system. *Applied Acoustics* 64, s. 71–87.

Liite A: Maaperäominaisuudet ja niiden määrittäminen tärinän kannalta

Maalajit ja niiden esiintyminen Suomessa

Tärinän leviäminen on merkittäväntä pehmeissä ja vesipitoisissa maalajeissa – savissa, silteissä, liejuissa ja turpeissa. Etelä-Suomessa muinaisiin meriin sedimentoituneita savia ja silttejä on pääasiassa vain eteläisen Salpausselän eteläpuolella. Pohjanmaalla niitä esiintyy maankohoamisalueilla aina noin 200 km:n etäisyydelle nykyisestä rantaviivasta. Pohjanmaalla savi- ja silttikerrokset vaihtelevat moreeni- ja turvekerrostumien kanssa. Lounais-Suomessa savikerrostumat ovat tyypillisesti kallioesiintymien välisissä painanteissa. Myös jokikerrostumien alueella ja harjumuodostuminen reuna-alueilla voi silttikerrosten lomassa esiintyä savikerroksia. Savikerrokset voivat olla paksuja. Lounais-Suomessa esiintyy jopa 50...70 m:n paksuisia kerrostumia. Rannikolta sisämaahan päin edetessä savikerrosten paksuudet pääsääntöisesti ohentuvat, mutta paikoitellen myös sisämaassa voi olla paksuja pehmeikköjä. Silttejä esiintyy yleensä ohuina kerroksina myös harju- ja reunamuodostelmien reuna-alueilla. Etelä- ja Keski-Suomen yleistetty maaperägeologinen rakenne ilmenee kuvasta 1.

Maakerrosten ominaisuudet vaihtelevat paitsi alueellisesti myös syvyysuunnassa paikallisesti. Vaikka yleisiä maaperägeologisia rakenteita voidaan päätellä maan pinnanmuotojen ja pintakerrostenkin maalajien perusteella, ainoa luotettava keino maakerrosten määrittämiseen on asiallisen pohjatutkimuksen tekeminen. Maalajit nimetään maalajiryhmän perusteella (taulukko 1). Maalajinimeä kivennäismaalajeissa tarkennetaan edelleen rakeisuuden perusteella (taulukko 2).

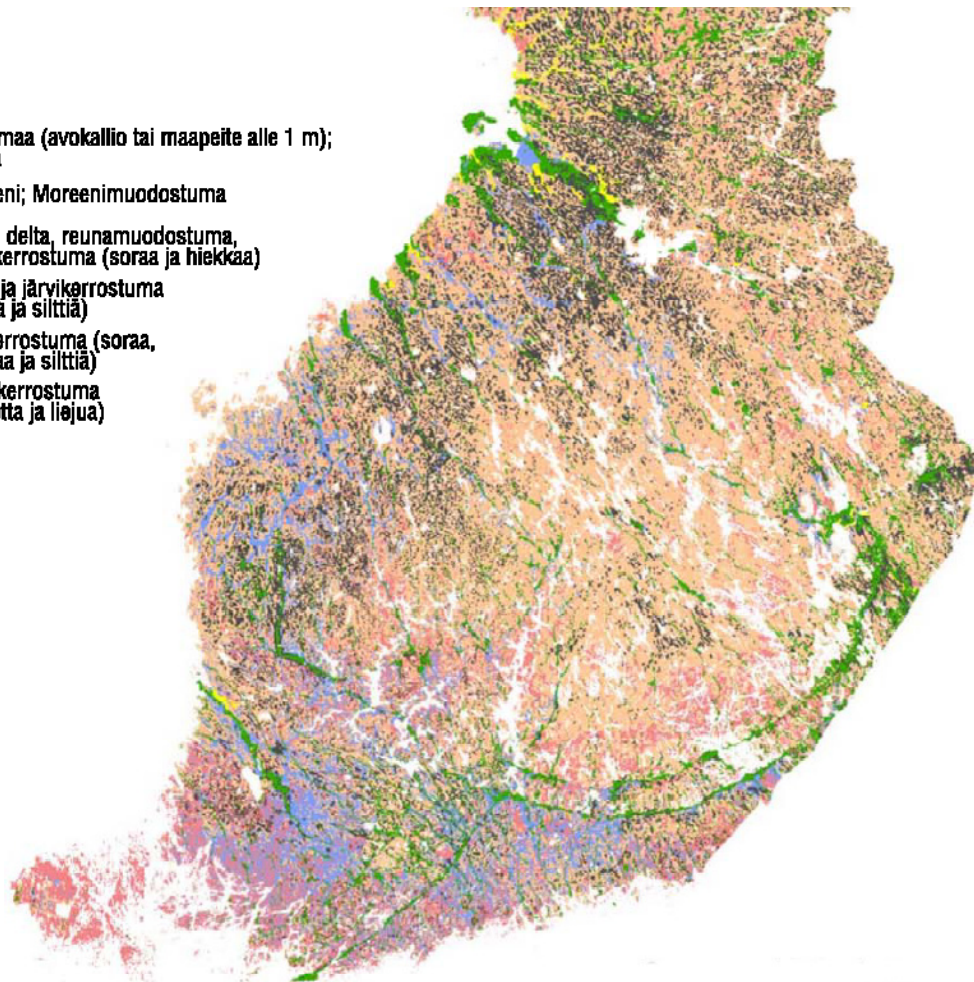
Maalaji nimetään sen rakeisuuden ja humuspitoisuuden perusteella. Kivennäismaalajit nimetään savea lukuun ottamatta d_{50} -menetelmällä eli maalaji nimetään keskimääräisen raekoon perusteella, rakeisuuskäyrän 50 %:n läpäisyn kohdalta (taulukko 2). Savet nimetään savilajitteen määrän perusteella. Moreeneiksi kutsutaan jääkauden aikana syntyneitä lajittumattomia kivennäismaalajeja. Moreenimaalajit jaetaan d_{50} -menetelmällä siltti-, hiekka- ja soramoreeneihin.

Eloperäisiä maalajeja ovat turve ja lieju. Turve sisältää maatumisasteeltaan vaihtelevasti kasvien jätettä. Lieju koostuu kasvi- ja eläinjätteistä sekä hienorakeisista kivennäisaineista, ja sen humuspitoisuus on yli 20 %.

Taulukkojen 1 ja 2 kivennäismaalajeja, jotka ovat karkeaa silttiä taikka sitä karkeampia, kutsutaan karkearakeisiksi maalajeiksi ja karkeaa silttiä hienompia kutsutaan hienorakeisiksi maalajeiksi.

Selite

- Kalliomaata (avokallio tai maapeite alle 1 m);
Rakka
- Moreeni; Moreenimuodostuma
- Harju, delta, reunamuodostuma,
rantakerrostuma (sora ja hiekkaa)
- Meri- ja järviskerrostuma
(savea ja silttiä)
- Jokikerrostuma (sora,
hiekkaa ja silttiä)
- Turvekerrostuma
(turvetta ja liejua)



Kuva 1. Keski- ja Etelä-Suomen yleistetty maaperäkartta
(<http://www.gsf.fi/aineistot/suomenmpyleistys.htm>).

Taulukko 1. Geoteknisen maajiluokituksen maajiryhmät.

Maajiryhmä	Koostumus
Eloperäiset maajit	Koostuvat olennaisesti eloperäisestä aineksesta (humusta > 20 % pelkän kiviaineksen massasta).
Hienorakenteiset kivennäismaajit	Koostuvat lajittuneesta hienorakeisesta maa-aineksesta. Hienoainespitoisuus (raekoko $\leq 0,06$ mm) ≥ 50 %. Humusta ≤ 20 % pelkän kiviaineksen massasta.
Karkearakenteiset kivennäismaajit	Koostuvat lajittuneesta karkearakeisesta maa-aineksesta. Hienoainespitoisuus < 50 %. Humusta ≤ 20 % pelkän kiviaineksen massasta.
Moreenimaajit	Koostuvat lajittumattomasta, sekä hienoja että karkeita rakeita sisältävästä maa-aineksesta.

Taulukko 2. Kivennäismaajien lajitteet ja raekoot.

Päälajite	Alalajite		Rakeiden läpimitta (mm)
Nimi	Lyhenne		
Savi	Sa		< 0,002
Siltti	Si		0,002–0,06
	hSi	Hieno siltti	0,002–0,006
	keSi	Keskisiltti	0,006–0,02
	kaSi	Karkea siltti	0,02–0,06
Hiekka	Hk		0,06–2,0
	hHk	Hieno hiekka	0,06–0,2
	keHk	Keskihiekkä	0,2–0,6
	kaHk	Karkea hiekka	0,6–2,0
Sora	Sr		2,0–60,0
	hSr	Hieno sora	2,0–6,0
	keSr	Keskisora	6,0–20,0
	kaSr	Karkea sora	20,0–60,0
Kivet	Ki		60–600
	pKi	Pienet kivet	60–200
	sKi	Suuret kivet	200–600
Lohkareet	Lo		> 600

Tärinään ja sen leviämiseen liittyvät maaparametrit

Tärinän kannalta olennaisimmat maapohjaominaisuudet ovat maalajin ja sen rakeisuuden lisäksi maan ja maakerrosten

- tiiveys ja lujuus
- kimmomoduuli
- vesipitoisuus.

Näillä ominaisuuksilla maapohja voidaan hyvinkin luokitella edelleen tärinäongelman arvioinnin kannalta. Perussääntöinä voidaan mainita seuraavat lähtökohdat:

- 1) Karkearakeisilla maalajeilla maan jäykkyys kasvaa sen tiiveyden kasvaessa. Karkearakeisten maalajien jäykkyys, joka ilmaistaan kimmo- ja leikkausmoduulina, on pääsääntöisesti aina hienorakeisia maalajeja suurempi. Karkearakeisten maalajien vesipitoisuus on tyypillisesti 5...40 %. Vesipitoisuus on veden määrä suhteessa kuiva-aineksen määrään, ilmaistuna painoprosentteina. Karkearakeisten maalajien sisäinen vaimennus (värähtelyssä maahan sitoutunut energia, joka muuttuu maassa lämmöksi) on usein hienorakeisia maalajeja suurempi.
- 2) Hienorakeisilla maalajeilla maalajia kuvataan tiiveyden sijasta suljetun lujuuden avulla. Mitä suurempi on suljettu leikkauslujuus, sitä suurempi on myös jäykkyys. Vesipitoisuudet ovat tyypillisesti 20...140 %. Vesipitoisuus lisääntyy pääsääntöisesti savilajitepitoisuuden kasvaessa, koska hienoainesrakenteen pinnalle absorboituu sitä enemmän vettä, mitä pienempi on raekoko. Vesipitoisuus lisääntyy myös savessa olevan humusaineksen määrän kasvaessa. Humuspitoista savea kutsutaan liejusaveksi. Maan vesipitoisuuden kasvaessa maan jäykkyys ja lujuus yleensä pienenevät.
- 3) Humuspitoisuuden kasvaessa yli 20 % maalajia kutsutaan eloperäiseksi maalajiksi. Tyypillisiä eloperäisiä maalajeja ovat turpeet, joiden ominaisuuksia säättää merkittävästi niiden maatumisaste (myös turpeen alkuperäisen sammaltyypin laji, kuidun lujuus ja määrä). Turpeiden vesipitoisuudet voivat nousta 800...1 000 %:iin.

Ominaisuuksien määrittäminen

Maalajien tiiveys ja lujuus määritetään tavallisesti likimäärin kairauksin (paino-, heijari- ja puristinkairaus). Pehmeimpien, hienorakeisten maalajien lujuus määritetään yleensä siipikairauksin, joilla lujuus mitataan suoraan maassa. Tiiveydet ja lujuudet voidaan mitata myös häiriintymättöminä maasta otetuista näytteistä laboratorioissa. Ominaisuuksien määrittämisestä on ohjeita mm. Suomen geoteknillinen yhdistys ry:n julkaisuissa (<http://www.sgy.fi/>).

Dynaamisia ominaisuuksia voidaan määrittää maastossa luotettavimmin seismisen aallon etenemisnopeuden ja maan tiheyden perusteella. Menetelmät ovat suhteellisen harvoin Suomessa käytettyjä. Menetelmiä ovat mm. cross-hole-mittaus, down-hole-mittaus sekä nk. SASW-mittaus (Spectral analysis of seismic waves). Niillä pyritään mittaamaan leikkausaallon ja pinta-aallon etenemisnopeudet suoraan maasta. Leikkausaallon etenemisnopeudesta määritetään nk. initiaalileikkausmoduuli G_0 , joka on maan leikkausjäykkyys silloin, kun muodonmuutokset ovat erittäin pieniä. Moduuli pienenee muodonmuutosten kasvaessa, jolloin saman materiaalin jäykkyys on erilainen esimerkiksi radan alla (suurehkot muodonmuutokset) ja radan vierellä (pienet, vain värinäaallon aikaansaamat muodonmuutokset). Maalajien jäykkyys kasvaa myös vallitsevan jännitystilän – maan painon aikaansaaman jännityksen – kasvaessa. Siten syvällä maassa maa käyttäytyy jähkemmin kuin sama maa maan pinnalla.

Leikkausmoduuli voidaan laskea kaavalla

$$G_0 = \rho v_s^2, \quad (1)$$

missä ρ on maan tiheys ja v_s maassa mitattu leikkausaallon nopeus.

Kimmomoduli (initiaalikkimmomoduli E_0) saadaan leikkausmoduulista yksinkertaisesti Poisson-luvun ν avulla kaavasta

$$E_0 = 2(1+\nu)G_0. \quad (2)$$

Poisson-luku voidaan mitata maastossa ja laboratorioissa, mutta yleensä se tyydytään arvioimaan pelkästään maalajin perusteella.

Leikkaus- ja kimmomodulille esiintyy maadynamiikan kirjallisuudessa lukuisia empirisiä arviointimenettelyjä, jotka perustuvat maapohjan tavanomaisissa pohjatutkimuksissa määritettävien ominaisuuksien määrittämiseen.

Maapohjan jäykkyys karkearakeisilla maalajeilla riippuu merkittävimmin

- maan huokosluvusta (e) ja tiiveydestä (suhteellinen tiiveys D_r)
- maapohjan vallitsevasta, staattisesta jännitystilasta (σ_m)
- rakeisuudesta
- tärinän aikaansaamasta muodonmuutostasosta (γ).

Hienorakeisilla maalajeilla maapohjan jäykkyys riippuu

- huokosluvusta (e)
- maapohjan vallitsevasta, staattisesta jännitystilasta (σ_m)
- ylikonsolidoitumisasteesta (OCR)
- vesipitoisuudesta (w)
- juoksevuus- (I_L) ja plastisuusluvusta (I_p)
- tärinän aikaansaamasta muodonmuutostasosta (γ).

Maan sisäinen vaimennus riippuu periaatteessa samoista ominaisuuksista kuin jäykkyyskin. Karkearakeisilla maalajeilla vaimennukseen vaikuttaa lisäksi maan vesipitoisuus (sekä vedellä kyllästymisen asteesta S_r).

Pohjatutkimusmenetelmät, joilla voidaan arvioida em. ominaisuuksia, ovat tarpeen dynaamisten ominaisuuksien määrittämisessä.

Eri maapohjatyypin ominaisuuksien tyypillisiä vaihtelualueita annetaan seuraavan kohdan taulukossa 3.

Vaimennus

Kokonaisvaimennus (tärinän amplitudin pienenemisen kuvaussuure) muodostuu kahdesta osasta: geometrisesta amplitudin pienenemisestä ja hystereettisestä eli sisäisestä vaimennuksesta. Geometrisella vaimennuksella huomioidaan täryaallon geometrisen leviämisen aikaansaama energiaintensiteetin pieneneminen etäisyyden kasvaessa herätepisteestä. Analyttisissä menettelyissä kokonaisvaimennus kuvataan yleensä maan pinnalla vaikuttavan pinta-aallon eli Rayleigh-aallon vaimennuksena, jolloin

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^\beta \cdot e^{\alpha(r_1-r_2)}, \quad (3)$$

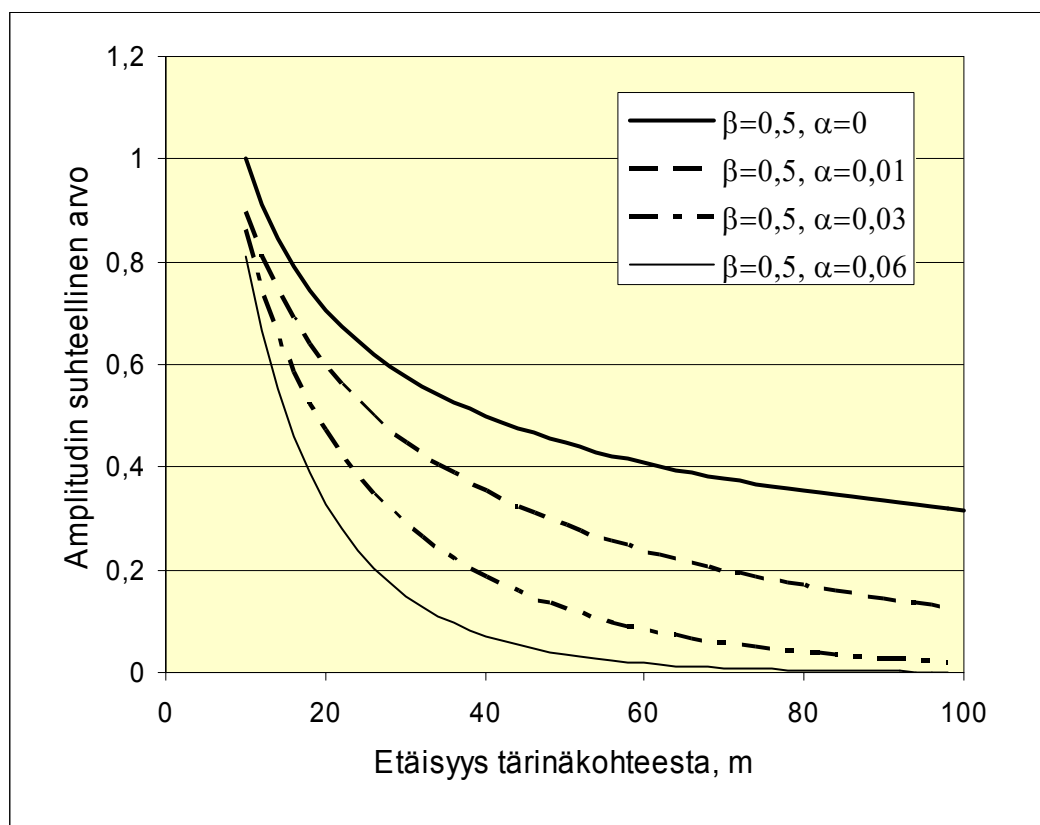
jossa A_1 on tärinäamplitudin suuruus etäisyydellä r_1 tärinäkohteesta ja A_2 on tärinäamplitudin suuruus etäisyydellä r_2 tärinäkohteesta. Kaavan oikean puolen ensimmäinen tekijä (eksponentti β) kuvaa geometrista vaimennusta ja toinen tekijä (eksponentti α) sisäistä vaimennusta.

Rayleigh-aallon teoreettinen (kimmoisassa puoliavaruudessa pätevä) geometrisen vaimennuksen tekijä β on 0,5. Muille aaltomuodoille (puristusaalto, leikkausaalto, Lovenaalto jne.) vaimennustekijä on R-aallon vaimennustekijää suurempi, mistä johtuen kauempana kohteesta R-aalto muodostuu tärinän suuruuteen merkittävimmin vaikuttavaksi aaltomuodoksi. Geometrinen vaimennus on helposti mielletävissä, kun kuvitellaan veden pudotetun kiven aikaansaamaa ja veden pinnalla leviävää aallon pienentymistä etäisyyden kasvaessa.

Sisäiseen muodonmuutostyöhön sitoutuva amplitudin pienentyminen kuvataan yleensä suhteellisena vaimennuksena taikka absorptiokerroinena α . Absorptiokerroin kuvaa täryaallon metrin etenemää kohden tapahtuvaa pienentymistä. Absorptiokerroimen arvo ja α eri maapohjatyypeille esitetään taulukossa 3.

Geometrisen vaimennuksen kaltainen amplitudin pienentyminen tapahtuu aaltorintaman läpäistessä jäykkyyseroiltaan erilaisten maakerrosten rajapinnan. Toisaalta ao. rajapinnoissa voi tapahtua myös paikallista amplitudin vahvistumista aaltojen heijastumisten sekä mahdollisen interferenssin johdosta. Todelliset maapohjasuhteet harvoin, jos koskaan, vastaavat kaavan (3) taustalla olevaa olettamusta maan homogeenisesta ja isotrooppisesta jatkumosta. Tästä syystä analyttiset menetelmät tärinän leviämisen arvioinnissa ovat aina yksinkertaistettuja ja arviointi on likimääräistä. Toisaalta jos maapohjasuhteita ei numeerisia menetelmiä sovellettaessa tunneta tai mallinneta tarkasti, arviointi ei johda juuri analyttisiä arviointimenetelmiä parempaan tulokseen.

Kaavan (3) perusteella havaitaan, että sekä geometrisen että hystereettisen vaimennuksen merkitys on värinän kulkeutumisen arvioinnin kannalta olennainen. Kuvassa 2 esitetään amplitudin pienentyminen pinta-aallossa eri absorptiokertoimen arvoilla α (0, 0,01, 0,03 ja 0,06), kun geometrisen vaimennuksen tekijä β on 0,5.



Kuva 2. Värinäamplitudin suhteellinen pienentyminen geometrisen ja hystereettisen vaimennuksen johdosta, kun lähtökohtana on kimmoisen puoliavaruuden pinnalla oleva pistemäinen herätelähde. Laskenta on tehty siten, että pelkän geometrisen vaimennuksen vaikutuksesta aiheutuvan amplitudin arvo on etäisyydellä 10 m asetettu vastaamaan arvoa 1,0.

Taulukko 3. Maapohjatyypien ominaisuuksia.

Maapohjatyyppe	Suljettu leikkauslujuus (kPa)	Painokai-rausvastus (puolikierros-ta/1 m)	Leikkaus-aallon etenemisnopeus v_s , (m/s)	Kimmo-moduuli pienillä muodonmuutos-tasoilla (liukuma $\gamma < 10^{-4}$, MPa)	Sisäinen vaimennus pienillä muodonmuutos-tasoilla (liukuma $\gamma < 10^{-4} \dots 10^{-5}$) ja keski-määräisessä jännitys-tilassa $\sigma_m = 100$ kPa (absorptiokerroin α)	Poissonin luku
Pehmeä savi, vesipitoisuus 50...120 %	< 10	< 10	< 80	< 3	0,01...0,04	0,45...0,5
Pehmeä savi	10...25	10...30	80...120	3...5	0,02...0,04	0,45...0,5
Sitkeä savi	25...50	30...50	100...200	4...10	0,03...0,06	0,3
Kova savi	50...100	50...100	150...400	10...100	0,05...0,07	0,3
Löyhät väli-maalajit (siltit, silttiset hiekat)	30...70 (menetel-mä epäluo-tettava)	20...80	80...250	15...40	0,02...0,05	0,2...0,4
Tiiviit väli-maalajit (siltit, silttiset hiekat)	(menetel-mä epäluo-tettava)	35...	150...400	20...80	0,01...0,04	0,2...0,4
Löyhät hiekat		50...150	100...200	30...60		0,2...0,35
Tiiviit hiekat ja löyhät keskitiiviit sorat	ei määritet-tävissä	200...500	150...250	90...180	0,004...0,035	0,2...0,35
Tiiviit sorat ja moreenit	ei määritet-tävissä	> 200	200...500	400...1 000	0,003...0,06	0,2...0,3
Iskostuneet moreenit	ei määritet-tävissä	> 300	400...800	1 000...3 000	0,01...0,11	0,3...0,4
Kallio	–	–	> 700	5 000...20 000	0,01	0,45

Liite B: Yhteenvedo koekohteista mitatuista maaperän värähtelyistä

Tehdyt mittaukset

Tässä liitteessä esitetään kohdekohtaiset yhteenvedot VTT:n värähtelymittauksista Turussa, Vantaalla, Helsingissä, Jepualla (Uusikaarlepyy) ja Kolpissa (Uusikaarlepyy). Lisäksi tiedoissa on myös Toijalan kohde (<http://www.toijala.fi/Tekninen/Tarinamitt.pdf>), jonka mittaus vastaa pääpiirteiltään VTT:n suositusta (Talja 2004). Helsingin mittaukset koskevat autoliikennettä, muut mittaukset koskevat junaliikennettä.

Mittausjakson pituus oli kaikissa kohteissa vähintään viikko. Mittausjakson aikana mitatuista värähtelyistä määritettiin värähtelyn tunnusluku v_w (mm/s) VTT:n suosituksen (Talja 2004) mukaan. Lisäksi värähtelyn taajuussisällön kuvaamiseksi määritettiin keskimääräinen värähtelyn tehollisarvo 1/3-oktaavikaistoittain. Taajuussisältö perustuu tunnusluvun määrittämisessä käytettyihin 15 määräävään värähtelynäytteeseen.

1. Turun tulokset

Turun mittauskohde sijaitsi Helsinki–Turku-rantaradan varrella. Tutkittavalla alueella pehmeän savikerroksen paksuus on 15–25 m. Radalla liikennöi pääasiassa Pendolino-, InterCity-, pika- ja paikallisjunia, satunnaisesti myös tavarajunia. Mittausjakson aikana tavarajunien kokonaispaino oli alle 1 000 tn. Turkuun saapuvilla junilla on tutkittavalla kohdalla nopeusrajoitus 120 km/h ja lähtevillä junilla 100 km/h. Mittauslinjoja oli yksi, ja se ulottui 220 metrin etäisyydelle radasta.

Suurin värähtely esiintyy pystysuunnassa. Värähtelyn tunnuslukuja 0,6 mm/s ja 0,3 mm/s vastaavat etäisyydet ovat 70 m ja 130 m. Vaakavärähtely on suurimmillaan etäisyydellä 60 m, jolloin värähtelyn tunnusluku on 0,4 mm/s. Vaakavärähtely on suuruusluokaltaan sama sekä radan pituus- että poikittaissuunnassa.

Pystyvärähtelyn suuruus pienenee likimain puoleen, kun etäisyys kasvaa kaksinkertaiseksi. Vaakavärähtelyillä vastaavaa riippuvuutta ei ole nähtävissä.

Suurimmat värähtelyt aiheutuvat yhdistelmästä sepelinpuhdistusharjakone ja raiteen-tukemiskone sekä tavarajunista. Ilman niitä värähtelyn tunnusluku 0,3 mm/s esiintyy

etäisyydellä 50 m. Pelkästään Pendolinoilla, ilman IC- ja pikajunia, arvoa 0,3 mm/s ei ylitettäisi lainkaan.

Värähtelyn merkittävimmät taajuuskomponentit kaikissa suunnissa esiintyvät välillä 4 ja 12 Hz.

2. Vantaan tulokset

Vantaan mittauskohde sijaitsi pääradan varrella Hiekkaharjun alueella. Tutkittavalla alueella maaperä on hiekkaa ja hiekkakerroksen paksuus on 10–13 m. Pohjaveden pinta on 2–3 metrin syvyydellä. Radalla liikennöi Pendolino-, InterCity-, pika- ja paikallisjunia sekä tavarajunia. Paikallisliikenteen käyttämällä kahdella itäisimmällä raiteella on nopeusrajoitus 80 km/h. Keskimmaisella raiteella (junat pohjoiseen) on nopeusrajoitus 140 km/h. Mittauslinjoja oli yksi, ja se ulottui 58 metrin etäisyydelle suurimmat värähtelyt aiheuttavasta raiteesta. Mitatulla tontilla on myös omakotitalo, jonka värähtelyt mitattiin.

Pikajunista ja tavarajunista aiheutuva vaakavärähtely $v_{w,95} = 0,6$ mm/s esiintyy vielä 40–60 m:n etäisyydellä käytetystä raiteesta. Vaakavärähtely $v_{w,95} = 0,3$ mm/s ulottuu selvästi mitatun alueen ulkopuolelle. Pystyvärähtely $v_{w,95} = 0,3$ mm/s esiintyy etäisyydellä 40 m. Pystyvärähtelyä $v_{w,95} = 0,15$ mm/s vastaava etäisyys ei selviä mittauksista, mutta karkea arvio lienee noin 80 m.

Kaikissa suunnissa maaperän värähtelyn merkittävimmät taajuuskomponentit etäisyyksillä 23–33 m esiintyvät alueella 30–50 Hz. Kauempana väylästä merkittävimmät komponentit jakautuvat laajemmalle taajuusalueelle 10–50 Hz.

Etäisyydellä 33 m raiteesta suurimmat värähtelyt aiheutuvat pikajunista, vaikka mitausjakson aikana on kulkenut paljon myös tavarajunia. Suurimmat 15 tavarajunaa olivat kokonaispainoltaan 1 500–1 900 tonnia.

Etäisyydellä 60 m sijaitsevassa omakotitalossa värähtelyn tunnusluku on vintillä 0,60 mm/s (vaakasuunta) ja alakerrassa 0,18 mm/s (lattia, pystysuunta). Perustuksesta ja maanvaraisesta kelluvasta lattiasta mitatut pystyvärähtelyt ovat noin 60–70 % ja yläkerran vaakavärähtelyt noin 75–85 % maasta mitatuista vastaavista värähtelyistä. Maan pystyvärähtelyyn nähden rakennuksen vaakavärähtelyt ovat kuitenkin 1,8–2,2-kertaiset.

3. Jepuan tulokset

Jepuan mittauskohde sijaitsi Seinäjoki–Oulu-radan varrella. Tutkittavalla alueella rautatien kohdalla kova maaperä on 4–6 metrin syvyydellä. Sen päällä maaperä on silttiä, jonka välissä on 1,5–2,5 metrin pehmeä savikerros, joka alkaa syvyydeltä 1–1,5 m. Radalla liikennöi runsaasti sekä henkilö- että tavarajunaliikennettä. Ratatekninen nopeusrajoitus on henkilöjunilla 140 km/h (myös Pendolinot). Tavarajunilla ratatekninen nopeusrajoitus on 120 km/h, kun akselipaino on alle 16 tonnia, ja 100 km/h, kun akselipaino on 16–22,5 tonnia. Mitatut suurimmat nopeudet olivat henkilöjunilla 141 km/h ja tavarajunilla 91 km/h. Mittauslinjoja oli yksi, ja se ulottui 150 metrin etäisyydelle raihteesta. Mitatulla tontilla on myös omakotitalo, jonka värähtelyt mitattiin.

Pystyvärähtelyn tunnuslukuja 0,6 mm/s, 0,3 mm/s ja 0,15 mm/s vastaavat etäisyydet ovat tavarajunilla 40 m, 120 m ja 160 m. Henkilöjunilla vastaavat etäisyydet ovat 30 m, 80 m ja 120 m. Suurin mitattu tavarajuna on painoltaan 3 453 tonnia ja pituudeltaan 604 m.

Huomattava on, että kaikilta etäisyyksiltä mitatut maanpinnan vaakasuuntaiset värähtelyt ovat suuremmat kuin pystysuuntaiset värähtelyt. Vaakasuuntaisista värähtelyistä radansuuntainen värähtely on ainakin etäisyydelle 75 m asti suurempi kuin rataan nähden kohtisuora värähtely. Vaakavärähtelyn tunnuslukuja 0,6 mm/s ja 0,3 mm/s vastaavat etäisyydet ovat tavarajunilla 90 m ja vähintään 160 m. Henkilöjunilla vastaavat etäisyydet ovat 80 m ja 140 m.

Yleensä maaperän värähtelyn merkittävimmät taajuudet ovat alueella 25–60 Hz, mutta kauempana radasta esiintyy myös toinen merkittävä taajuusalue 6–12 Hz.

Etäisyydellä 240 m radasta sijaitsevasta hirsirunkoisesta 1890-luvun talosta mitatut värähtelyt ovat erittäin pieniä mittaustarkkuuteen ja tunnuslukuihin 0,3 mm/s ja 0,6 mm/s nähden. Suurin arvo 0,08 mm/s esiintyy yläkerrassa rakennuksen poikittaissuunnassa. Rakennuksen suurimmat värähtelyt esiintyvät taajuusalueella 6–10 Hz. Rakennuksen läheltä mitattu maaperän värähtelyn suurin tehollisarvo 0,02 mm/s esiintyy sekä vaakaa että pystysuunnassa. Myös maaperän värähtelyissä rakennuksen lähellä painottuu 6–10 Hz:n taajuusalue.

4. Kolpin tulokset

Kolpin mittauskohde sijaitsi Seinäjoki–Oulu-radan varrella. Tutkittavalla alueella rautatien kohdalla kova maaperä on 2–5 metrin syvyydellä. Sen päällä maaperä on silttiä, joka pehmenee syvyydellä 1,5–2,0 m. Radalla liikennöi runsaasti sekä henkilö- että ta-

varajunaliikennettä. Ratatekninen nopeusrajoitus on henkilöjunilla 140 km/h (myös Pendolinot). Tavarajunilla ratatekninen nopeusrajoitus on 120 km/h, kun akselipaino on alle 16 tonnia, ja 100 km/h, kun akselipaino on 16–22,5 tonnia. Mitatut suurimmat nopeudet olivat henkilöjunilla 141 km/h ja tavarajunilla 89 km/h. Mittauslinjoja oli yksi, ja se ulottui 150 metrin etäisyydelle raiteesta. Mitatulla tontilla on myös omakotitalo, jonka värähtelyt mitattiin.

Pystyvärähtelyn tunnuslukuja 0,6 mm/s, 0,3 mm/s ja 0,15 mm/s vastaavat etäisyydet ovat kaikilla junilla 20 m, 30 m ja 120 m. Pelkästään henkilöjunilla vastaavat etäisyydet ovat < 15 m, 25 m ja 75 m. Suurin mitattu tavarajuna on painoltaan 3 484 tonnia ja pituudeltaan 639 m.

Huomattava on, että kaikilta etäisyyksiltä mitatut maanpinnan vaakasuuntaiset värähtelyt ovat suuremmat kuin pystysuuntaiset värähtelyt. Vaakasuuntaisista värähtelyistä radansuuntainen värähtely on yleensä suurempi kuin rataa nähden kohtisuora värähtely. Vaakavärähtelyn tunnuslukuja 0,6 mm/s ja 0,3 mm/s vastaavat etäisyydet ovat tavarajunilla 90 m ja 140 m. Henkilöjunilla vastaavat etäisyydet ovat 60 m ja 70 m.

Tavarajunilla merkittävimmät taajuudet ovat kaikilla etäisyyksillä pääasiassa 6–10 Hz:n taajuusalueella. Henkilöjunilla esiintyy kaksi merkittävää taajuusaluetta, 50–80 Hz ja 10–16 Hz.

Etäisyydellä 50 m radasta sijaitsevan 1950-luvun talosta mitattu suurin värähtelyn tunnusluku 0,55 mm/s esiintyy rakennuksen toisessa kerroksessa vaakasuunnassa. Rungon vaakavärähtelyn tunnusluku on 2,1-kertainen perustuksesta mitattuun vastaavaan tunnuslukuun nähden. Maasta 20 m:n etäisyydellä talosta mitatut vaakavärähtelyt ovat 0,17 ja 1,01 mm/s. Ensimmäisen kerroksen lattian värähtelyn tunnusluku on 0,18 mm/s, joka on samaa suuruusluokkaa maasta 20 m:n etäisyydellä talosta mitatun värähtelyn kanssa. Rakennuksen värähtelyt kaikissa mittauspisteissä ja kaikissa suunnissa esiintyvät taajuusalueella 6–10 Hz.

5. Helsingin tulokset

Helsingin mittauskohde sijaitsi Suutarilassa. Tutkittavalla alueella maaperä on pehmeää savea ja savikerroksen paksuus on 2–5 m. Alueella kulkee vilkasta bussi- ja kuorma-autoliikennettä. Alueella on nopeusrajoitus 60 km/h. Ajouradan kunto oli hyvä. Mittauslinjoja oli kaksi, ja ne ulottuivat 48 metrin etäisyydelle ajoradan reunasta.

Vaikka maaperätietojen perusteella molemmilta mittauslinjoilta oletettiin saatavan samat tulokset, tulokset erosivat merkittävästi toisistaan. Toisella linjalla määräävä on

pystyväärhtely ja värähtelyn tunnuslukuja 0,6 mm/s ja 0,3 mm/s vastaavat etäisyydet ovat 35 ja 50 m. Merkittävin värähtelyn taajuusalue kaikissa suunnissa on 8–13 Hz.

Toisella linjalla vaakavärähtely on määräävä, mutta värähtely on vähäisempää. Arvoa 0,6 mm/s suurempaa vaakavärähtelyn tunnuslukua ei mitattu, ja vaakavärähtelyn 0,3 mm/s voidaan arvioida esiintyvän vielä etäisyydellä 30 m. Pystyväärhtelyn tunnuslukuja 0,3 mm/s ja 0,15 mm/s vastaavat etäisyydet ovat 10 ja 20 m. Merkittävin värähtelyn taajuusalue on 10–25 Hz.

Koska savikerroksen paksuus on suhteellisen pieni, tien perustamistavalla, rummuilla ja maaperän ominaisuuksien vaihtelulla on suuri merkitys. Suuremmat värähtelyt esiintyvät linjalla, jolla arvioitu savikerroksen paksuus on 3–4 m, ja pienemmät värähtelyt linjalla, jolla arvioitu savikerroksen paksuus on vain 2 m.

Erot bussien, kuorma-autojen ja rekkojen aiheuttamissa värähtelyissä eivät olleet merkittäviä.

7. Toijalan mittaustulokset

Myös Toijalassa on tehty maaperämittauksia VTT Tiedotteen 2278 (Talja 2004) mukaisesti. Mittaukset on tehty savimaa-alueelta, ja suurimman tärinän ovat aiheuttaneet tavarajunat, joiden paino on 1 000–3 500 tonnia. Savikerroksen paksuutta ei mittausraportissa ole ilmoitettu. Mittaukset on tehty kahdelta eri mittaustilalta etäisyyksiltä 20–160 m.

Mittaustulosten perusteella kummassakin mittaustilassa radan läheisyydessä kaikkien värähtelysuuntien värähtelytasot ovat lähes samansuuruiset. Kauempana radasta (yli 80 m) pystysuuntainen värähtely on kuitenkin aina poikittaista värähtelyä voimakkaampaa. Eri linjoilta mitatut, pystysuuntaisen värähtelyn tunnuslukuja 0,6 mm/s ja 0,3 mm/s vastaavat etäisyydet ovat 110–120 m ja 140–160 m. Värähtely pienenee suurusluokaltaan puoleen, kun etäisyys kasvaa kaksinkertaiseksi.

Kaikissa mittauspisteissä dominoivat taajuudet olivat 5–11 Hz.

Lähdeluettelo

Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamista ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo: VTT. 50 s. + liitt. 15 s. Saatavana: <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2278.pdf>.

Liite C: Junaliikenne – Tärinään vaikuttavat tekijät ja laskennallinen arviointi

Tärinän syntymiseen ja leviämiseen vaikuttavat tekijät

Junakalusto

Junaliikenne on kokonaisuutena tärinän kannalta varsin hankalasti arvioitavissa oleva kokonaisuus. Kuorman välittyminen kiskoihin ja edelleen pölkytyksen kautta radan päällysrakenteeseen, penkereeseen ja pohjamaahan sisältää monia vaikeasti arvioitavia, mutta olennaisesti syntyvän tärinän suuruuteen ja taajuuteen vaikuttavia tekijöitä. Junaliikennetärinän syntyminen ja leviämisen käynnistyminen ei yksinkertaisilla tavoilla ja yleispiirteisillä tiedoilla ole 50...100 %:n virhetasoa paremmin arvioitavissa.

Junakalusto erityisesti tavaraliikenteen kuljetuksessa vaihtelee suuresti kuljetettavasta tavarasta riippuen. Tavaravaunutyyppejä on kymmeniä erilaisia niin kotimaisessa kuin transitoliikenteessäkin. Jokaisella on omat telivälinsä, jousituksensa ja vaunurungon omat dynaamiset ominaisuutensa. Juna muodostetaan kuljetustarpeen mukaan, jolloin siinä oleva kalusto, kuormituksen täyttöaste ja kaluston kunto vaihtelevat laajasti. Jokainen juna on siten lopulta myös tärinäherätteenä oma ainutkertainen kokonaisuutensa.

Junilla radan itsensä tärinän voimakkuuteen vaikuttavat kiskoon kohdistuvat dynaamiset pysty- ja vaakasuuntaiset voimat. Myös nämä voimat vaihtelevat riippuen junan nopeudesta, staattisista akselipainoista, akselien jousituksista, pyörän ja kiskon kunnosta sekä kiskon suoruudesta. Pyörissä tai kiskoissa esiintyvä erityisen voimakas kuluneisuus, lovipyörät ja vaihteet voivat merkittävästi kasvattaa radan tärinän tasoa hyväkuntoiseen rataan ja kalustoon verrattuna.

Olennaisimmat kalustosta ja liikennöinnistä riippuvat – yksinkertaistetut – tärinän tekijät ovat kuormituksen suuruus, junanopeus ja telivälit. Kuormituksen suuruus – akseli- ja telipainot – vaikuttaa paikalliseen radan taipumaan ja siten lähes suoraan tärinän suuruuteen. Yksinkertaistetuissa laskentamalleissa on käytetty selittävänä tekijänä junan kokonaisuutensa, jonka on havaittu vaikuttavan ympäristötärinän suuruuteen. Kokonaisuutensa on erityinen merkityksensä laaja-alaisilla, paksuilla pehmeiköillä, joissa tärinä syntyy pitkän junan eri osien yhteisvaikutuksesta junan eri vaunujen aikaansaaman tärinän yhdistyessä etäisyydessä. Olosuhteissa, joissa maasto-olosuhteet vaihtelevat pienpiirteisesti, junan kokonaisuutensa paremmin tärinää kuvaava tekijä lienee kuitenkin kuormitusintensiteetin maksimi. Esimerkiksi raskasta junaa vetävät kolme perättäistä veturia voivat yksinään aikaansaada suuremman ympäristötärinän kuin junan vaunut.

Junan nopeus ei myöskään ole yksiselitteinen tärinän selittäjä, vaikka yleensä tärinä kasvaa suoraan junan nopeuden kasvaessa. Junan nopeus, teliväli ja ratarakenne- maapohja-kokonaisuus säätelevät tärinän suuruutta ja taajuussisältöä, jolloin paikkakoh- taisia poikkeamia perussääntöön esiintyy.

Ratarakenne ja radan kunto

Radan päällysrakenteen ja -penkereen yhteistoiminta junakaluston kanssa ratkaisee, kuinka tärinä välittyy maapohjaan taikka radan perustuksiin. Mitä pienempi on junan telin aikaansaama jännitys maapohjassa, sitä pienempi on maapohjan muodonmuutos. Mitä pienempi on maapohjan dynaaminen muodonmuutos, sitä pienempi on myös tärinäheräte.

Pölkytyksen merkitys tärinän syntymiseen ei ole yksiselitteinen. Pääsäännöksi voidaan olettaa, että jäykkä betonipölkky jakaa kuormaa tehokkaammin kuin puupölkky ja sitä kautta pienentää tärinäherätettä. Betonipölkky toisaalta siirtää suuremman jäykkyytensä johdosta tehokkaammin korkeita taajuuksia kuin joustavampi puupölkky. Koska radan vieressä oleva maapohja säätelee ympäristöön leviävän tärinän taajuutta, voidaan arvioida, että pölkytyypin merkitystä ei voida arvioida ottamatta huomioon myös maapoh- jasuhhteita. Koska pääsääntöisesti korkeat taajuudet vaimenevat maapohjassa matalia taajuuksia nopeammin, betonipölkyn korkeampi ominaistaajuus edesauttaa tärinän vai- mentumista.

Radan lähialueella, noin 30 metrin etäisyydelle radasta, ratapölkkyväli 61 cm näkyy korkeiden taajuuksien herätteessä. Junan nopeus jaettuna ratapölkkyvälillä on taajuus- dessa yksi nouseva kohta. Kauempana radasta junanopeuden ja telivälin suhteen mää- räämä herätetaajuus sekä maapohjan ominaistaajuudet ja sen monikerrat pyrkivät pölk- kyvälin säätelemää taajuutta dominoivammaksi ja alkavat näkyä myös ympäristöön leviävän tärinän taajuussisällössä.

Kiskon selän tasaisuus säätelee, samoin kuin teilläkin, syntyvän dynaamisen kuorman suuruutta. Tämä on voitu osoittaa myös tilastollisesti käsitellyin mittauksin. Koska ra- dan kunnossapidotaso vaikuttaa olennaisesti radan pituussuuntaiseen tasaisuuteen, myös kunnossapidolla ja sen tiheydellä on oma vaikutuksensa tärinään. Toisaalta rata-alueen pohjasuhhteiden tärinän syntymistä edesauttaviin ominaisuuksiin ei pystytä vaikuttamaan kunnossapidollakaan. Viimeaikaisten havaintojen ja teoreettisten tarkastelujen perus- teella pölkytyksen joustot suhteessa ratarakenteen tukikerrokseen ovat merkittävä tärinää synnyttävä erillistekijä.

Tukikerroksesta irti oleva pölkky iskeytyy junan ylittäessä alustaansa ja aikaansaa herätelupulssin. Ratarakenne ei ole – varsinkaan vanhimmilla rataosilla – perustettu routimat-
tomasti, jolloin ratarakenne elää talvella ja kiskon selän siirtymät oikaistaan ensimmäi-
sen kerran keväällä kunnossapitotoimenpitein. Koska kisko-pölkky-tukikerros-
kokonaisuus kuitenkin elää jatkuvasti myös lämpimänä vuodenaikana, kunnossapidon
tiheydellä vaikutetaan pölkkyjen kiinnittymisen jäykkyyseroihin ja siten viime kädessä
myös tärinäherätteeseen.

Radoilla pelkkä pystysuuntainen jäykistäminen ei aina ole riittävää toimenpide tärinän
pienentämiseen, vaan rataa tulisi pehmeiköillä jäykistää myös vaakasuuntaisesti. Var-
teenotettavia vaikutuksia saavutetaan siten vasta paaluttamalla tai maapohjaa vahvista-
malla. Menettelyt ovat varsin kalliita toimenpiteitä. Toisaalta rakenteen jäykistäminen
saattaa olla kustannustehokas tapa silloin, kun väylän läheisyydessä on paljon tärinistä
kärsiviä rakennuksia ja ihmisiä.

Pohjamaan merkitys

Tärinän vaikutusalue eri maalajeilla

Värähtelyn suuruuteen eri etäisyyksillä radasta vaikuttaa erityisesti maaperän pehmeim-
pien kerrosten dynaaminen kimmokerroin, joka on vuorosuhteessa maaperän lujuuteen.
Rakenteellisen lujuuden perusteella maalajeja kutsutaan hyvin pehmeiksi, pehmeiksi,
sitkeiksi, koviksi tai hyvin koviksi. Maakerrosten rakenteellista lujuutta hienorakentei-
sillä maapohjilla kuvataan yleensä maakerroksen leikkauslujuuden avulla.

Kauimmaksi liikennetärinän vaikutusalue ulottuu hienorakeisissa hyvin pehmeissä tai
pehmeissä kivennäismaalajeissa (savi, siltti) sekä pehmeissä eloperäisissä maalajeissa
(turve, lieju), joilla suljettu leikkauslujuus on alle 25 kN/m². Kovissa kivennäismaala-
jeissa vaikutusalue on pienempi. Pienin liikennetärinän vaikutusalue on kovissa kar-
kearakenteisissa kivennäismaalajeissa (sora, hiekka) ja moreenimaalajeissa (silttimoreeni,
hiekkamoreeni, soramoreeni) sekä kalliossa.

Merkittävin ympäristöön leviävän tärinän suuruuteen vaikuttavista tekijöistä on maa-
pohjan laatu – niin väylärakenteen alla, sen vierellä kuin rakennusalueellakin. Turpeis-
sa, pehmeissä savissa ja osin myös löyhissä silteissä tärinä leviää pitkälle. Tämä johtuu
siitä, että veden kyllästämissä pehmeissä maissa maan sisäinen tärinän vaimennus on
karkearakeisia maita pienempi, leviävä värähtely muodostuu heikosti vaimentuvista,
matalista taajuuksista ja itse herätepoikkeama radan tai tien pohjassa on alun perinkin

suuri. Pehmeiköillä maapohja voi lisäksi joutua pitkällä junilla resonanssinomaiseen interferenssiin.

Karkearakeisilla maapohjilla – hiekoista moreeneihin – tärinän leviäminen on edellä mainittuja hienorakeisia ja eloperäisiä maapohjia merkittävästi pienempää. Kalliopohjilla tärinän suuruus on merkityksetöntä lähes aina jo välittömästi väylän vierellä. Ongelmaksi voi kallioalueilla muodostua kuitenkin kalliota pitkin leviävä runkoääni, joka usein mielletään myös tärinäksi.

Maapohjan laadulla, sekä radan alla että raiteen vierellä, on suuri merkitys paitsi värähtelyn leviämisen vaimentumiseen, myös ympäristöön välittyvän värähtelyn taajuuteen. Pehmeissä ja paksuissa maakerroksissa välittyvät hyvin matalat taajuudet 2...8 Hz. Jäykistä ja ohuista maakerroksista muodostuneilla alueilla dominoiva taajuus on yleensä korkeahko 8...40 Hz. Korkeat taajuudet, yli 50...60 Hz, suodattuvat yleensä pois maan sisäisen vaimennuksen johdosta jo suhteellisen lähellä rataa.

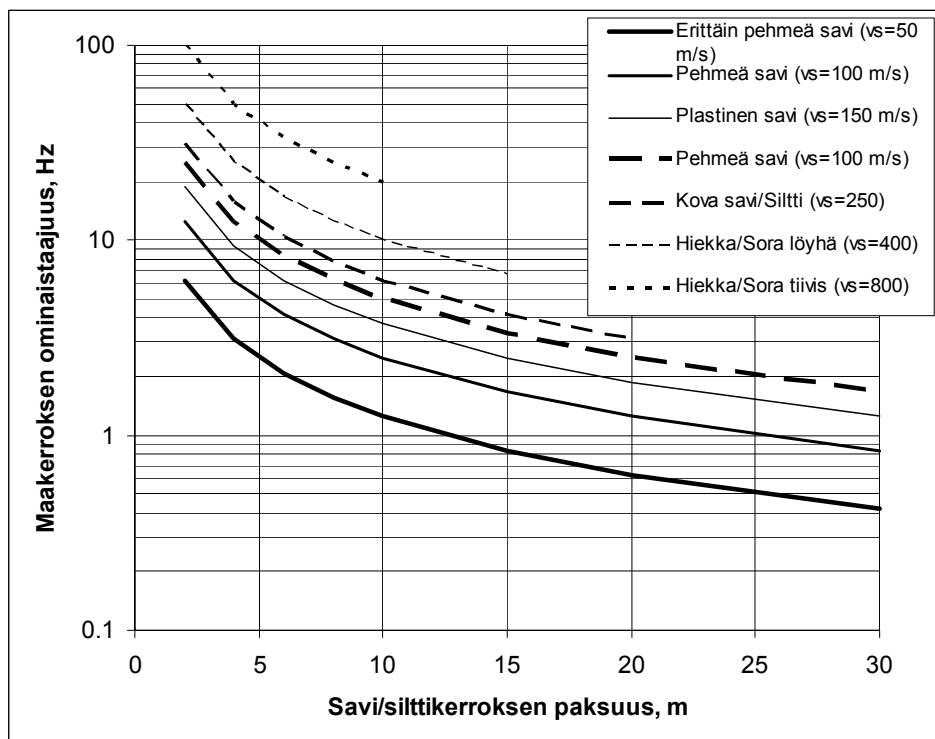
Tärinän vaimeneminen maapohjassa

Tärinän vaimeneminen riippuu pääasiassa maaperän tyypistä, mutta myös herätelähteestä ja tarkasteltavasta etäisyydestä. Vaimentuminen riippuu geometrisesta vaimennuksesta ja hystereettisestä vaimennuksesta. Vaimennuksen merkitystä tarkastellaan tämän julkaisun liitteessä A.

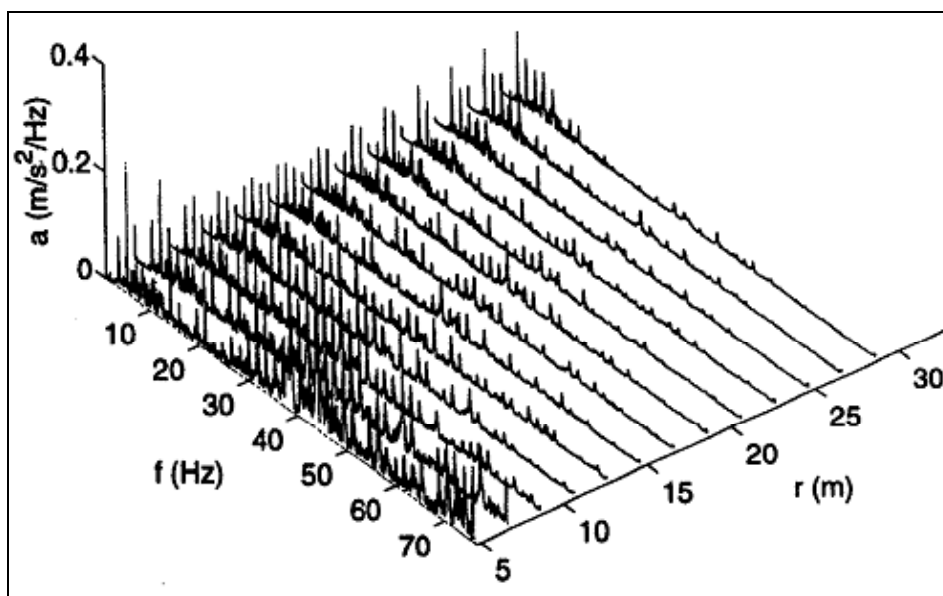
Tärinän taajuus maapohjassa

Leviävän tärinän likimääräinen, maapohjasta riippuva dominoiva taajuus voidaan arvioida kuvasta 1. Mikäli maapohjassa on useita tasapaksuja kerroksia, esim. 5 m pehmeä savi (f_0 , dominoiva taajuus 2,5 Hz) ja 10 m hiekkakerros (dominoiva taajuus 10 Hz), nämä molemmat taajuudet voivat esiintyä. Kuvaan 1 on laskettu tyypillisiä maapohjien ominaistaajuuksia.

Maan pinnalta mitattavassa tärinässä osa taajuuksista johtuu junan ja ratapenkereen ominaisuuksista ja osa maapohjan ominaisuuksista. Lähellä rataa junan ja penkereen ominaisuudet ovat pääsääntöisesti merkittävimmin taajuussisältöön vaikuttavia, mutta etäämmällä radasta nousevat maapohjan ominaisuuksien vaikutukset merkittävimpiin asemaan (kuva 2). Paksuilla ja pehmeillä maapohjilla matalat taajuudet voivat olla dominoivia jo välittömästi radan vierellä, jos juna on aikaansaanut koko pehmeikköalueen laaja-alaisen värähtelyn maapohjan ominaistaajuuksilla.



Kuva 1. Maapohjan alimman, vallitsevan taajuuden arviointi kerrospaksuuden ja maalajin avulla. v_s on leikkausaallon etenemisnopeus.



Kuva 2. Esimerkki etäisyyden (r) vaikutuksesta eritaajuuksisten (f) värähtelykomponenttien suuruuteen. Mittaustulokset tavarajunasta, kun kyseessä on pehmeä, noin 40 m syvä savikerros (Jonsson 2000).

Laskentamalli tärinän suuruuden arvioimiseksi

Laskentamalli perustuu Norjassa kehitettyyn puoliempiiriseen ennustemalliin (Madshus et al. 1996). Alkuperäinen malli pohjautuu sekä tunnettuihin fysikaalisiin lainalaisuuksiin että Norjassa ja Ruotsissa tehtyihin tärinämittauksiin. Mallia on edelleen korjattu Suomessa saatujen kokemusten perusteella huomioimalla junan kokonaisuudessa yhdeksi muuttujaksi. Mallin puutteena on mm. se, ettei pohjamaan pehmeiden kerrosten paksumutta eikä alueellista ulottuvuutta ole huomioitu mallissa. Malli ei siten huomioi myöskään pohjasuhteiden muuttumista rata-alueelta rakennusalueelle. Tässä esitetyssä muodossa malli soveltuu suhteellisen raskaille junille.

Perusyhtälö

Pystysuora heilahdusnopeuden maksimin odotusarvo lasketaan maanvaraisesti perustetulle radalle perusyhtälöstä

$$v_{z,\max} = v_{z,15} \cdot k_D \cdot k_S \cdot k_G \cdot k_R \cdot k_B, \quad (1)$$

missä

$v_{z,\max}$	on laskennallinen tärinän pystyheilahdusnopeus maan pinnalla halutussa tarkastelupisteessä
$v_{z,15}$	pystysuora vertailuheilahdusnopeus maassa etäisyydellä $D = 15$ m raiteen keskilinjasta
k_D	etäisyyskerroin
k_S	junan nopeudesta riippuva kerroin
k_G	junan painosta riippuva kerroin
k_R	radan kunnosta riippuva kerroin.

Vertailuheilahdusnopeus $v_{z,15}$ määritetään maapohjatyypeittäin taulukosta 1.

Mikäli rataosalla ei ole raskasta tavaraliikennettä, voidaan käyttää henkilöjunien arvoja. Nopeudella yli 160 km/h kulkeville junille arvot tulee tarkistaa tapauskohtaisesti mittauksilla, koska niistä on toistaiseksi varsin vähän mittauksia Suomessa. Pehmeillä maapohjilla on viime vuosina havaittu junien suuriin nopeuksiin liittyvä tärinän kasvu, kun junan nopeus lähestyy maanpinnan pinta-aallon etenemisnopeuden arvoa.

Taulukko 1. Tärinän laskentamallin pystysuora vertailuheilahdusnopeus etäisyydellä $D_0 = 15$ m raiteen keskeltä. Arvot suluihin on tarkoitettu henkilöjunille.

Määrävä tärinää johtava maalaji ^{*)}	Vertailuheilahdusnopeus $v_{z,15}$ (mm/s)	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	1,1 (0,7)	1,7 (1,2)
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,7 (0,5)	1,2 (0,9)
Välimaalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,4 (0,3)	0,9 (0,6)
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	0,3 (0,2)	0,6 (0,4)

^{*)} Maalajiselitykset: ljSa – liejuinen savi, liSa – lihava savi, Lj – lieju, Sa – savi, saSi – savinen siltti, Si – siltti (vastaava geologinen nimike hiesu), karkeaSi – karkea siltti (vastaava geologinen nimike hieta), hkSi – silttinen hiekka (hieta), hienoHk – hieno hiekka, Hk – hiekka, Sr – sora, HkMr – hiekkainen moreeni, SrMr – sorainen moreeni.

Maapohjatyyppi raiteen ja rakennuksen välille arvioidaan likimäärin karttatiedon perusteella. Topografiakarttoja ja suurimittakaavaisia yleismaaperäkarttoja luotettavampaa on Geologisen tutkimuskeskuksen luoma maaperäkarttatieto niillä alueilla, joilla se on käytettävissä mittakaavassa 1:20 000 (<http://www.gsf.fi/palvelut/info/kartat/mp1-20000.htm>). Maaperäkarttatietoa tulee pyrkiä täydentämään paikallisin pohjasuhdetiedoin, koska maaperäkarttakuvaukset on aina yleispiirteinen ja maaperätieto kuvaa siinä pelkästään maan pinnan ominaisuuksia.

Etäisyyskerroin k_D

Tarkastelupisteen etäisyys radasta otetaan huomioon etäisyyskertoimen avulla. Etäisyyskerroin lasketaan kaavalla

$$k_D = \left(\frac{D_0}{D} \right)^B, \quad (2)$$

missä

D_0 on vertailuetäisyys 15 m

D on tarkastelupisteen etäisyys raiteen keskeltä

B on etäisyysseksponentti.

Etäisyyskseenponentti kuvaa sitä, kuinka nopeasti tärinä vaimenee etäisyyden suhteen. Mitä suurempi on eksponentti, sitä nopeammin tärinä vaimenee. Etäisyyskseenponentti voidaan kohdekohtaisesti määrittää tekemällä tärinämittauksia eri etäisyyksillä. Ellei mittauksia ole olemassa, voidaan yleispiirteiseen arviointiin käyttää taulukon 2 ohjearvoja.

Taulukko 2. Tärinän laskentamallin etäisyyskseenponentti B.

Maalaji	Etäisyyskseenponentti B	
	Alaraja	Yläaraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	0,3	0,6
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,5	1,0
Välimaalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,9	1,5
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	1,4	2,0
Kallio	2	2

Nopeuskerroin k_S

Junan nopeus otetaan huomioon kertoimella k_S , joka lasketaan kaavalla

$$k_S = \left(\frac{S}{S_0} \right)^A, \quad (3)$$

missä

S_0 on vertailunopeus $S_0 = 70$ km/h

S on tarkasteltavan junan nopeus

A on nopeusekseenponentti, ohjearvo $A = 0,9 \dots 1,1$.

Nopeusekseenponentin arvolla $A = 1,0$ on junanopeuden ja heilahdusnopeuden yhteys lineaarinen. Matalilla nopeuksilla heilahdusnopeuden on havaittu olevan useimmiten junan nopeudesta riippumaton. Nopeuskerrointa käytetään vain nopeuksilla $S \geq 70$ km/h. Alemmilla nopeuksilla ei nopeuskerrointa suositella käytettäväksi, jolloin asetetaan $k_S = 1$.

Junan painokerroin k_G

Junan paino otetaan huomioon kertoimella k_G , joka lasketaan kaavalla

$$k_G = \frac{G}{G_0}, \quad (4)$$

missä

G_0 on vertailupaino $G_0 = 2\,000$ tn

G on tarkasteltavan junan kokonaispaino.

Radan kunnosta riippuva kerroin k_R

Radan kunto vaikuttaa ympäristöön leviävän tärinän suuruuteen. Tärinän syntyyn vaikuttaa mm. kiskojen tasaisuus. Maapohjaan syntyvän muodonmuutoksen suuruuteen vaikuttavat penkereen massa ja jäykkyys.

Mikäli kohdekohtaisia tärinämittauksia ei ole tehty, voidaan radan kunnosta johtuva kerroin arvioida seuraavien tyyppillisten arvojen väliltä:

- vanha yksiraiteinen rata, $k_R = 1,3$
- uusi moniraiteinen rata, $k_R = 0,7$.

Edellä mainitut arvot eivät välttämättä ole ääriarvoja. Huonokuntoisella vanhalla radalla kerroin voi olla vielä suurempi kuin edellä esitetty. Uuden radan kerroin voi olla vastavasti pienempikin kuin edellä esitetty.

Suuri penkereen korkeus pienentää syntyvää tärinää pienentämällä maapohjaan syntyvää dynaamista muodonmuutosta. Vaikutuksista ei ole kuitenkaan siinä määrin luotettavaa tietoa, että niitä voidaan varmuudella käyttää arvioinnissa hyväksi. Sen sijaan radan alle tehdyt pohjarakenteet ja pohjavahvistustoimenpiteet, kuten stabilointi ja radan perustaminen paaluille, pienentävät pystysuuntaista tärinää. Niidenkin vaikutuksista on vasta vähän tutkittua tietoa. Paaluille perustaminen pienentää pystysuuntaisen tärinän suuruutta merkittävästi, suuruusluokkaa 60...90 %.

Mikäli käytössä ei ole mittaustuloksia vastaavista pohjasuhteista ja liikenteestä, tulee maankäytön suunnittelussa huomioida perusyhtälön (1) käyttöön sisältyvä epävarmuus käyttämällä varmuuskerrointa F , jolloin

$$v_{z,\max,mitoitus} = v_{z,\max} \cdot F. \quad (5)$$

Epävarmuus riippuu mm. vaikuttavien tekijöiden määrittystarkkuudesta ja myös siitä, että radan ja rakennusalueen välillä olevan maapohjan vaihtelun merkitystä ei kyetä hyvilläkään lähtötiedoilla täysin hallitsemaan. Myös pitkien junien aikaansaamaa interferenssiriskiä ei ole peruskaavassa huomioitu. Varmuusluvun F minimiarvo on 1,5 ja suositusarvo 2. Mikäli perusyhtälön kalibrointi on tehty tarkasteltaviin pohjasuhteisiin tärinänmittauksilla, varmuuskerroin voidaan jättää huomioimatta ($F = 1$).

Asuintilojen tärinän arviointi

Maapohjasta rakennukseen välittyvä tärinä arvioidaan rakennustyyppikohtaisesti kokemusperäisellä suurennussuhteella, jota kuvataan tämän julkaisun kohdissa 3.2 ja 4.5.

Taajuuspainotetun tehollisarvon v_w likiarvo voidaan arvioida maan pinnan pystysuuntaisesta heilahdusnopeudesta $v_{z,max}$ kertomalla se luvulla 0,4...0,6. Kerroin riippuu värähtelyn dominoivasta taajuudesta. Kertoimen suuruuden määräytyminen esitetään tämän julkaisun kohdassa 2.2.

Lähdeluettelo

Jonsson, J. O. 2000. On ground and structural vibrations related to railway traffic. Thesis for the degree of doctor of philosophy (publication S 00:6). Göteborg: Chalmers University of Technology. 172 s.

Madshus, C., Bessason, B. & Hårvik, L. 1996. Prediction model for low frequency vibration from high speed railways on soft ground. Journal of sound and Vibration 193(1), s. 195–203.

Liite D: Tie- ja katuliikenne – Tärinän syntyminen ja laskennallinen arviointi

Tärinän syntymiseen vaikuttavat tekijät

Tärinän syntyymiseen vaikuttaa ajoneuvon pyörä-, akseli- taikka telikuorma lähes suoraan verrannollisesti sen suuruuteen. Siksi raskaan, kertaluokkaa 10 tonnin akselikuormaisen kuorma-auton aikaansaama tärinä on merkittävästi suurempaa kuin 400...800 kg akselikuormaisen henkilöauton. Ajoneuvon nopeus ja kadun epätasaisuus lisäävät tärinää lähinnä sen johdosta, että nopeamman ajoneuvon ylittäessä esimerkiksi tiessä olevan kuopan taikka kaivon kannen pyörän sysäysvoima kasvaa. Voima tien pintaan voi olla lähes kaksinkertainen staattiseen pyöräkuormaan verrattuna. Voiman kasvu riippuu ajoneuvon jousituksesta ja vaimennuksesta mukaan lukien renkaiden paineistus ja rengastus ylipäättänsä. Tasaisella tiellä taikka kadulla ajoneuvon nopeudella itsessään on pienempi vaikutus syntyvään tärinään.

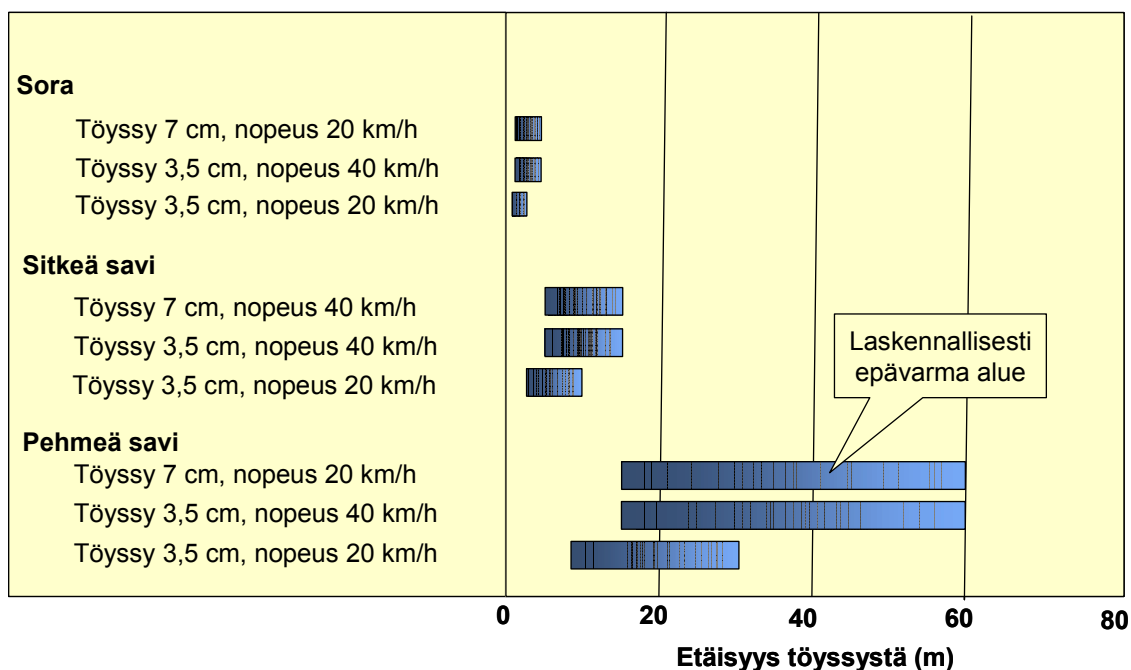
Raskaan ajoneuvon pyörä painaa tavanomaiseen tiehen tai katuun pienen, kertaluokkaa enintään muutaman millimetrin palautuvan, kimmoisen painuman. Painuma kasvaa kuitenkin ohuilla tie- ja katurakenteilla pehmeällä maapohjalla mahdollisesti useisiin millimetreihin. Mikäli tiepohjan jäykkyydet tielinjalla äkillisesti muuttuvat, esimerkiksi tiessä olevien rakenteiden, kuten putkijohtokaivantojen taikka rumpujen vaikutuksesta, pyörän painuma ja myös voima tien pintaan muuttuvat myös alun perin tasaisilla teillä. Pohjasuhteiden muutosvyöhykkeissä, esimerkiksi siltojen tausta-alueilla ja putkijohtojen kohdilla, toistuva liikenne yleensä asteittain aikaansaa myös pysyviä tasaisuuden muutoksia, mikä edelleen kasvattaa epätasaisuuskohtaan kohdistuvia kuormia ja sitä kautta syntyvää tärinää.

Raskaiden ajoneuvojen jousituksen ja iskunvaimennuksen aikaansaama ajoneuvon pyörän värähtelyn ominaistaajuus on kertaluokkaa 10...14 Hz. Ajoneuvon pyörän kohdatessa tien pinnassa olevan epätasaisen kohdan ajoneuvosta maahan syntyvä voimavaikutus oskilloi muutaman kerran ennen vaimentumistaan tuolla ominaisella taajuudellaan. Kuorman vahvistumisen toistuessa aina samalla paikalla tien pintaan saattaa lopulta syntyä pysyviä muodonmuutoksia, jotka toistuvat keskimääräisen ominaistaajuuden ja ajoneuvojen keskimääräisen ajonopeuden säätämällä taajuudella tien pinnassa. Esimerkiksi ajettaessa keskimäärin nopeutta 50 km/h, heitot syntyvät tien pintaan keskimäärin 1...1,5 m välein. Sorateillä likimain vastaavaa ilmiötä kutsutaan ”nimismiehen kiharoiksi”.

Pysyvät muodonmuutokset syntyvät sitä nopeammin ja sitä suurempina, mitä pehmeämpi on kadun alapuolella oleva maapohja ja mitä ohuemmat ovat tien päällysrakenteet. Ympäristöön leviävän tärinän herätetaajuudessa ovat tällöin voimakkaampina taa-

juudet 10...15 Hz ja sen monikerrat. Mikäli myös maapohjan ominaistuuus on samalla taajuusalueella, pyrkii tärinä vahvistumaan entisestään tuolle taajuudelle.

Katuliikenteessä erityinen tärinärisiä aikaansaava kohta ovat hidastetöyssyt. Mikäli katu hidastetöyssyjen sijoittamisalueella on perustettu pehmeiden maakerrosten varaan, tärinä syntyy merkittävämpänä ja leviää pitkälle. Tärinän taajuus on myös sitä alhaisempi, mitä paksumpi ja pehmeämpi maapohja on töyssyn alueella. Karkearakeisilla maapohjilla, tiiviillä hiekoilla, sorilla ja moreenimaapohjilla töyssyn aikaansaama tärinä on pientä, korkeataajuista ja siten pienentyy myös ympäristössä nopeasti merkityksettömäksi. Tärinän suuruuteen vaikuttaa lisäksi töyssyn korkeus ja muotoilu, ajoneuvot ao. kadulla sekä ajonopeus, jolla töyssy kohdataan. Kuvassa 1 on arvioituja haitallisen tärinän leviämistäisyyksiä vanhoilla asuinalueilla.



Kuva 1. Värähtelyluokkaa D vastaava etäisyys töyssystä: laskennallinen, suuntaa antava arvo (Talja 2004).

Kuvasta 1 nähdään, että kun töyssyn korkeus on 7 cm ja sen yli ajetaan nopeudella 20 km/h, vasta yli 60 m:n etäisyydellä voidaan olla suhteellisen varmoja, että luokan D raja ei ylity. Toisaalta voidaan olla melko varmoja, että alle 15 m:n etäisyydellä raja ylittyy. Töyssyn tai ajonopeuden alentaminen puoleen vähentää myös värähtelyt puoleen. Toisaalta töyssyn madaltaminen lisää ajonopeuksia.

Jos pyritään värähtelyluokkaan C, joka on suositus uusille asuinalueille, kuvassa esitetyt laskennalliset arvot tulee kertoa arvolla 2,5. Tällöin pehmeillä savimailla alue, jolla luokan tunnusluku voi ylittyä, voi ulottua pahimmassa tapauksessa jopa noin 200 metriin.

Kaduilla erityisongelmaksi voivat muodostua myös erilaiset kiviverhoilut, erityisesti noppa- ja nupukivet. Sinällään yksittäisen kiven mitat suhteessa pyörän kokoon ja ajoneuvon jousitusjärjestelmän ominaisuuksiin on pieni, jolloin ajoneuvon ja kiveyksen välistä oskillointiriskiä ei pinnaltaan perustasaisella kadulla ole. Ajoneuvon pyörän ja kiveyksen kohtaamistajuuden korkeudesta johtuen syntyvä värinä on korkeataajuisista ja vaimenee nopeasti.

Puutteellisesti perustetulla kiveyksellä, pehmeällä maapohjalla perustetuilla kaduilla taikka epätasaisesti routivilla kaduilla kiveys aikaansaa kuitenkin riskin paikallisten epätasaisuuksien syntymiseen esimerkiksi kiveyksen painumisen taikka kivien irtoamisen ja rikkoutumisen johdosta. Sidottu sitkeämpi asfalttipäällyste säilyttää yleensä syntyvät epätasaisuuden muutokset jouhevampina kuin kiveys. Myös riittävän paksu sidekivirakenne säilyttää muotonsa sitkeämmin kuin sitomattomat kivet. Toisaalta syntyneen epätasaisuuden korjaaminen on yleensä myös sidekivillä hankalammin poistettavissa tavanomaisella ylläpitotoimenpiteillä.

Raskaan liikenteen kivipintaiset kadut on edellä mainituista syistä perustettava tukevasti ja routimattomasti, ja erityisesti kivien liikemahdollisuudet tulisi minimoida huolellisella alustatyöllä.

Katurakenteen jäätyminen ja sulaminen lisäävät riskiä sekä jäykkyydeltään poikkeavien kohtien syntymiseen katuun että alustan epätasaiseen kantavuuteen niissä kohdissa, joissa jäätyminen ja sulaminen tapahtuvat eriaikaisesti. Katurakenteen putkijohtokaivantojen täyttömateriaalien tulisi siksi vastata mahdollisimman hyvin katurakenteen muiden osien ominaisuuksia, jottei epätasaisuuksia pääsisi syntymään. Lämpöä tuottavat putket – viemärit ja kaukolämpöputket – tulee tarvittaessa lämpöeristää huolellisesti, jotta katurakenne myös talvella säilyttäisi mahdollisimman homogeenisena jäykkyysominaisuutensa. Liikennevirtaan nähden poikittaisilla putkirakenteilla sekä lämpöeristäminen että kadun pintakantavuuden homogeenisena pitäminen ovat erityisen tärkeitä.

Pohjamaan merkitystä värinän syntymiseen ja leviämiseen käsitellään tämän julkaisun liitteissä A ja C.

Tie- ja katuliikenteen aikaansaama tärinä – laskennallinen arviointi

Kumipyöriäisten raskaiden ajoneuvojen aikaansaaman tärinän leviämiseen on hidaste-työsyillä käytetty lähteen (Watts & Krylov 2000) laskentamallia. Tässä esityksessä laskentamallia on laajennettu kuvamaan myös tien muita epätasaisuuksia. Laskentamallilla arvioidaan maanpinnan pystysuuntaisen heilahdusnopeuden maksimiarvoa. Tierakenteen päällysrakenteen paksuus on 0,8 m.

Perusyhtälö

Pystysuora heilahdusnopeuden maksimin odotusarvo lasketaan maanvaraisesti perustulle radalle perusyhtälöstä

$$v_{z,\max} = 0,006 \cdot a \cdot v \cdot g \cdot p \cdot \left(\frac{r}{6}\right)^x \cdot M, \quad (1)$$

jossa

- a on epätasaisuuden suurin arvo, mm
- g maaperäkerroin (taulukko 1)
- p epätasaisuuden leveys (p = 1, jos epätasaisuus osuu molempien pyörien alle, p = 0,75, jos se osuu vain toisen pyörän alle)
- v ajoneuvon nopeus, km/h
- r tarkastelupisteen etäisyys epätasaisuudesta, m
- x maaperästä riippuva eksponentti, jolla huomioidaan tärinän vaimeneminen (taulukko 1)
- M suurennuskerroin maasta rakennukseen.

Paksut rakennekerrokset pienentävät leviävää tärinää verrattuna ohuisiin rakennekerroksiin. Pehmeissä maapohjissa alusrakenteen painumasuppilo on syvyydeltään suurempi kuin kovilla maapohjilla, mikä on huomioitu maaperäkertoimessa. Epätasaisuutena käytetään taulukossa 2 esitettyjä arvoja, ellei tien tai kadun pinnan epätasaisuutta dynaamisen 50 kN pyöräkuorman alla ole erikseen mittaamalla määritetty.

Taulukko 1. Maaperäkerroin g ja eksponentti x . Taulukossa on sovellettu lähdettä (Watts & Krylov 2000).

Maalajityyppi katualueella ja sen vierellä	Maaperäkerroin g	Maaperäeksponentti x
Pehmeät savet	1,2	-1,1
Kovat savet	0,5	-1,05
Hiekat, sorat	0,3	-0,75
Moreeni	0,2	-0,95
Kallio	0,1	-1,1

Taulukko 2. Epätasaisuuskerroin.

Tien ja kadun laatu	Epätasaisuus a , mm
Uusi AB-päällyste	1...2
Kulunut reikiintymätön AB-päällyste	2...4
Reikiintynyt AB-päällyste	5...10
Nupukivipäällyste	3...8
Sorapäällyste, hyväkuntoinen	4...8
Sorapäällyste, huonokuntoinen	5...15
Koholla oleva rumpu kadussa, koholla oleva taikka painunut kaivon kansi kadussa (suurin ero 5 m:n oikolaudalla mitattuna)	10...20

Asuintilojen tärinän arviointi

Maapohjasta rakennukseen välittyvä tärinä (kerroin M) arvioidaan rakennustyyppikohtaisesti kokemuseräisellä suurennussuhteella, jota on kuvattu tämän julkaisun kohdissa 3.2 ja 4.5.

Taajuuspainotetun tehollisarvon v_w likiarvo voidaan arvioida maan pinnan pystysuuntaisesta heilahdusnopeudesta $v_{z,max}$ kertomalla se luvulla 0,4...0,6. Kerroin riippuu vä-

rähtelyn dominoivasta taajuudesta. Kertoimen suuruuden määräytyminen on esitetty tämän julkaisun kohdassa 2.2.

Lähdeluettelo

Talja, A. 2004. Liikenneperäinen tärinä – Kirjallisuusselvitys tärinän arvioinnista. VTT:n sisäinen raportti RTE50-IR-13/2004.

Watts, G. R. & Krylov, V. V. 2000. Ground-borne vibration generated by vehicles crossing road humps and speed control cushions. *Applied Acoustics* 59, s. 221–236.

Liite E: Esimerkki taajuussisällön vaikutuksesta rakennuksen värähtelyihin

Maaperän eritaajuuksisten värähtelykomponenttien vahvistumiseen tai vaimenemiseen rakennuksessa vaikuttaa olennaisesti resonanssi-ilmiö. Resonanssissa rakenteen tai rakenneosan omalle värähtelytaajuudelle, ns. ominaistajuudelle, sattuvat taajuuskomponentit vahvistuvat voimakkaimmin. Ominaistaajuuteen vaikuttavat rakenteen tai rakenneosan dynaamiset ominaisuudet, jotka riippuvat massa-, jäykkyys- ja vaimennustekijöistä.

Resonanssi-ilmiö

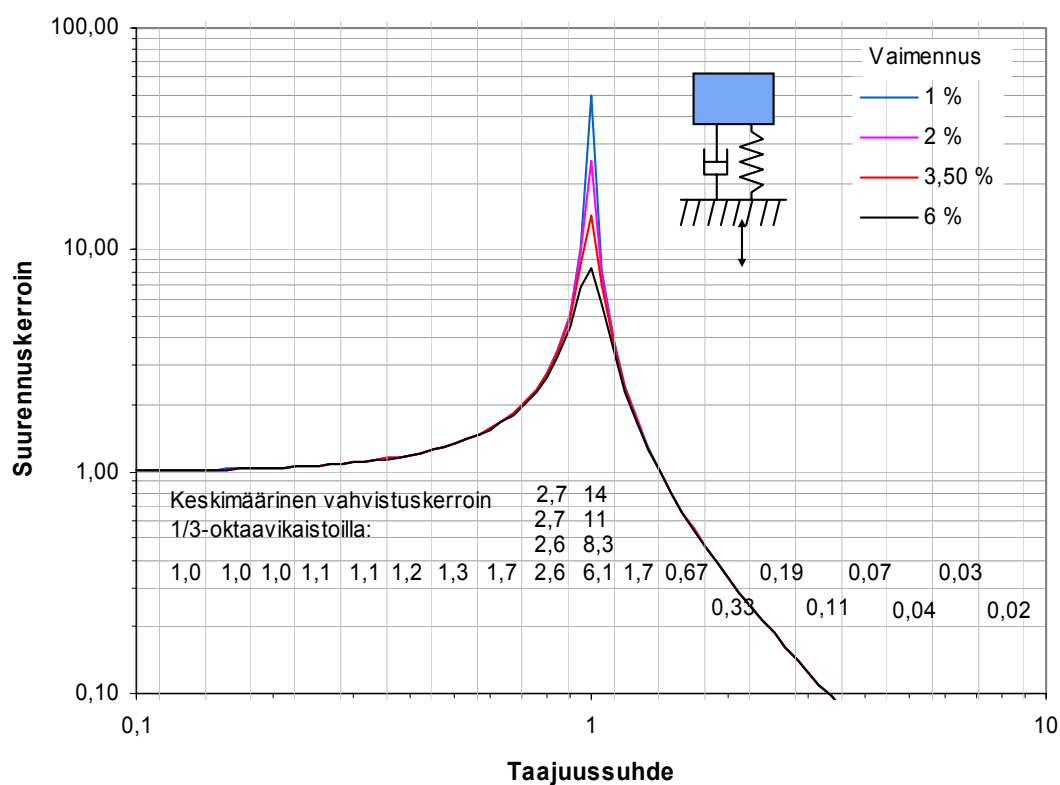
Kuvassa 1 esitetään yhden vapausasteen jousi-massa-systeemiin värähtelyn suurennuskerroin 1/3-oktaavikaistoittain. Suurennuskerroin on massan ja perustuksen siirtymäamplitudien suhde. Kuvasta nähdään, että sillä taajuuskaistalla, jolle rakenteen ominaistaajuus sattuu, keskimääräinen värähtelyn suurennuskerroin saa vaimennuksesta riippuen arvon 6–14. Viereisillä 1/3-oktaavikaistoilla suurennuskerroin on merkittävästi pienempi eikä juuri riipu vaimennuksesta. Olennaista on havaita, että kun tärinän taajuus on pienempi kuin systeemin ominaistaajuus, tärinä välittyy suuruuttaan muuttamatta (suurennuskerroin 1). Kun herätetärinän taajuus ylittää ominaistaajuuden, välittynyt tärinä on herätettä pienempi (suurennuskerroin alle 1).

Esimerkki

Tarkastellaan esimerkkinä tapausta, jossa perustukseen tulevan värähtelyn taajuussisältö käsittää useita taajuuskomponentteja ja jousi-massa-systeemin ominaistaajuus (f) vaihtelee. Jousi-massa-systeemin voi muodostaa esimerkiksi rakennuksen runko tai lattia. Tarkasteltavassa esimerkissä systeemin vaimennuksena käytetään arvoa 3,5 %, joka on tyypillinen rakennuksissa esiintyvä arvo.

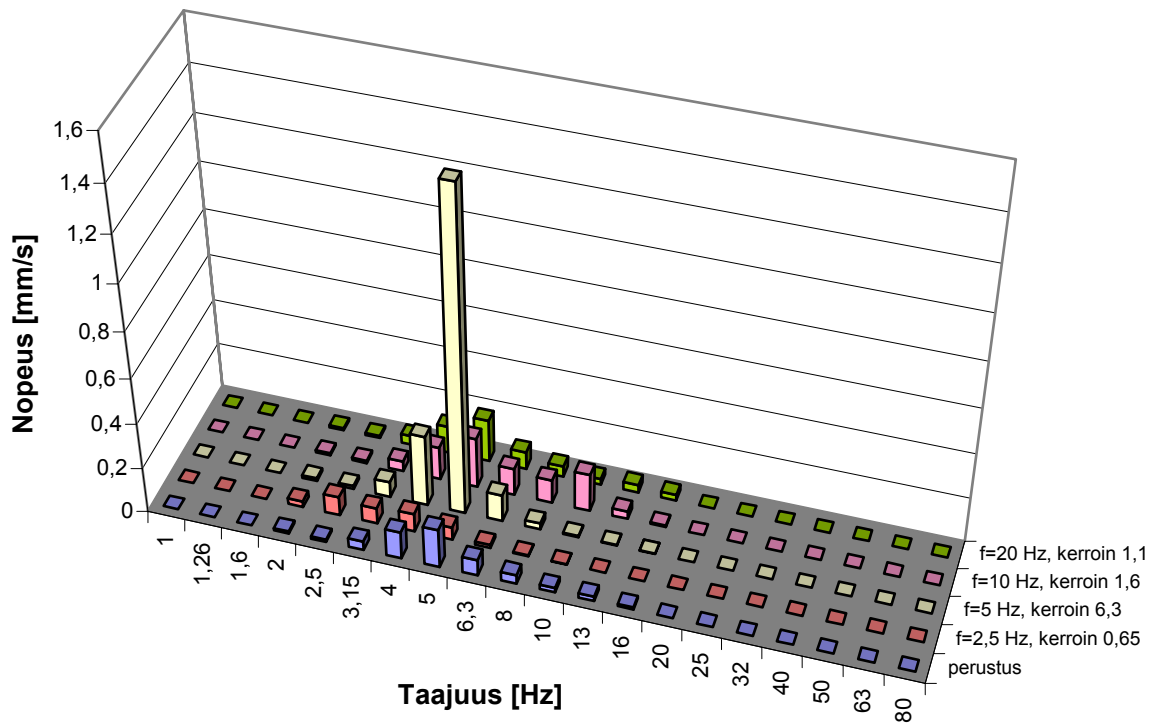
Kuvan 2 ensimmäisellä rivillä esitetään perustuksen värähtelykomponentit 1/3-oktaaveittain. Esitetty taajuusjakauma on tyypillinen savimailla. Muilla riveillä esitetään värähtelyn suuruus, kun jousi-massa-systeemin ominaistaajuus (f) on 2,5 Hz, 5 Hz, 10 Hz tai 20 Hz. Kuvassa jousi-massa-systeemin ominaistaajuuden (f) perässä esitetty kerroin, ns. suurennuskerroin, on jousen päällä liikkuvan massan värähtelyn v_w suhde maaperän värähtelyn tehollisarvoon. Koko värähtelyn tehollisarvo v_w lasketaan eri taajuuskomponenttien tehollisarvoista $v_{w,i}$ lausekkeella

$$v_w = \sqrt{\sum v_{w,i}^2} . \quad (1)$$

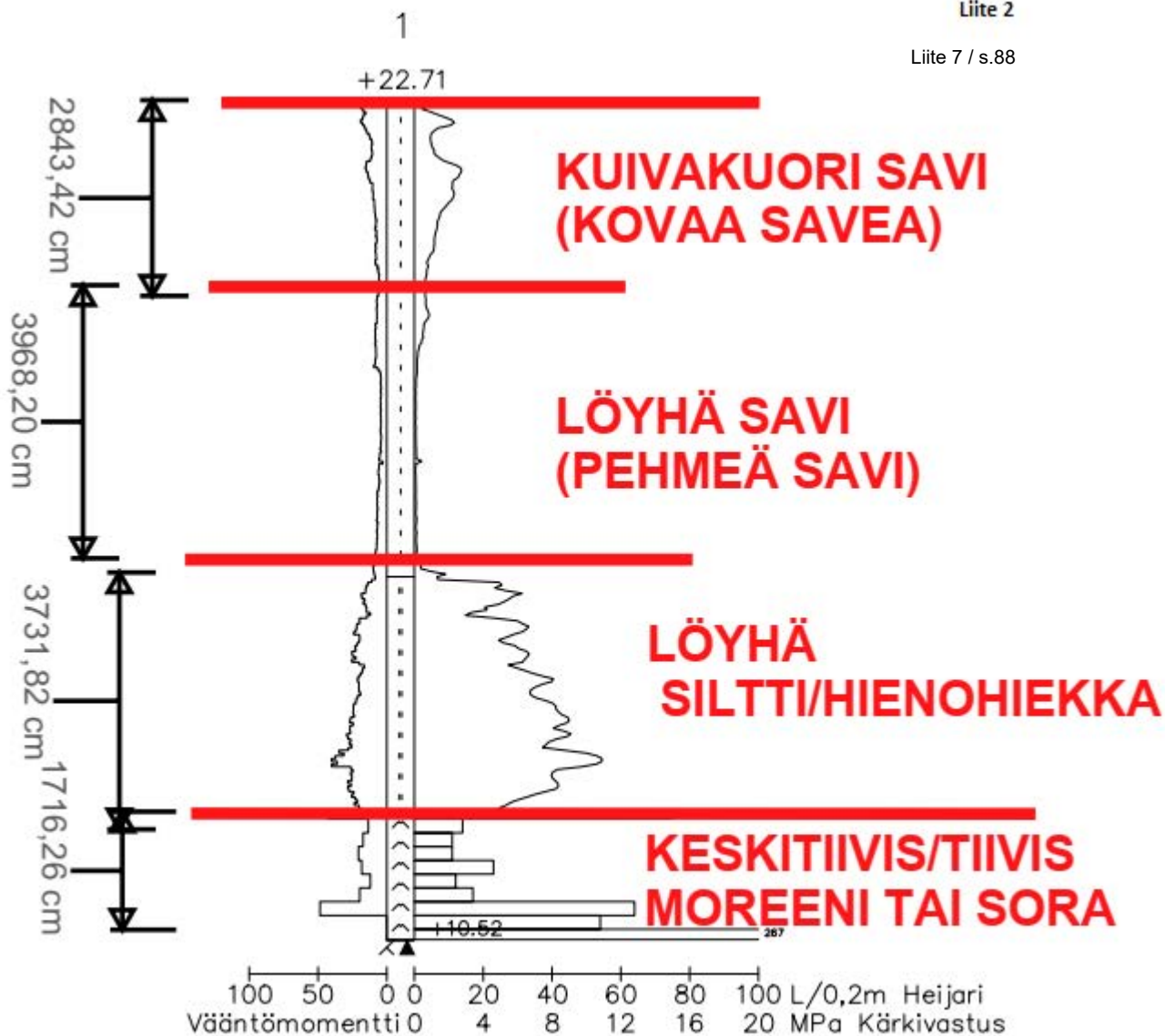


Kuva 1. Esimerkki värähtelyn sisällön muuttumisesta 1/3-oktaaveittain ja vaikutuksesta värähtelyn voimistumista kuvaavaan tehollisarvon kertoimeen, kun jousi-massa-systeemin ominaistajuus f vaihtelee.

Kuvasta 2 ja siinä esitetystä tehollisarvon suurennuskertoimesta nähdään, että jos systeemin ominaistajuus on herätteessä esiintyvien värähtelytaajuuksien ylärajalla ($f = 20$ Hz), esimerkin tapauksessa perustuksen värähtelyt siirtyvät likimain samansuuruisina massaan. Kun systeemin ominaistajuus sattuu herätevärähtelyn hallitsevien taajuuksien kanssa samalle alueelle ($f = 5$ Hz), värähtelyn tehollisarvo voimistuu noin 6-kertaiseksi. Jos taas systeemin ominaistajuus on herätteessä esiintyvien värähtelytaajuuksien alarajalla (2,5 Hz), värähtely vaimenee.



Kuva 2. Värähtelyn tehollisarvon muuttuminen jousi-massa-systeemissä, kun sen ominaistajuus vaihtelee (vaimennus 3,5 %). Vaaka-akselilla värähtelyn taajuus 1/3-oktaaveittain, pystyakselilla värähtelyn nopeuden tehollisarvo eri 1/3-oktaavikaistoilla. Oikeassa reunassa koko värähtelyn tehollisarvon suurennuskerroin eri jousi-massa-systeemin ominaistajuuksilla.



RAKENNETTAVUUSSELVITYS

SIPOON KAAVA-ALUEET:

N 60 OIKOPOLKU

N 65 METSÄRINNE

TYÖNUMERO 1080

31.3.2021

Sisälllys

1. YLEISTÄ	1
2. PINTA- JA POHJASUHTEET	1
2.1. Alueiden yleiskuvaus.....	1
2.2. Pinta- ja pohjasuhteet.....	2
2.2.1. Oikopolku.....	2
2.2.2. Metsärinne.....	3
2.3. Pohjavesi.....	4
2.4. Pilaantuneet maat.....	5
3. PERUSTAMISTAVAT JA POHJARAKENTEET	5
3.1. Oikopolku.....	5
3.1.1. Rakennukset.....	5
3.1.2. Piha-alueet.....	6
3.1.3. Kadut ja kunnallistekniikka.....	6
3.2. Metsärinne, eteläosa.....	6
3.2.1. Rakennukset.....	6
3.2.2. Piha-alueet.....	7
3.2.3. Kadut ja kunnallistekniikka.....	7
3.3. Metsärinne, pohjoisosa.....	8
3.3.1. Rakennukset.....	8
3.3.2. Piha-alueet.....	8
3.3.3. Kadut ja kunnallistekniikka.....	9
3.4. Esirakentamismenetelmät ja kavennysrakenteet.....	9
3.4.1. Kavennysrakenteet.....	9
3.4.2. Syvästabilointi.....	10
3.4.3. Esikuormitus ja pystysalaojat.....	10
3.5. Alustavat painumatarkastelut.....	11
3.5.1. Oikopolku.....	11
3.5.2. Metsärinne.....	11
4. MUUT POHJARAKENTAMISEEN LIITTYVÄT ASIAT	11
4.1. Routasuojaus ja kuivatus.....	11
4.2. Kuivatus.....	12
4.3. Radon.....	12
4.4. Kaivannot.....	12

4.5.	Hulevedet.....	13
4.6.	Yhteenveto ja lisäselvitystarve	13
4.7.	Suunnitteluun liittyvät asiakirjat.....	14

Liitteet:

1080 GEO 001 Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokituskartta (Oikopolku)

1080 GEO 002 Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokituskartta (Metsärinne)

1080 GEO 003 Pohjatutkimuskartta (diagrammit, Oikopolku)

1080 GEO 004 Pohjatutkimuskartta (diagrammit, Metsärinne)

1080 GEO 005 Kairausdiagrammit

1. YLEISTÄ

Olemme laatineet Sipoon kunnan toimeksiannosta rakennettavuusselvityksen kahdelle Sipoon asemakaava-alueelle, jotka ovat Oikopolku (1,3 ha) ja Metsärinne (4,4 + 1,0 ha), Metsärinne koostuu eteläisestä ja pohjoisesta alueesta. Tutkittujen alueiden sijainti on esitetty pohjatutkimuskartoissa ja kuvassa 1.



Kuva 1. Suunnittelualueiden sijainti Sipoossa.

Pohjatutkimustulosten perusteella on arvioitu tulevien rakennuksien, piha-alueiden ja kunnallistekniikkaan liittyvien rakenteiden perustamistapoja. Pohjatutkimukset on esitetty piirustuksissa GEO 001–004. Pohjatutkimukset on tulostettu tasokoordinaatistossa ETRS-GK25 ja korkeusjärjestelmässä N2000.

2. PINTA- JA POHJASUHTEET

2.1. Alueiden yleiskuvaus

Seuraavassa on esitetty GTK:n maaperäkarta, johon on rajattu suunnittelualueet (kuva 2). Oikopolun suunnittelualueella pintamaalaji on koko alueella savi (sininen). Alue sijoittuu nykyisten kerrostaloalueiden väliin ja on nykyisellään rakentamatonta ja puustovaltaista aluetta. Alueen läpi kulkee kevyen liikenteen reitti. Luoteessa aluetta rajaa Nikkiläntie, koillisessa ja lounaassa kerrostalotontit. Kuvassa 2 on esitetty alue maaperäkartalla.

alueen pintavaaitusta, vaan korkeustiedot perustuvat kairauksiin ja Sipoon kartta-aineistoon.

Tutkimusalueella kairauspituus vaihteli välillä 4,4...12,2 m. Kairaukset ovat päättyneet kiveen, kallioon tai tiiviiseen maakerrokseen. Kairausten perusteella tyyppilliset maalajiarviot ovat maanpinnasta alaspäin lueteltuna seuraavat:

1. Kuivakuorikerros. Rakeisuudeltaan savea olevan kuivakuorikerroksen paksuus vaihteli välillä 1,0...1,5 m ja luonnontilainen vesipitoisuus välillä 31...38 %. Kuivakuorikerroksessa havaittiin savessa paikoin myös eloperäistä ainesta, humuspitoisuus vaihteli välillä 2,7...8,8 %. Maalajeiltaan maakerros oli lihavaa savea, liejuista savea tai savista liejua.

2. Savikerros. Maakerros on rakeisuudeltaan lihavaa tai liejuista savea ja maakerroksen paksuus vaihtelee välillä 2,0...6,0 m. Saven luonnontilainen vesipitoisuus maanäytteissä vaihteli välillä 32...52 %. Savikerroksen paksuus kasvaa pohjoiseen päin mentäessä ja ohuimmillaan se on alueen itäosassa. Pisteessä 3 havaittiin savessa myös eloperäistä ainesta, syvyydeltä 4,0 m otetussa näytteessä humuspitoisuus oli 3,3 %. Savikerroksen siipikairalla mitattu (redusoimaton) suljettu leikkauslujuus pisteessä 2 oli välillä 34,6...73,6 kPa. Savesta ei havaittu aistinvaraisesti viitteitä sulfidisavesta.

3. Siltti/hiekkakerros. Savikerros muuttuu siltiksi/hiekaksi, jonka kerrospaksuus on välillä 1,0...3,5 m. Maakerroksen luonnontilainen vesipitoisuus oli tästä maakerroksesta otetussa maanäytteessä 18 % ja maalaji oli silttinen hiekka.

4. Hiekkamoreenikerros. Kairaukset ovat päättyneet tähän maakerrokseen, kiviin tai kallioon korkeustasolla +10,5...+19,2 eli 4,4...12,2 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kairaukset etenivät ennen päättymistään tässä maakerroksessa 0,5...2,0 m. Maakerroksesta otetussa maanäytteessä maalaji oli silttinen hiekkamoreeni ja luonnontilainen vesipitoisuus oli 14 %. Maakerroksen yläosassa esiintyy löyhiä kohtia.

Tutkimuksissa ei ole selvitetty kalliopinnan korkeustasoa.

2.2.2. Metsärinne

Metsärinteen alue jakautuu kahteen osaan, joista pienempi eteläpuoleinen osa sijaitsee Nikkiläntien varressa. Tällä alueella maanpinta laskee kaakon suuntaan Nikkiläntietä kohti. Alueen alin kohta on itäkulmassa noin hiukan tason +27 alapuolella ja korkein kohta alueen keskivaiheilla olevan mäen kohdalla tasolla +32.

Metsärinteen suurempi pohjoispuolinen osa käsittää jyrkähkön mäen, jolla esiintyy alueen keskiosissa myös avokallioita. Korkein kohta on noin tasolla +39. Maanpinta laskee tältä kohtaa joka suuntaan, pohjoiseen ja itään erityisen jyrkästi. Alueen pohjoisrajalla Martin kyläntien kupeessa korkeustaso on noin +27. Länteen ja etelään mentäessä maanpinta laskee noin tasolle +35...+36.

Pohjatutkimuksen yhteydessä ei tehty alueen pintavaaitusta, vaan korkeustiedot perustuvat kairauksiin ja Sipoon kartta-aineistoon.

Tutkimusalueella kairauspituus vaihteli välillä 1,5...6,5 m. Kairaukset ovat päättyneet kiveen, kallioon tai tiiviiseen maakerrokseen. Kairausten perusteella tyyppilliset maalajit ovat maanpinnasta alaspäin lueteltuna seuraavat:

1. Kuivakuorikerros. Paikoin (savialueilla) esiintyy ohut, noin 0,5 m paksu kuivakuorikerros, joka on rakeisuudeltaan savea. Maakerroksen luonnontilainen vesipitoisuus oli 31 %.

2. Savikerros (Martinkyläntien kupessa ja eteläpuolisella osalla). Maakerros on rakeisuudeltaan laihaa tai lihavaa savea ja kerroksen paksuus vaihtelee välillä 1,5...4,0 m. Savikerros ohenee korkeammalle liikuttaessa ja paksuimmillaan se on aivan Martinkyläntien kupessa sekä eteläpuolisen osan itäosassa. Saven luonnontilainen vesipitoisuus vaihteli välillä 20...28 %.. Savikerroksen siipikairalla mitattu (redusoimaton) suljettu leikkauslujuus oli välillä 18,0...52,5 kPa. Suljettu leikkauslujuus oli suurempi eteläpuolisen osan siipikairauspisteessä. Savesta ei havaittu aistinvaraisesti viitteitä sulfidisavesta.

3. Siltti/hiekkakerros. Savikerros muuttuu siltiksi/hiekaksi, jonka kerrospaksuus on välillä 0,5...1,5 m. Osassa pisteitä (korkeammalla mäellä) tehdyissä kairauksissa tämä maakerros on ensimmäinen maakerros. Kerroksen luonnontilainen vesipitoisuus vaihteli välillä 22...31 % ja maalaji vaihteli silttisestä hiekasta hiekkaan.

4. Hiekkamoreenikerros. Kairaukset ovat päättyneet tähän maakerrokseen, kiviin tai kallioon korkeustasolla +20,8...+34,8 eli 1,5...6,5 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kairaukset etenivät ennen päättymistään tässä maakerroksessa 0,5...2,0 m. Maakerroksesta otetuissa maanäytteissä maalaji vaihteli silttisestä hiekkamoreenista hiekkaiseen soramoreeniin ja luonnontilainen vesipitoisuus vaihteli välillä 7,3...20 %. Maakerroksen yläosassa on paikoin löyhiä kohtia.

Tutkimuksissa ei ole selvitetty kalliopinnan korkeustasoa. Metsärinteen eteläosan alueella nykyisen rakennuksen ympäristössä havaittiin tonttikatselmuksen yhteydessä avokalliopintoja.

2.3. Pohjavesi

Suunnittelualueista Oikopolku sijoittuu kokonaan ja Metsärinne osittain pohjavesialueelle. Kairaustöiden yhteydessä asennettiin pohjaveden tarkkailuputkia kaikkiaan 4 kappaletta, joista 2 Oikopolun alueella ja 2 Metsärinteen alueelle.

Tarkkailuputkien uusimpien (29.3.2021) vesipintatietojen perusteella pohjaveden painetaso on Oikopolun alueella tasolla +23,11...+23,68 eli noin 0,8...1,0 m maanpinnan alapuolella.

Metsärinteen eteläpuolisella alueella vesipinnan painetaso oli +28,74, mikä on noin 0,10 m maanpinnan yläpuolella. Tällä kohtaa pohjavesi on savisen rinteen kohdalla siis paineellista.

Metsärinteen pohjoispuolisella alueella Martinkyläntien kupeessa (tutkimuspisteessä 10) pohjavesipinnasta saatiin vain heikko havainto aivan putken pohjasta, noin 2,5 metrin syvyydessä maanpinnasta. Tulkintamme mukaan pohjavesialue ei siis ulotu suunnittelualueelle, vaan pohjavesialueen raja on kauempana Martinkyläntien pohjoispuolella.

2.4. Pilaantuneet maat

Tutkimusalueelta ei saatu kairaustyön yhteydessä viitteitä maaperän pilaantuneisuudesta. Maankaivun yhteydessä tulee kuitenkin aistinvaraisesti tarkkailla kaivettavan maan laatua. Jos havaitaan hajuja tai värimuutoksia, tulee ottaa yhteys ympäristöviranomaiseen, joka määrittää tarvittavat toimenpiteet.

3. PERUSTAMISTAVAT JA POHJARAKENTEET

Pohjatutkimusten perusteella on tonteille määritetty rakennettavuusluokitus Espoon kaupungin soveltaman rakennettavuusluokituksen (Liite 1) mukaisesti rakennettavuusluokkiin 1-6. Rakennettavuusluokat on jaoteltu Espoon ohjeiden mukaisesti niin, että luokka 1 on helposti rakennettava ja luokka 6 puolestaan erittäin heikosti rakentamiseen soveltuva alue. Alustava rakennettavuusluokittelu tutkimusalueella rakennuksille, pihuille ja kaduille ovat:

Taulukko 1: Rakennettavuusluokittelu alueittain

Alue	Rakennukset	Piha-alueet	Kadut ja kunnallistekniikka
Oikopolku	4	4	4
Metsärinne (etelä)	3-4	3-4	3-4
Metsärinne (pohjoinen)	2-3; 5	2-3; 5	2-3; 5

3.1. Oikopolku

3.1.1. Rakennukset

Alue on luokiteltu paaluperustusta edellyttäväksi alueeksi (luokka 4), sillä kantava maakerros on 4...11 m syvyydessä. Rakennukset tulee perustaa tukipaaluilla kantavan maakerroksen varaan. Vain kevyet rakenteet voidaan mahdollisesti perustaa maanvaraisesti, mutta tämä on tutkittava tapauskohtaisesti.

3.1.2. Piha-alueet

Piha-alueiden perustaminen saattaa edellyttää esirakentamista, mutta toimenpiteet ja niiden laajuus vaihtelevat alueittain savikerroksen paksuuden sekä tulevan maanpinnan korkotason mukaan. Alustavien painumalaskelmien perusteella maksimissaan 1 m pengerkorkeudella noin puolet painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana, jolloin rakennusajan jälkeinen painuma on hallittavissa (painumatarkastelut ks. kohta 3.5). Oleellista on vaiheistaa rakentaminen siten, että penkereet eli täytöt rakennetaan heti alkuvaiheessa ja ne ehtivät painua mahdollisimman paljon jo rakennusaikana. Tarvittaessa voidaan rakenteita toteuttaa kevennettyinä esimerkiksi vaahtolasilla tai kevytsoralla.

Mikäli tavoitellaan suurempaa pengerkorkeutta tai pienempää rakentamisen jälkeistä painumaa, voidaan suorittaa esirakentamistoimenpiteitä. Esirakennusvaihtoehtoista suositeltavin ja taloudellisin vaihtoehto on esikuormitus (ts. painopenger). Savikerroksen paksuus vaikuttaa oleellisesti painuma-aikaan. Painumanopeutta voidaan lisätä savikerroksen pystyjoituksella ja korottamalla esikuormituspengertä, jos se stabiliteetin puolesta on mahdollista.

Vaihtoehtoisesti savikerrosta voidaan lujittaa syvästabiloinnilla.

3.1.3. Kadut ja kunnallistekniikka

Katujen ja kunnallistekniikan vaatimat pohjanvahvistustoimenpiteet riippuvat suunnitellusta pinnantasauksesta. Alle 1,0 m pengerkorkeudella rakennusajan jälkeiset painumat ovat hallittavissa, jos kadut ja kunnallistekniset linjat toteutetaan esimerkiksi kevennysrakenteilla. Yli 1,0 m pengerkorkeudella kadut ja kunnallistekniset linjat on suositeltavaa perustaa joko esikuormitetun tai syvästabiloinnilla vahvistetun maan varaan. Tarkempi esirakennussuunnittelu sekä katujen geotekninen suunnittelu tulee tehdä sitten, kun katujen tasaus on suunniteltu ja putkistojen sekä tekniikoiden korkeustasot on määritetty.

3.2. Metsärinne, eteläosa

3.2.1. Rakennukset

Alueen eteläosa on luokiteltu osittain paaluperustusta edellyttäväksi alueeksi (luokka 4) ja osittain vaikeasti rakennettavaksi (luokka 3), sillä kantava maakerros on näillä alueilla vastaavasti noin 6 m ja noin 3 m syvyydessä. Länsipäässä osa alueesta on luokiteltu luokkaan 3 vaihtoehtoisesti jyrkkäpiirteisyyden takia, sillä maanpinnan kaltevuus ylittää paikoin 15 %.

Savikkoisilla alueilla rakennukset tulee perustaa tukipaaluilla kantavan maakerroksen varaan tai vaihtoehtoisesti ohuemmalla pehmeiköllä tehdä massanvaihto kantavan

maakerroksen (moreeni) yläpintaan saakka. Vain kevyet rakenteet voidaan mahdollisesti perustaa maanvaraisesti, mutta tämä on tutkittava tapauskohtaisesti. Keskiosan mäen kohdalla voi olla mahdollista perustaa rakennukset ilman pohjanvahvistuksia, ainoastaan poistamalla löyhät ja eloperäiset pintamaakerrokset.

3.2.2. Piha-alueet

Piha-alueiden perustaminen saattaa edellyttää eteläosan savikkoalueella (luokka 4) esirakentamista, mutta toimenpiteet ja niiden laajuus vaihtelevat alueittain savikerroksen paksuuden sekä tulevan maanpinnan korkotason mukaan. Maksimissaan 1 m pengerkorkeudella noin puolet painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana, jolloin rakennusajan jälkeinen painuma on hallittavissa.

Esirakennusvaihtoehtona suositeltavin ja taloudellisin vaihtoehto on esikuormitus (ts. painopenger). Savikerroksen paksuus vaikuttaa oleellisesti painuma-aikaan. Painumanopeutta voidaan lisätä savikerroksen pystyjoituksella ja korottamalla esikuormituspengertä, jos se stabiliteetin puolesta on mahdollista. Rakennekerroksia voidaan tarvittaessa rakentaa kevennettyinä kevytsorasta tai vaahtolasista, mikä vähentää painumista.

Ohuella, alle 2,5 m savikolla (luokka 3, eteläosan länsipää) toimenpiteenä riittää todennäköisesti rakentamisen vaiheistus siten, että penkereiden rakentaminen tapahtuu heti alkuvaiheessa. Näin suurin osa painumasta ehtii tapahtua rakennusaikana. Suuremmalla pengerkorkeudella (>1,0 m) tulee kysymykseen savipohjan esikuormitus. Myös massanvaihto on toteutettavissa, mutta se tulee suunnitella huolellisesti etenkin jyrkkäpiirteisillä alueilla stabiliteetin varmistamiseksi.

3.2.3. Kadut ja kunnallistekniikka

Katujen ja kunnallistekniikan vaatimat pohjanvahvistustoimenpiteet eteläosan savikkoalueella (luokka 4) riippuvat pitkälti suunnitellusta pinnantasauksesta. Alle 1,0 m pengerkorkeudella rakennusajan jälkeiset painumat ovat hallittavissa, jos kadut ja kunnallistekniset linjat toteutetaan esimerkiksi kevennysrakenteilla. Yli 1,0 m pengerkorkeudella kadut ja kunnallistekniset linjat on suositeltavaa perustaa joko esikuormitetun tai syvästabiloinnilla vahvistetun maan varaan.

Tarkempi esirakennussuunnittelu sekä katujen geotekninen suunnittelu tulee tehdä siten, kun katujen tasaus on suunniteltu ja putkistojen sekä tekniikkalinjojen korkeustasot on määritetty.

Ohuella, alle 2,5 m paksuisella savikolla (luokka 3, eteläosan länsipää) toimenpiteenä riittää todennäköisesti rakentamisen vaiheistus siten, että penkereet ehtivät painua mahdollisimman paljon rakennusaikana. Tavoiteltaessa pienempiä rakentamisen jälkeisiä painumia

tai tavoiteltaessa suurempaa pengerkorkeutta, voidaan käyttää kevennysrakenteita tai esikuormitusta. Myös massanvaihto on toteutettavissa, mutta se tulee suunnitella huolellisesti etenkin jyrkkäpiirteisillä alueilla stabiliteetin varmistamiseksi.

3.3. Metsärinne, pohjoisosa

3.3.1. Rakennukset

Suuremmalla pohjoispuolisella osalla Martinkyläntien kupeessa oleva alue on luokituksestaan 2-3 (normaalisti rakennettava – vaikeasti rakennettava), riippuen kantavan maakerroksen syvyydestä ja alueen jyrkkäpiirteisyydestä. Paikoin kantava maakerros on jo 1,5 m syvyydessä ja paksuimmillaan savea on noin 2,5 m. Maanpinnan kaltevuus vaihtelee 15 %:n molemmin puolin.

Mäen harjanteen kohdalla luokitus on 5 (erittäin vaikeasti rakennettava) johtuen yli 30 % maanpinnan kaltevuudesta. Harjanteen eteläpuolella osassa aluetta maanpinnan kaltevuus on 15...30 % (luokka 3) ja osassa aluetta alle 15 %. Tällä alueella myös kantava maakerros (moreeni) on hyvin pinnassa, joten luokitus on luokka 2.

Savikkoisilla alueilla rakennukset tulee perustaa tukipaaluilla kantavan maakerroksen varaan tai vaihtoehtoisesti ohuemmalla pehmeiköllä tehdä massanvaihto kantavan maakerroksen (moreeni) yläpintaan saakka. Vain kevyet rakenteet voidaan mahdollisesti perustaa maanvaraisesti, mutta tämä on tutkittava tapauskohtaisesti.

Alueen keskikohdan/harjanteen eteläpuolen moreenimäellä rakennuksen voidaan perustaa maanvaraisesti poistamalla löyhät/eloperäiset pintamaat. Rinteen alueella, jossa maapeitteen paksuus on ohut, rakentaminen edellyttää todennäköisesti louhintatöiden suorittamista.

3.3.2. Piha-alueet

Martinkyläntien läheisyydessä savikkoalueella maksimissaan 1 m pengerkorkeudesta aiheutuvat painumat ovat vielä hallittavissa, mikäli rakentaminen vaihteistetaan siten, että penkereet rakennetaan heti alkuvaiheessa ja ne ehtivät painua rakennusaikana noin vuoden verran. Tällöin yli puolet painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana, ja rakennusajan jälkeinen painuma jää maltilliseksi.

Korkeammilla penkereillä kysymykseen tulee esirakennusvaihtoehtona esikuormitus (ts. painopenger). Savikerroksen paksuus vaikuttaa oleellisesti painuma-aikaan. Painumanopeutta voidaan lisätä savikerroksen pystyojituksella ja korottamalla esikuormituspengertä, jos se stabiliteetin puolesta on mahdollista. Rakennekerroksia voidaan tarvittaessa rakentaa kevennetyinä kevytsorasta tai vaahtolasista, mikä vähentää painumista.

Kitkamaapohjalla (luokka 2) piha-alueet voidaan perustaa maanvaraisesti ilman pohjanvahvistustoimenpiteitä.

3.3.3. Kadut ja kunnallistekniikka

Pohjoisosan savikerrokset ovat sen verran ohuita (<2,5 m), että maksimissaan 1,0 m pengerkorkeudella toimenpiteenä riittää todennäköisesti rakentamisen vaiheistus siten, että penkereet ehtivät painua mahdollisimman paljon rakennusaikana. Savikerroksen ohuuden takia suurin osa painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana. Tavoiteltaessa pienempiä rakentamisen jälkeisiä painumia tai suurempaa pengerkorkeutta, voidaan käyttää kevennysrakenteita tai esikuormitusta.

Myös massanvaihto voi tulla kysymykseen, mikäli rakentaminen halutaan suorittaa nopeammalla aikataululla. Massanvaihdot tulee suunnitella huolellisesti etenkin jyrkkäpiirteisillä alueilla stabiliteetin varmistamiseksi.

Harjanteen yli kulkevaa katulinjausta varten tulee varautua louhintaan, sillä harjanteella on avokallioesiintymiä ja se on pinnanmuodoiltaan jyrkkä, kaltevuus on monin paikoin 15...30 %.

Kitkamaapohjalla (luokka 2) kadut ja kunnallistekniset linjat voidaan perustaa maanvaraisesti ilman pohjanvahvistustoimenpiteitä.

Tarkempi esirakennussuunnittelu sekä katujen geotekninen suunnittelu tulee tehdä siten, kun katujen tasaus on suunniteltu ja putkistojen sekä tekniikkalinjojen korkeustasot on määritetty.

3.4. Esirakentamismenetelmät ja kevennysrakenteet

Tässä rakennettavuusselvityksessä käsitellyillä alueilla voi olla mahdollista hyödyntää yhtä esirakentamismenetelmää tai monen esirakentamismenetelmän yhdistelmää hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Esirakentamismenetelmän valintaan vaikuttavat tekniset ja taloudelliset näkökulmat sekä aikataulu.

Seuraavaksi on esitelty aiemmin esitettyjä esirakennusmenetelmiä.

3.4.1. Kevennysrakenteet

Kevennys voidaan toteuttaa kevytsoralla (esim. Leca) tai vaahtolasimurskeella (Foamit), joiden kustannukset eivät poikkea paljon toisistaan. Kevennys voidaan tehdä samaan aikaan muun rakentamisen kanssa, jolloin rakennusaika ei pitene.

Kevennysmateriaali toimii samalla osittain routaeristeenä ja kuivatuskerroksena. Pohjaveden ollessa kaivutason yläpuolella ja kaivun ulottuessa lähelle saven alapintaa,

tulee pohjaveden noste ottaa huomioon suunnittelussa pohjan hydraulisen murtumisvaaran takia. Kevennysratkaisu voi olla teknisesti ja taloudellisesti hyvä ratkaisu silloin, kun pengerkorkeus on pieni (< 1 m). Suuremmilla pengerkorkeuksilla muut esirakennusvaihtoehdot muodostuvat teknistaloudellisemmiksi ratkaisuiksi.

3.4.2. Syvästabilointi

Kadut, alueet ja putkijohdot saadaan yleensä riittävän painumattomiksi syvästabiloinnilla alkukuormituksen jälkeen. Syvästabiloinnissa savikerroksen lujuutta ja muodonmuutosominaisuuksia parannetaan sekoittamalla saven sekaan kalkin ja sementin seosta.

Kohteen savikerrokseen soveltuva syvästabilointimenetelmä on kalkki-sementtipilaristabilointi. Ohuilla pehmeikköalueilla ($h < \approx 5,0$ m) myös massastabilointi voi olla käyttökelpoinen esirakentamismenetelmä. Stabilointikoneiden työalustojen vaatimukset tulee ottaa huomioon. Syvästabilointi vaatii lujittumisaikaa yleensä n. 4 viikkoa, jolloin stabilointialueella ei voi työskennellä.

Syvästabiloinnin onnistuminen tarkistetaan 28 vuorokautta stabilointipilareiden valmistumisesta testauskairauksilla. Ennen stabiloinnin suunnittelua tulee saven stabiloitavuus tutkia stabiloitavuuskokeilla, joilla varmistetaan kalkin ja sementin sopiva sideainekom-binaatio sekä menekki. Lisäksi saven humuspitoisuus tulee tutkia, koska sillä on vaikutusta stabilointipilarin lujuuskehitykseen ja loppulujuuteen. Lisäksi humuspitoisuus lisää yleensä savikerroksen jälkipainumista.

3.4.3. Esikuormitus ja pystysalaojat

Esikuormituksen periaatteena on savikerroksen kokoonpuristuminen ennen varsinaista rakentamista. Tällöin rakentamisen jälkeen tapahtuvat painumat ovat maltillisia ja pysyvät sallituissa rajoissa. Maakerroksen painuminen saadaan aikaan pengertämällä rakennusalueelle maapenger, jonka korkeus riippuu halutusta painumanopeudesta sekä teknistaloudellisesta tarkastelusta. Painumaa voidaan nopeuttaa asentamalla kokoonpuristuvaan kerrokseen nauhapystyöjia, joita pitkin kuormituksen aiheuttama huokosveden ylipaine pääsee purkautumaan nopeammin.

Esikuormituspenkereen materiaaliksi kelpaa esimerkiksi louhe tai tiivistämiskelpoinen kitkamaa. Mikäli pengermateriaalia on saatavilla vastaanottohintaan ja kuormitusaikaa on käytettävissä, esikuormitus on edullinen ja hyvin varteenotettava pohjanvahvistusmenetelmä, kun pehmeikön syvyys on alle 10 m.

Tarvittava kuormitusaika on tulevien maatäyttöjen korkeudesta riippuen noin puolesta vuodesta muutamaan vuoteen. Esikuormituspenkereeseen asennetaan painumatarkkailulevyjä, joilla painumista tarkkaillaan. Yleensä painumatarkkailumittauksia tehdään 1 krt/kk.

Esikuormituksen käyttöä pohjanvahvistusmenetelmänä on arvioitava uudelleen, kun alueen tonttien korkeustasot ja katujen tasaus on tiedossa. Esikuormitusmenetelmän arvioimiseksi on syytä teettää savesta häiriintymättömistä maanäytteitä tehtäviä kokoonpuristuvuuskokeita (ödometrikokeita).

3.5. Alustavat painumatarkastelut

3.5.1. Oikopolku

Alustavien painumatarkastelujen perusteella odotettavissa oleva painuma 1,0 m paksulla laaja-alaisella täytöllä on noin 200 mm, kun painuvan savikerroksen paksuus on 6 m. Tällöin ensimmäisen vuoden aikana (likimain rakennusaikana) tapahtuva painuma on noin 100 mm.

3.5.2. Metsärinne

Eteläpuolen alueella (rakennettavuusluokka 4) on noin 6 m paksuinen savikerros, joten em. Oikopolun painumalaskelma pätee myös tälle kohdalle. Pohjoisosan savikkoalueella savikerroksen paksuus on vain n. puolet tästä, joten 1,0 m penkereellä odotettavissa oleva painuma on noin 100 mm, josta ensimmäisen vuoden aikana tapahtuu yli puolet.

Nämä painumat ja painuma-ajat ovat alustavia arvioita perustuen tämänhetkisiin pohjatutkimustietoihin. Tarkempia painumalaskelmia varten (sekä mahdollisen painopenkereen suunnittelua varten) suositellaan tehtäväksi tarkentavia pohjatutkimuksia ja savikerroksen painumaominaisuuksia tarkentavia ödometrikokeita.

4. MUUT POHJARAKENTAMISEEN LIITTYVÄT ASIAT

4.1. Routasuojaus ja kuivatus

Pohjamaa on routivaa ja rakenteet tulee ulottaa routimattomaan syvyyteen tai käyttää routaeristettä. Kylmien rakennusten routimaton perustussyvyys on noin 1,8 m ilman lumen suojaavaa vaikutusta.

Tilastollisesti keskimäärin kerran 50 vuodessa toistuva pakkasmäärä F_{50} Sipoossa on noin 35 000 Kh. Alla olevasta taulukosta käytetään pienempää perustussyvyyttä hienorakeisissa maalajeissa ja suurempaa perustussyvyyttä karkearakeisissa maalajeissa ja moreeneissa.

Perustusten jäädessä roudattoman syvyyden yläpuolelle käytetään routasuojausta, joka mitoitetaan ohjeen *RIL 261-2013 Routasuojaus* mukaan tai suoritetaan massanvaihto roudattomaan syvyyteen routimattomalla materiaalilla.

Perustamistapa	Perustuksen osa	Pakkasmäärä F_{50} , Kh
		35 000
Maanvastainen alapohja, alapohjarakenteen lämmönvastus $RA \leq 10,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, perusmuurin lämmöneristys ulkopinnassa	Seinälinja	1,2/1,4
	Nurkka	1,5/1,8
Ryömintätila, tuuletus ulkoa, tuuletusaukkojen yhteispinta-ala max. 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohjarakenteen lämmönvastus $RA \leq 6,25 \text{ m}^2 \text{ K/W}$	Seinälinja	1,4/1,7
	Nurkka	1,7/2,0

4.2. Kuivatus

Pehmeikköalueella tulee rakennusten korkeusasema ja perustusrakenteet suunnitella siten, että salaojat eivät ulotu pohjavedenpintaan asti. Pohjaveden alentaminen voi aiheuttaa piha-alueille ja ympäristölle painumia. Myös putkikaivantojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon pohjavedenpinnan alentuminen, sillä kitkamaalla täytetyt kaivannot toimivat salaojittavina rakenteina. Kaikkiin putkilinjoihin (pl. salaojat) tulee rakentaa savi-sulkurakenteet koko putkipoikkileikkauksen ympärille vähintään 1,0 m pitkänä ja n. 50 m välein putkilinjan suunnassa.

Rakennukset salaojitetaan vähintään ulkoseinälinjoilta. Salaojaputken yläpinnan tulee olla ≥ 200 mm perustamistason alapuolella. Maapohjassa olevan veden kapillaarinen nousu katkaistaan salaojituskerroksella esim. sepelillä #6-12/32, jonka kerrospaksuus on vähintään 200 mm.

4.3. Radon

Radon on otettava huomioon perustus- ja alapohjarakenteiden suunnittelussa. Säteilyturvakeskuksen radontutkimuksen perusteella radonpitoisuuksien keskiarvo Sipoossa on välillä 100-200 Bq/m³. Uudisrakennuksen sisäilman radonpitoisuuden tulee olla alle 200 Bq/m³.

4.4. Kaivannot

Kaivantojen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan ohjetta *RIL 263-2014 Kaivanto-ohje*. Kaivantojen välittömään läheisyyteen ei saa sijoittaa kaivumaita, kiviaineksia, raskaita työkoneita tai varastoida rakennustarvikkeita.

Lyhytaikaiset putkikaivannot

Kun kaivutaso on kuivakuorisavessa, voidaan kaivutyö tehdä luiskattuna. Kaivutyö tehdään ns. lyhytaikaisena kaivantona siten, että kaivanto on kerralla auki enintään 20 metrin matkalta. Yöksi tai muutoin pidemmäksi ajaksi kaivantoa ei tule jättää auki.

Luiskan enimmäiskaltevuus savikolla on 1:2 ja kitkamaapohjalla 1:1, kun kaivannon syvyys on $\leq 2,0$ m. Kaivannon syvyyden ollessa yli 2,0 metriä suositellaan kaivannon toteuttamista tuettuna työturvallisuussyistä erillisten suunnitelman mukaisesti. Kapeissa ja/tai yli 2,0 m syvissä kaivannoissa tulee varautua kaivuluiskien tukemiseen työturvallisuussyistä. Pohjavedenpinnan yläpuoliset putkikaivannot voidaan toteuttaa tuentaelementtejä käyttäen. Tuetut kaivannot tulee suunnitella ja toteuttaa Kaivanto-ohjeen periaatteiden mukaisesti.

Pidempiaikaiset rakennuskaivannot

Pehmeikköalueella pidempiaikaiset ja syvät kaivannot on tehtävä tuettuna. Tukiseinätyypiksi soveltuu esimerkiksi teräsponttiseinä.

4.5. Hulevedet

Hulevesille tulee varata viivytystilavuutta tonttikohtaisesti $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ tiivistä pinta-alaa kohden. Viivytysjärjestelmän tulee purkautua 12-24 h kuluessa ja viivytysjärjestelmästä tulee olla suunniteltu ylivuotoreitti.

Kaavoitustasolla voi olla teknistaloudellisesta tarkastella erillisten hulevesialtaiden tai kosteikoiden sijoittaminen kaava-alueella, millä voidaan hidastaa hulevesien johtamista sekä parantaa hulevesien laatua. Hulevesijärjestelmien suunnittelussa tulee huomioida riippumattomat ylivuotoreitit tulvasadetilanteessa.

4.6. Yhteenveto ja lisäselvitystarve

Tässä rakennettavuusselvityksessä on annettu alustavat yleisohjeistukset katujen, kunnallisteknisten linjojen ja tonttien geoteknistä suunnittelua varten.

Yleisesti voidaan todeta, että Oikopolun alue on rakennettavuudeltaan haasteellista johtuen paksuista savikerroksista ja rakennuksien perustaminen edellyttää paaluperustamista.

Metsärinteen eteläalue on rakennettavuudeltaan vaikeasti rakennettavaa. Alueen osa joka sijoittuu lähemmäksi Nikkiläntietä on pohjaolosuhteiltaan haasteellisempaa, johtuen savikon paksuuntumisesta. Nykyisen rakennuksen pohjoispuolella on paikoitelleen kallio-pinta näkyvissä ja tontilla voi esiintyä myös tarvetta louhinnalle. Pohjavedenpinnan taso on lähes maanpinnan tasossa. Mittausten perusteella pohjavesi on hieman paineellista.

Metsärinteen pohjoisalue on Martinkyläntien läheisyydessä rakennettavuudeltaan vaikeasti rakennettavaa, johtuen paksuista savikerroksista ja niiden painumpotentiaalista. Esi-rakentamisen näkökulmasta olisi hyvä, jos ko. alueelle rakennettaisiin jo etukäteen painopenger, jolla savikerroksen painumia voidaan jo painuttaa ennen varsinaista rakentamista. Metsärinteen rinteessä ja rinteen päällä olevat alueet normaalista rakennettavia pois-lukien alueen keskellä oleva jyrkkäpiirteinen alue. Alueella on tarpeen tehdä louhintatöitä, jotta kadut ja kunnallistekniikat voidaan toteuttaa. Alue ei pohjavesimittausten perusteella ulotu pohjavesialueelle.

Katujen, putkijohtojen ja muiden alueiden suunnittelua varten suosittelemme täydentävien pohjatutkimuksia suorittamista, joilla selvitetään mm. saven painumaominaisuuksia sekä savikon paksuutta. Lisäksi täydentävissä pohjatutkimuksissa on huomioitava mm. esirakentamismenetelmien lähtötietovaatimukset. Tapauskohtaisesti voidaan kunnallisteknisille linjoilla sallia n. 0-100mm rakentamisen jälkeinen painuminen edellyttäen, että painuminen ei vaaranna putkistojen toimivuutta eli viettoputkistojen kaltevuuksien tulee olla ko. painuma huomioiden riittävät sekä painuvan ja painumattoman alueen rajapinnassa tulee olla painumaeroa tasaavia siirtymärakenteita.

Jos katu- ja putkijohtorakenteet tehdään **täysin** painumattomina, tulee ko. rakenteet perustaa paalulaatalle. Yleisenä periaatteena voidaan ohuilla savikerroksilla olettaa, että maakerrosten painumasta noin puolet tapahtuu ensimmäisten vuosien kuluessa maatyön rakentamisesta ja loput painumista tapahtuu seuraavien n. 15 vuoden aikana.

Maarakenteiden laskennalliset painumat ja stabiliteetti tulee kohdekohtaisesti tarkistaa kadun/pihan tasauksen ja rakenteiden suunnittelun yhteydessä. Tonttikohtaisilla pohjatutkimuksilla tulee tonttien perustamisolosuhteet varmistaa tarkemmin.

4.7. Suunnitteluun liittyvät asiakirjat

- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset
 - o Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset InfraRYL 2010
 - o Talonrakennuksen maatöiden yleiset laatuvaatimukset MaaRYL 2010
- RT 81-10791 Radonin torjunta
- RIL-132-2000 Talonrakennuksen maarakenteet
- RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus
- RIL 253-2010 Rakentamisen aiheuttamat tärinät
- RIL 261-2013 Routasuojaus –rakennukset ja infrarakenteet
- RIL 263-2014 Kaivanto-ohje
- RIL 254-2016 Paalutusohje PO-2016
- RIL 207-2017 Geotekninen suunnittelu, eurokoodin EN 1997-1 suunnitteluohje
- Hulevesiopus, kuntaliitto 2012

Keravalla 31. päivänä maaliskuuta 2021

Laatinut



Tuomas Mäkitalo, DI
projektipäällikkö

Tarkastanut



Juha Kujansuu, DI
toimitusjohtaja

Liite 1: Espoon rakennettavuusluokitus

Luokka		Rakennettavuusluokan kuvaus
1	Helposti rakennettava	<ul style="list-style-type: none"> - kantavat kitkamaat ja moreenialueet, joilla lohkareita ja kallioita vähän - maanpinnan kaltevuus alle 5 % - helposti kuivatettava - perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta
2	Normaalisti rakennettava	<ul style="list-style-type: none"> - suhteellisen loivapiirteiset kallioalueet - vaihteleva moreenimaasto, jossa kallioita ja lohkareita sekä vähäisiä soistuneita painanteita - siltti- ja savialueet, joilla kantava maakerros enintään 2,5 m syvyydessä - maanpinnan kaltevuus 5...15 % - normaalisti kuivatettava - perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta
3	Vaikeasti rakennettava	<p>a) Siltti-, savi- ja soistuneet alueet, joilla kantava maakerros 2,5...4,5 m syvyydessä</p> <ul style="list-style-type: none"> - vaikeasti kuivatettava - perustamistapa: pilari- ja anturaperustus tai lyhyet paalut <p>b) Jyrkkäpiirteinen kalliomaasto ja louhikko</p> <ul style="list-style-type: none"> - maanpinnan kaltevuus 15...30%
4	Paaluperustusta edellyttävät alueet	<ul style="list-style-type: none"> - laaksomaiset savialueet, joilla kantava maakerros 4,5...13,0 m syvyydessä - perustamistapa: paaluperustus
5	Erittäin vaikeasti rakennettavat alueet	<p>a) Savialueet, joilla kantava maakerros 13,0...25,0 m syvyydessä</p> <ul style="list-style-type: none"> - perustamistapa: paaluperustus <p>b) Kallio- ja moreenirinteet, joilla maanpinnan kaltevuus on yli 30%</p>
6	Erittäin heikosti rakentamiseen soveltuvat alueet	<ul style="list-style-type: none"> - vesialueet ja alavat, pehmeät ranta-alueet sekä savialueet, joilla kantava maakerros on yli 25,0 m syvyydessä



ASIAKIRJALUETTELO

Tilaaja	As.nro	Työnro	Vastuhenkilö	Päiväys	Päivitys
Sipoon kunta		1080	Juha Kujansuu, DI	31.3.2021	
Työ	Tiedosto				
Sipoon kaava-alueiden N 60 ja N 65 rakennettavuusselvitys					

Asiakirja/ tunnus	Asiakirjan sisältö	Mittakaava	Status	Päiväys	Muu- tos- tunnus	Muutospvm	Lupnumero	Juokseva numero
	Rakennettavuusselvitys			31.3.2021				
001	Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokitus-kartta Oikopolku	1:500		31.3.2021				
002	Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokitus-kartta Metsärinne	1:500		31.3.2021				
003	Pohjatutkimuskartta, Oikopolku (kairausdiagrammit kartalla)	1:500		31.3.2021				
004	Pohjatutkimuskartta, Metsärinne (kairausdiagrammit kartalla)	1:500		31.3.2021				
005	Kairausdiagrammit			31.3.2021				

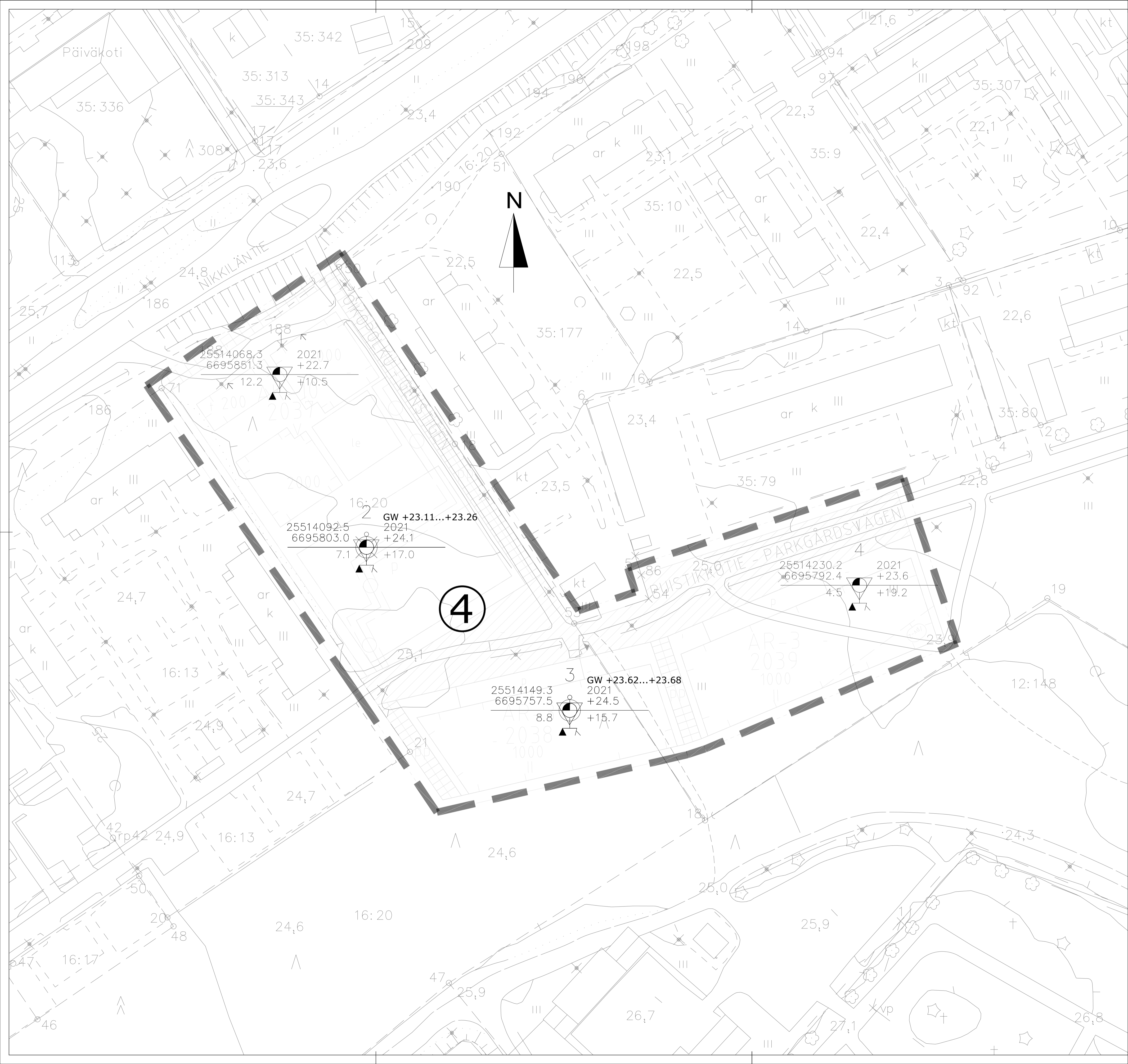
POHJATUTKIMUKSET SUORITTI GEOPALVELU OY 03/2021

--- SUUNNITTELUALUEEN RAJA




④ RAKENNETTAVUUSLUOKKA (ESPOON KAUPUNGIN LUOKITUS)

RAKENNETTAVUUSLUOKAT:

- 1) HELPOSTI RAKENNETTAVA
- 2) NORMAALISTI RAKENNETTAVA
- 3) VAIKEASTI RAKENNETTAVA
- 4) PAALUPERUSTUSTA EDELLYTTÄVÄT ALUEET
- 5) ERITTÄIN VAIKEASTI RAKENNETTAVAT ALUEET
- 6) ERITTÄIN HEIKOSTI RAKENTAMISEEN SOVELTUVAT ALUEET



Tasokoordinaatijärjestelmä ETRS-GK25		Korkeusjärjestelmä: N2000	
Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/rno	Viranomaisten merkintä
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset			
Rakennustoimenpide	POHJARAKENNESUUNNITTELU	Piirustustyyppi	Juoks.no
Rakennustyyppi	ASEMAKAAVA-ALUE N60 OIKOPOLKU	Piirustuksen sisältö	Mittakaava
Kohde	SIPOO	POHJATUTKIMUS- JA RAKENNETTAVUUSLUOKITUSKARTTA	1:500
Suunnittelija		Suunnitteluala, työn numero ja piirustuksen numero	
GEOSOLVER OY		GEO 1080 001	
Y-tunnus: 3009192-7		Muutos	
Suunnittelija: Tuomas Mäkitalo, DI		-	
Vastaava suunnittelija: Juha Kujansuu, DI		-	
Päiväys: 31.3.2021		Piirtäjä: -	
Suunnittelija: Tuomas Mäkitalo, DI		Tarkastaja: -	
Vastaava suunnittelija: Juha Kujansuu, DI		Hyväksyjä: -	

-  SUUNNITTELUALUEEN RAJA
-  RAKENNETTAVUUSLUOKITUSALUEEN RAJA
-  RAKENNETTAVUUSLUOKKA (ESPOON KAUPUNGIN LUOKITUS)

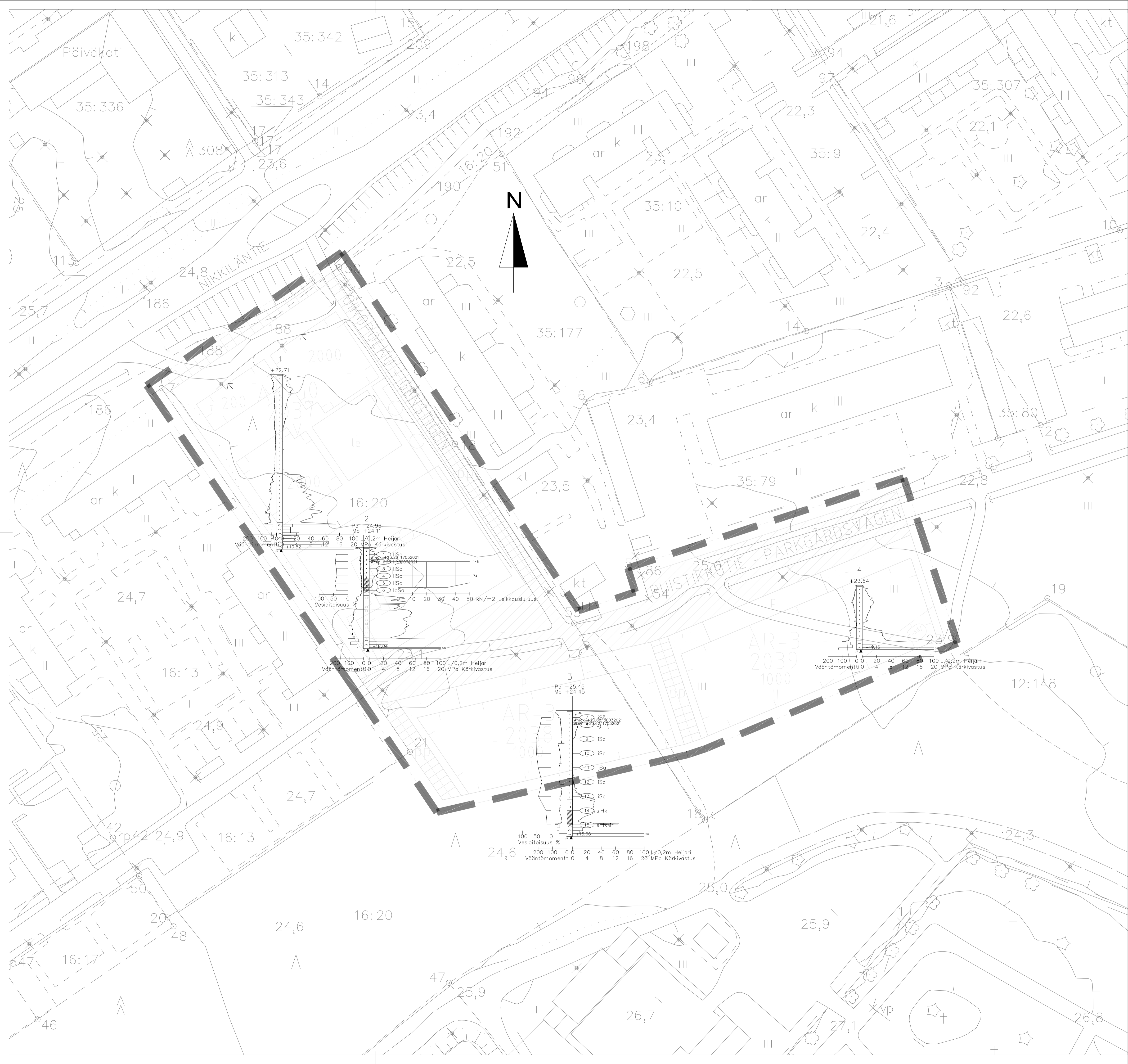
RAKENNETTAVUUSLUOKAT:

- 1) HELPOSTI RAKENNETTAVA
- 2) NORMAALISTI RAKENNETTAVA
- 3) VAIKEASTI RAKENNETTAVA
- 4) PAALUPERUSTUSTA EDELLYTTÄVÄT ALUEET
- 5) ERITTÄIN VAIKEASTI RAKENNETTAVAT ALUEET
- 6) ERITTÄIN HEIKOSTI RAKENTAMISEEN SOVELTUVAT ALUEET



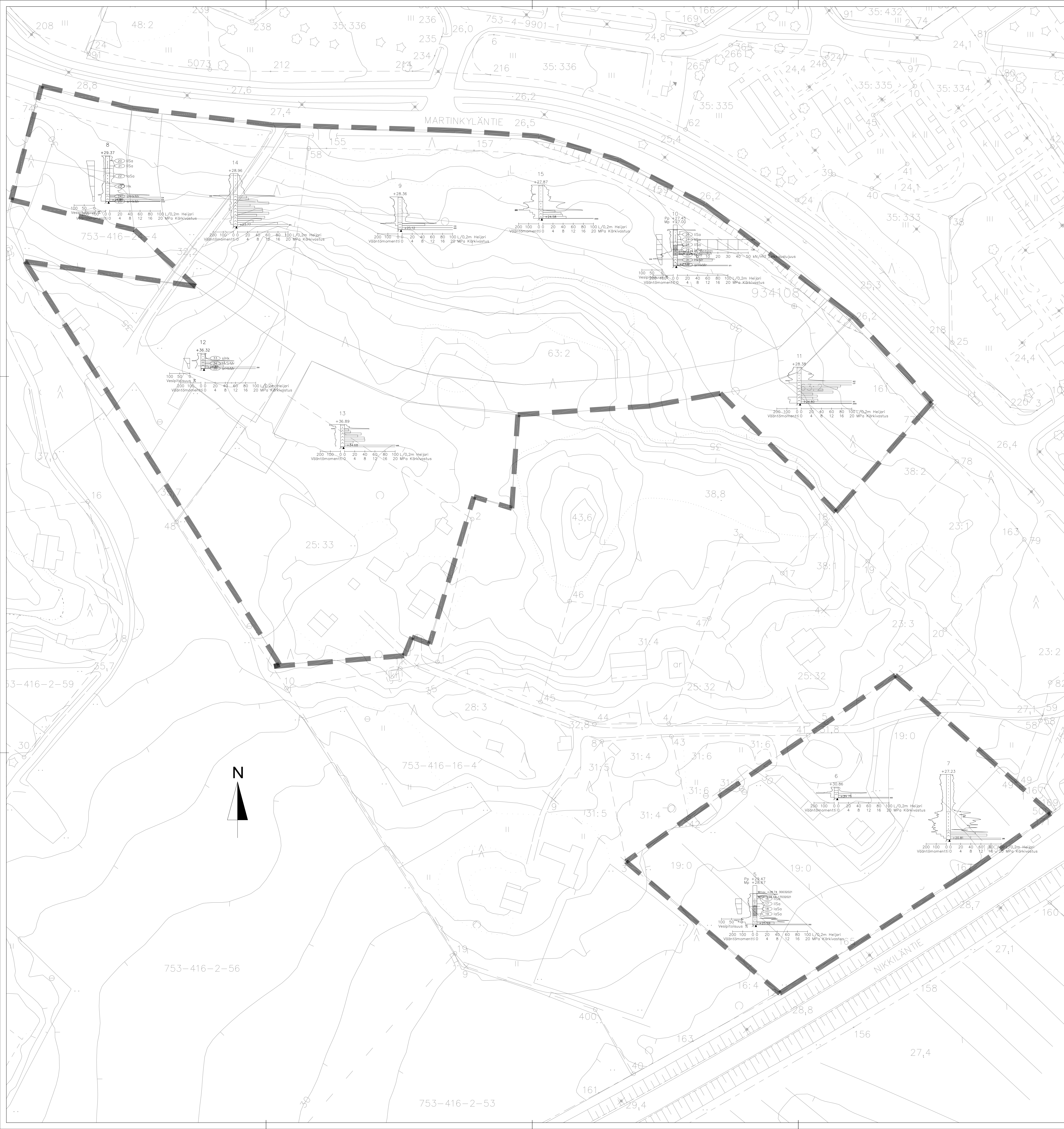
Tasokoordinaattijärjestelmä ETRS-GK25		Korkeusjärjestelmä NZ2000	
Kaupunginosa/Kylä	Korttelin/Tila	Tonttinro	Viranomaisten merkintä
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset			
Rakennustyyppi	Rakennusluokka	Piirustaja	Ausko
RAKENNETTAVUUSSELVITYS ASEMAKAAVA-ALUE N65 METSÄRINNE SIPOO	POHJARAKENNESUUNNITTELU POHJATUTKIMUS- JA RAKENNETTAVUUSLUOKITUSKARTTA	Mittakaava	1:500
GEOSOLVER OY Y-tunnus 306992-7 Tapulitehtävä 27 a 20 00200 Kerava puh. 044 935 7276 www.geosolver.fi etunimi.sukunimi@geosolver.fi		Suunnitteluala, fyysinen ja piirustuksen numero GEO 1080 002	
Päiväys	31.3.2021	Piirittäjä	-
Suunnittelija	Tuomas Hakitalo, DI	Tarkastaja	-
Vastava suunnittelija	Juha Kujansuu, DI	Hyväksyjä	-

--- SUUNNITTELUALUEEN RAJA



Tasokoordinaatiojärjestelmä ETRS-GK25		Korkeusjärjestelmä: N2000	
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tila	Tonhti/rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset			
Rakennustoimenpide RAKENNETTAVUUSSELVITYS	Piirustustyyppi POHJARAKENNESUUNNITTELU	Juoks.no	-
Kohde ASEMAKAAVA-ALUE N60 OIKOPOLKU	Piirustuksen sisältö POHJATUTKIMUSKARTTA (DIAGRAMMIT)	Mittakaava	1:500
SIPOO	Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero	Muutos	-
GEOSOLVER OY	Y-tunnus: 3009192-7	GEO 1080 003	
Tapulikatku 27 a 20 04200 Kerava puh. 044 934 7276	www.geosolver.fi etunimi.sukunimi@geosolver.fi		
Päiväys: Suunnittelija: Vastaava suunnittelija:	31.3.2021 Tuomas Mäkitalo, DI Juha Kujansuu, DI	Piirtäjä:	-
		Tarkastaja:	-
		Hyväksyjä:	-

--- SUUNNITTELUALUEEN RAJA



Tasokoordinaatijärjestelmä ETRS-GK25		Korkeusjärjestelmä NZ2000	
Kaupungissa/Kylä	Korttelu/Tila	Tontti/nro	Viranomasten merkintä
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot		Rakennustunnus/Rakennustunnukset	
Rakennustyyppi	Rakennusvuosi	Piirustaja	Aiheko
RAKENNETTAVUUSSELVITYS ASEMAKAAVA-ALUE N65 METSÄRINNE SIPOO		POHJARAKENNESUUNNITTELU POHJATUTKIMUSKARTTA (DIAGRAMMIT)	
GEOSOLVER OY Y-tunnus 306992-7 Tapulinkatu 27 a 20 00300 Helsinki puh. 044 935 7276 www.geosolver.fi etunimi.sukunimi@geosolver.fi		Suunnitteluala, fyysinen ja piirustuksen numero GEO 1080 004	
Päivys	31.3.2021	Piirittäjä	-
Suunnittelija	Tuomas Hakitalo, DI	Tarkastaja	-
Vastava suunnittelija	Juha Kujansuu, DI	Hyväksyjä	-

**SIPOON KAAVA-ALUEIDEN RAKENNETTAVUUSSELVITYS
N 60 OIKOPOLKU
N 65 METSÄRINNE**

TYÖNUMERO: 1080

1080 GEO 005 KAIRAUSDIAGRAMMIT

Laatinut: Tuomas Mäkitalo, DI

Tarkastanut: Juha Kujansuu, DI

Geosolver Oy
Y-tunnus: 3009192-7
04200 Kerava

31.3.2021

www.geosolver.fi

etunimi.sukunimi@geosolver.fi

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

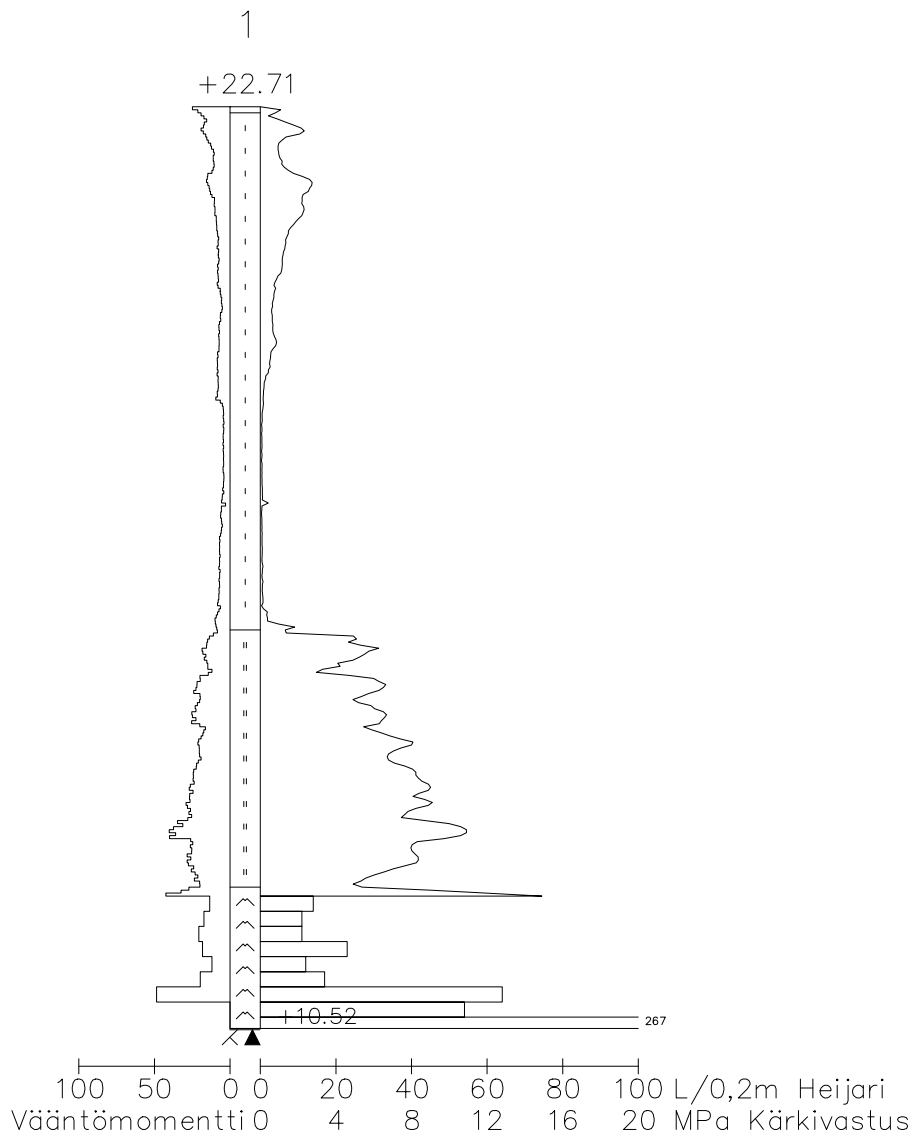
XK: 6695851.26

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514068.29

Pisteen nro: 1

ZK: 22.71



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

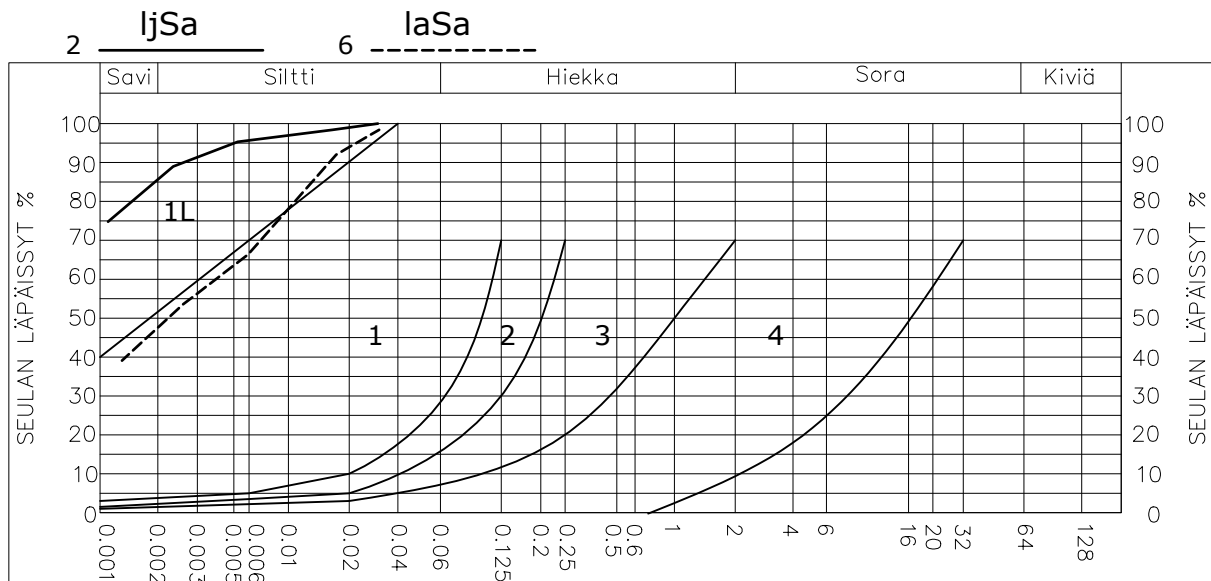
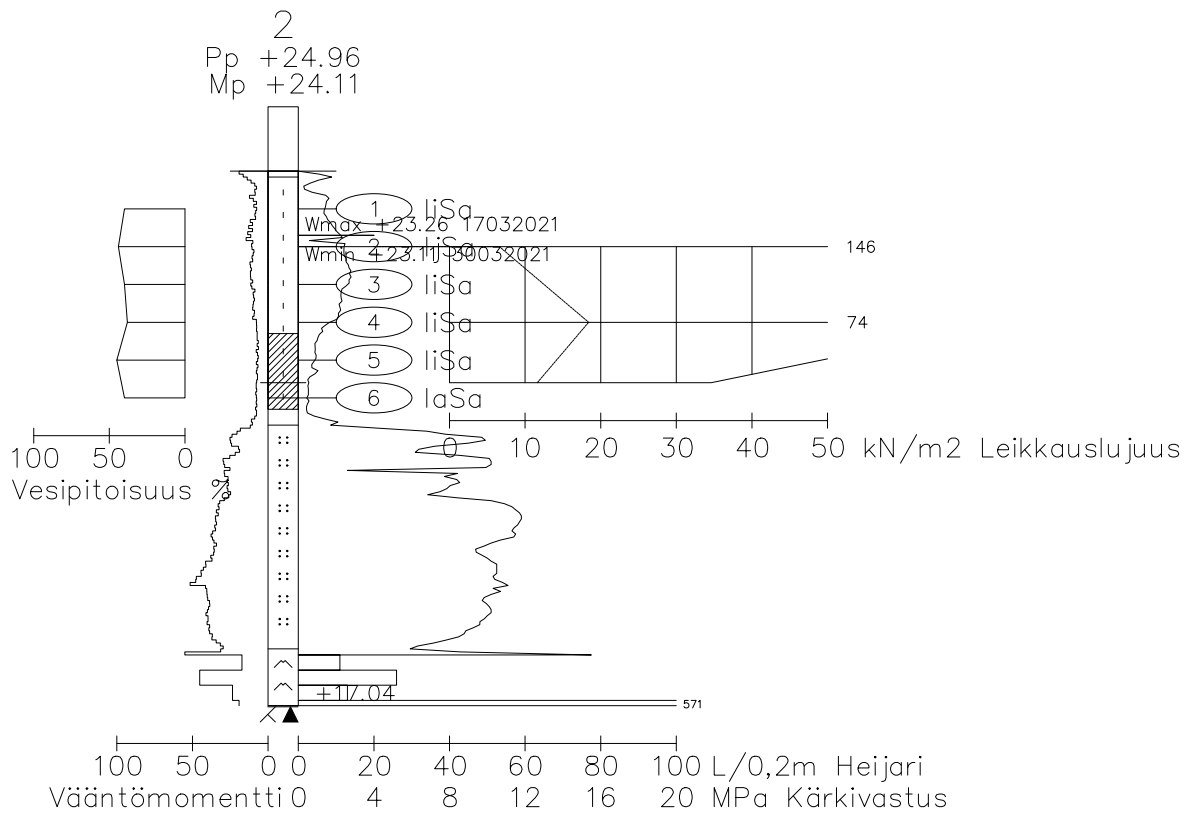
XK: 6695803.04

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514092.51

Pisteen nro: 2

ZK: 24.11



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

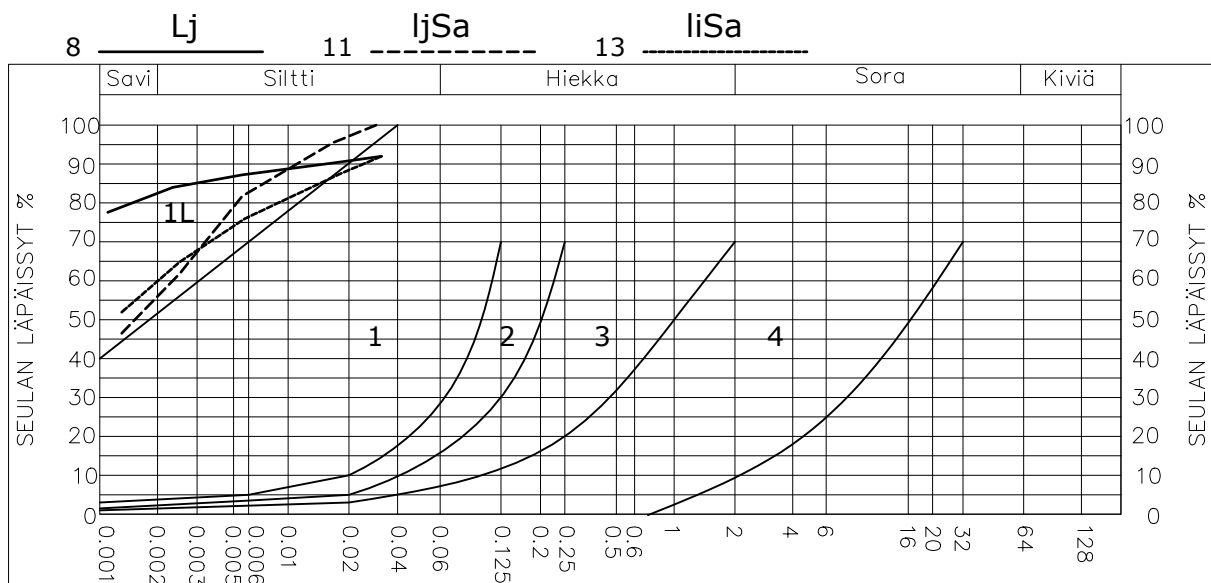
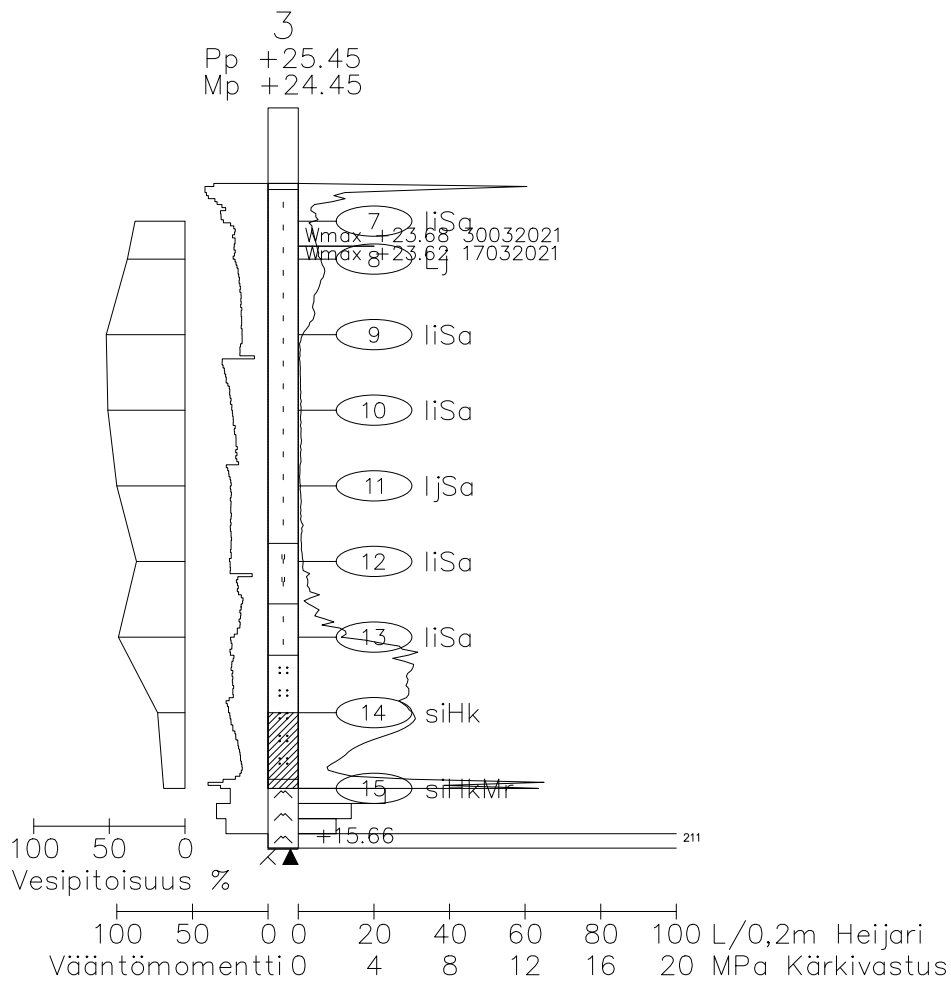
XK: 6695757.51

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514149.28

Pisteen nro: 3

ZK: 24.45



3

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

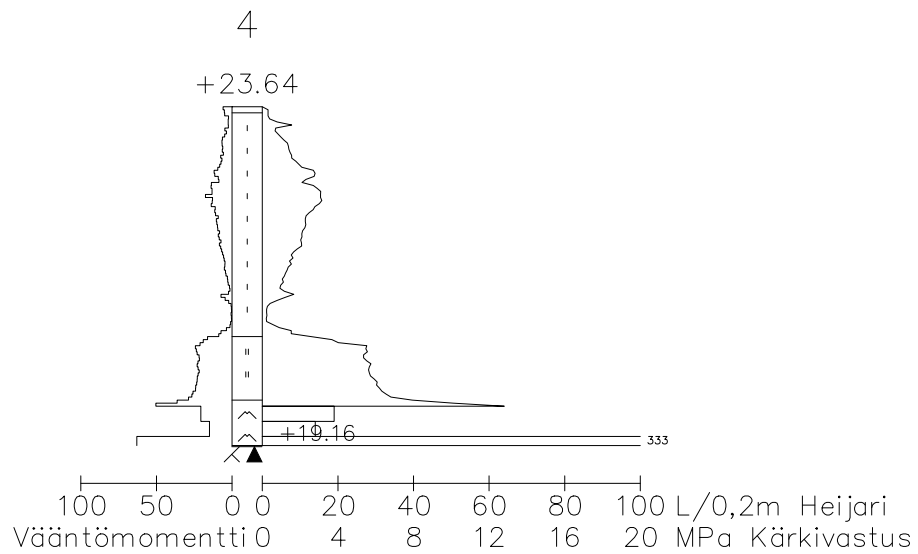
XK: 6695792.42

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514230.20

Pisteen nro: 4

ZK: 23.64



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

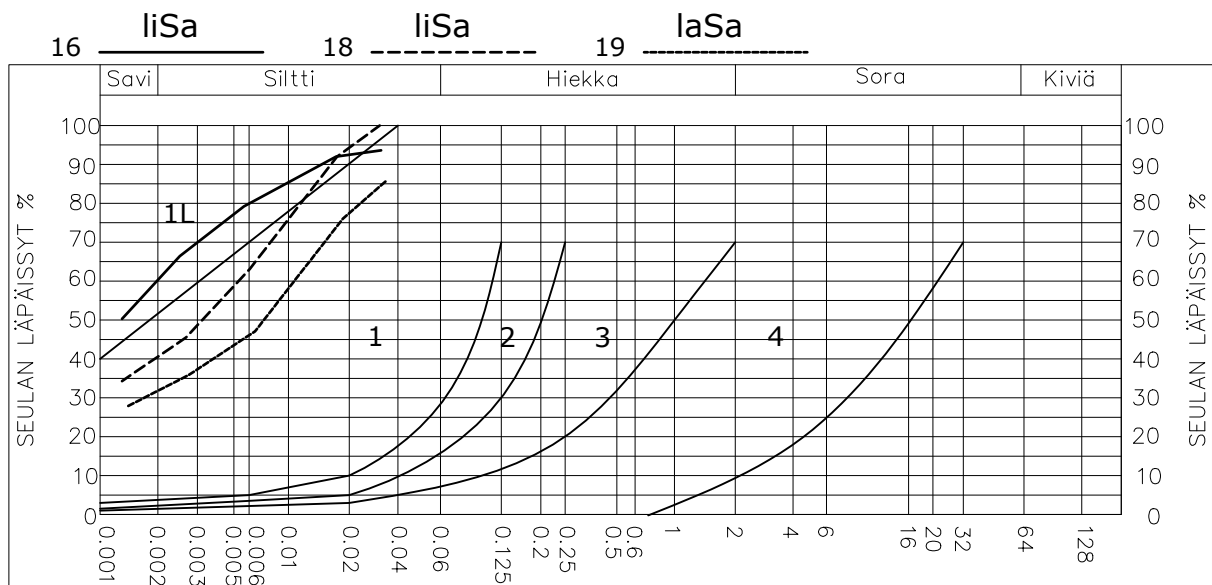
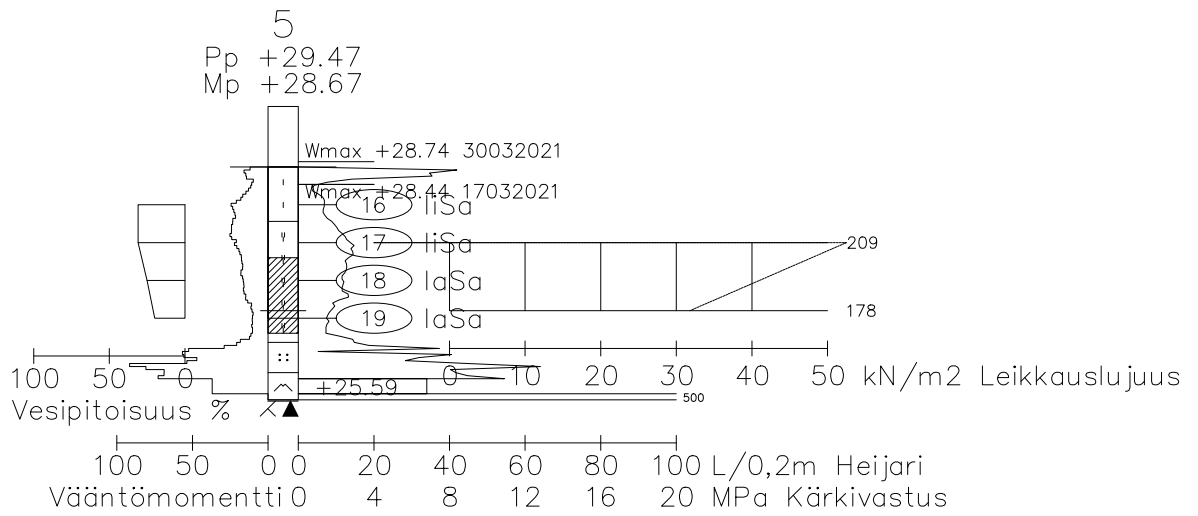
XK: 6695687.50

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513669.69

Pisteen nro: 5

ZK: 28.67



5

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

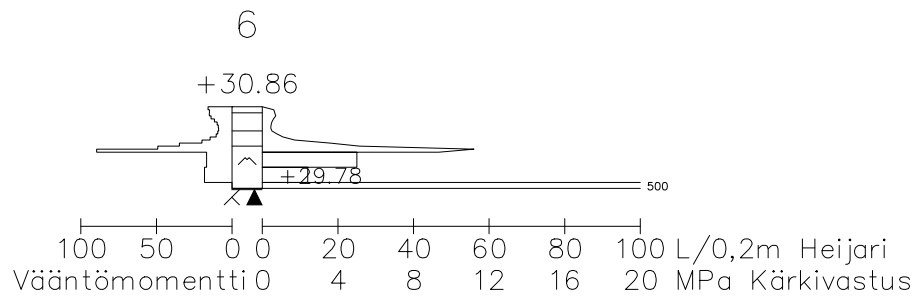
XK: 6695729.55

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513701.80

Pisteen nro: 6

ZK: 30.86



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

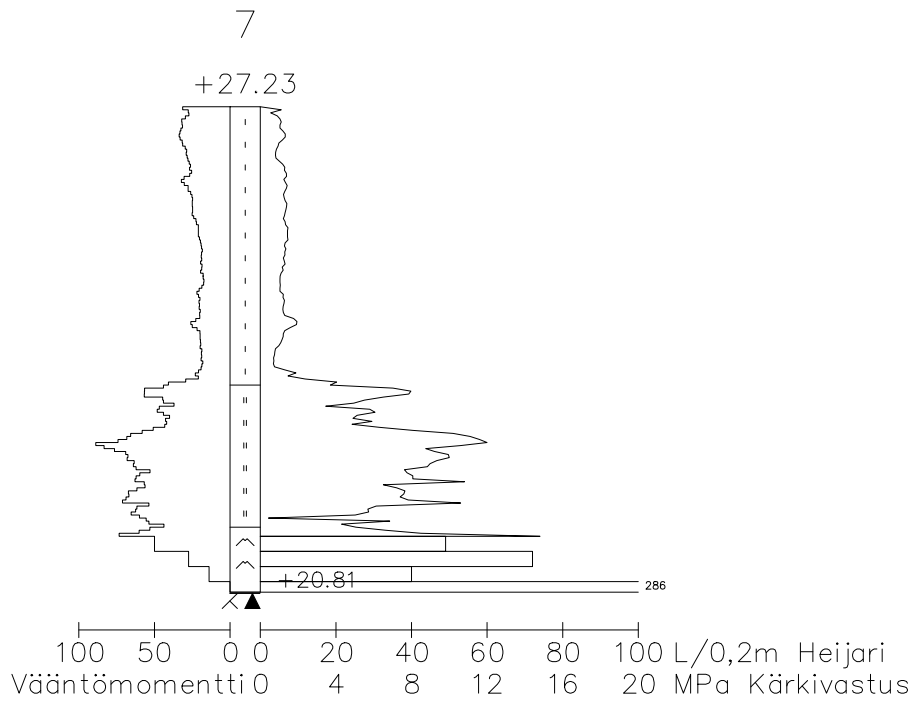
XK: 6695734.53

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuus selvitys

YK: 25513746.06

Pisteen nro: 7

ZK: 27.23



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

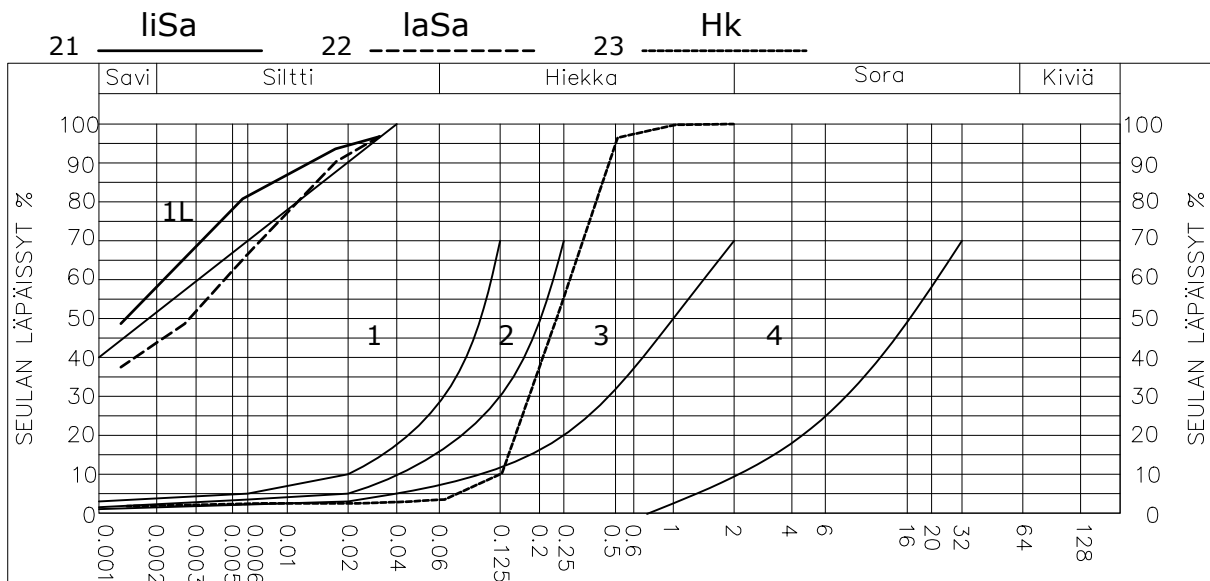
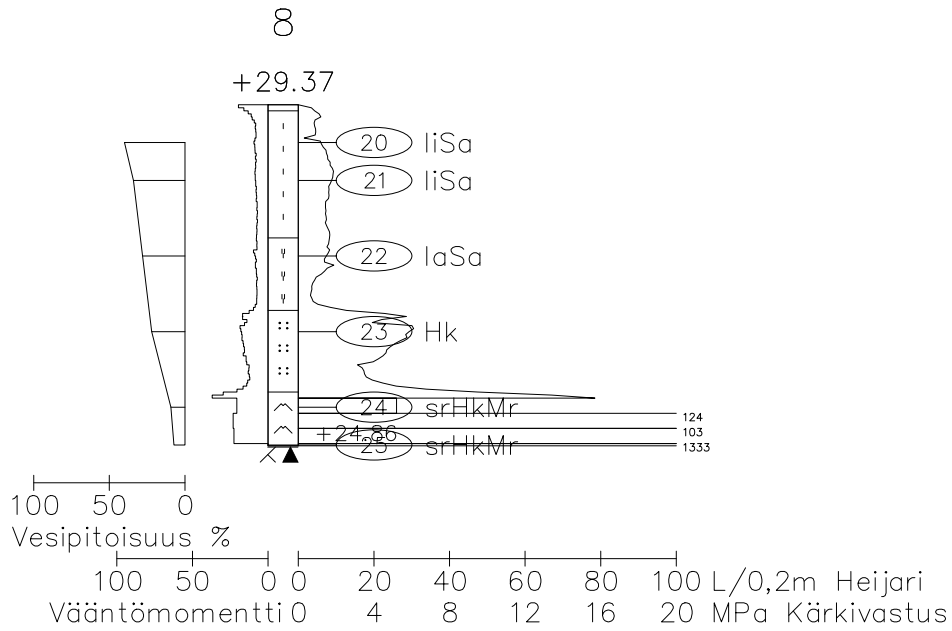
XK: 6695978.70

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513414.31

Pisteen nro: 8

ZK: 29.37



8

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

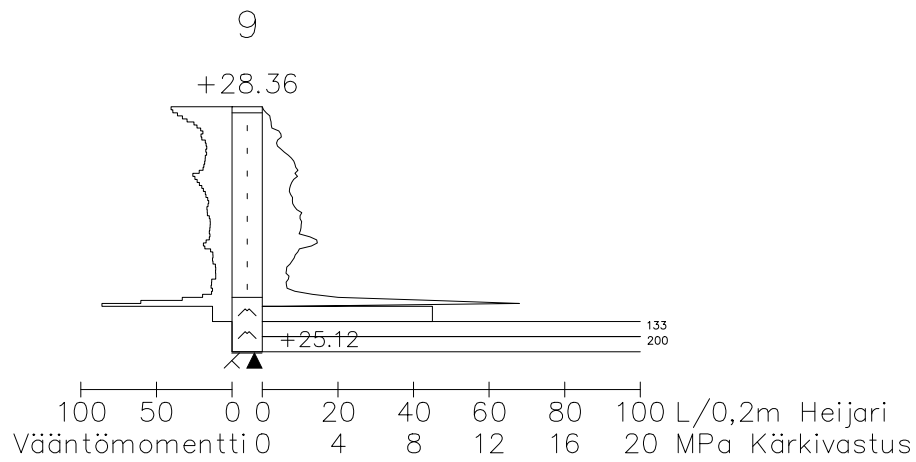
XK: 6695962.49

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513529.67

Pisteen nro: 9

ZK: 28.36



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

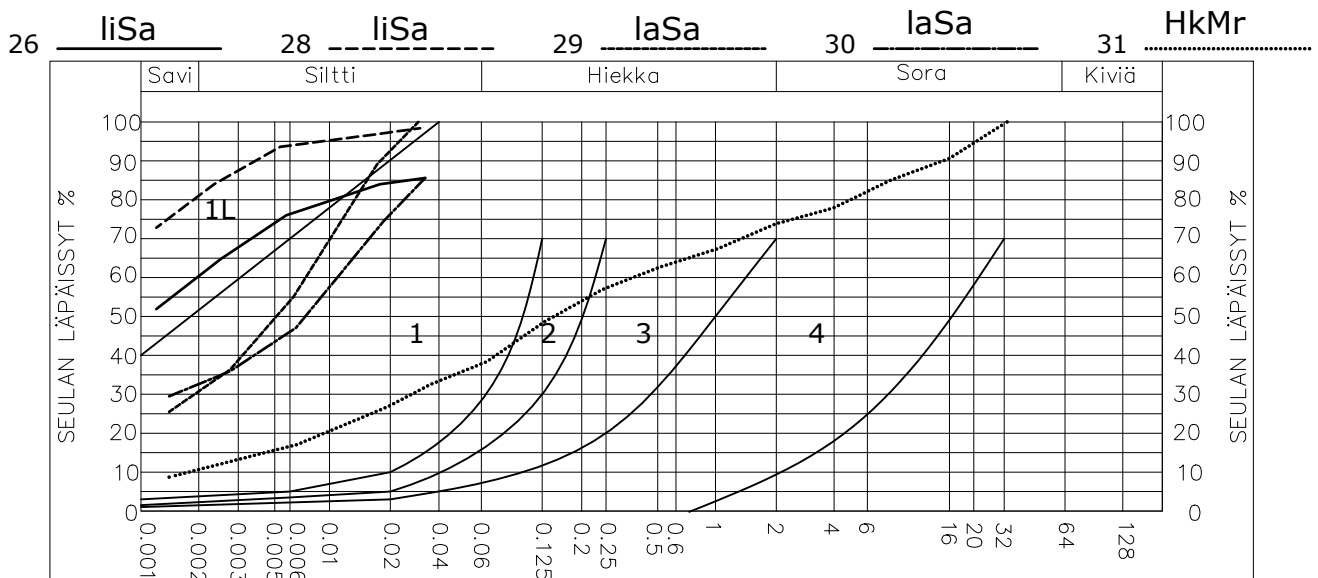
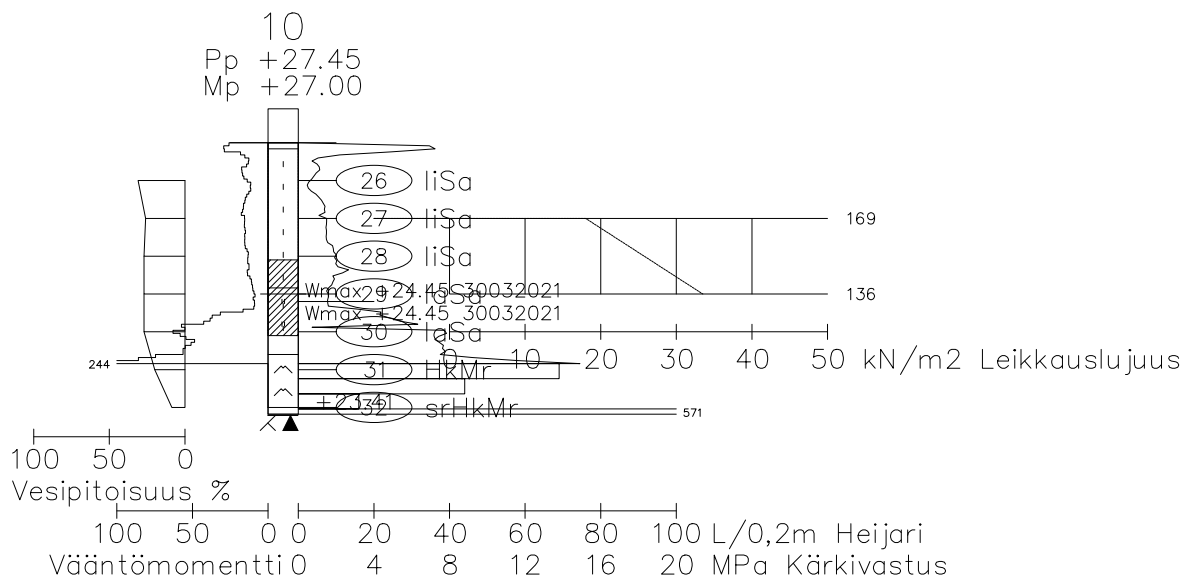
XK: 6695949.63

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513638.28

Pisteen nro: 10

ZK: 27.00



10

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

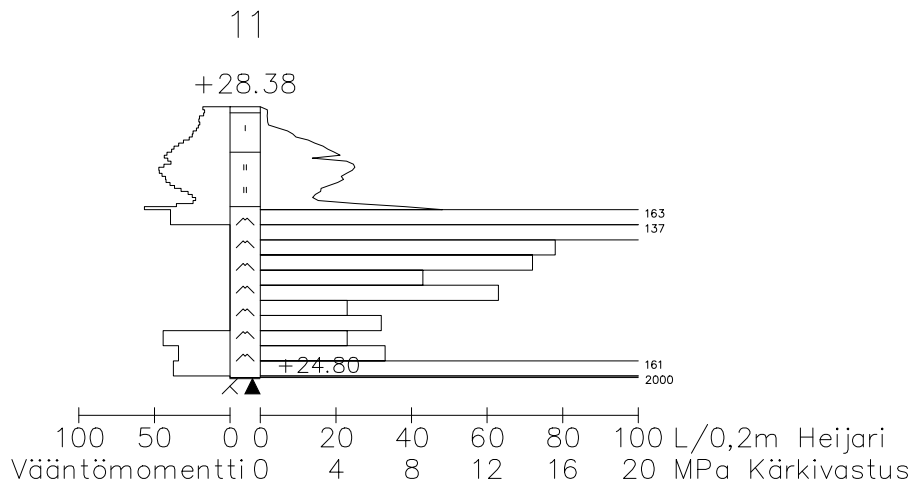
XK: 6695895.30

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513687.14

Pisteen nro: 11

ZK: 28.38



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

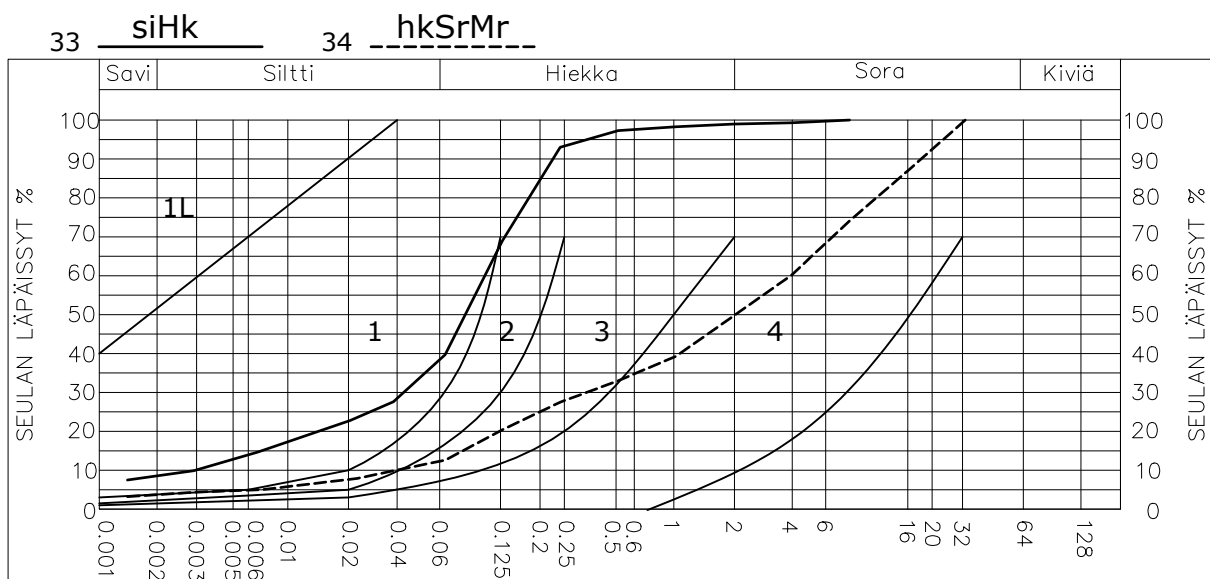
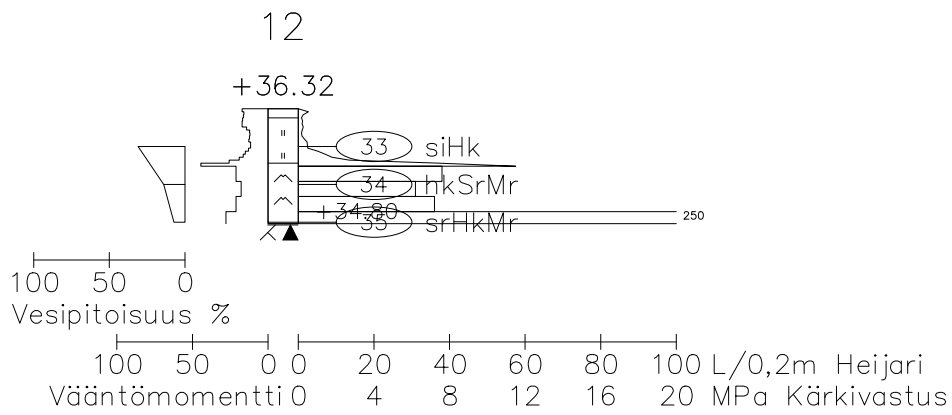
XK: 6695900.78

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513451.94

Pisteen nro: 12

ZK: 36.32



12

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

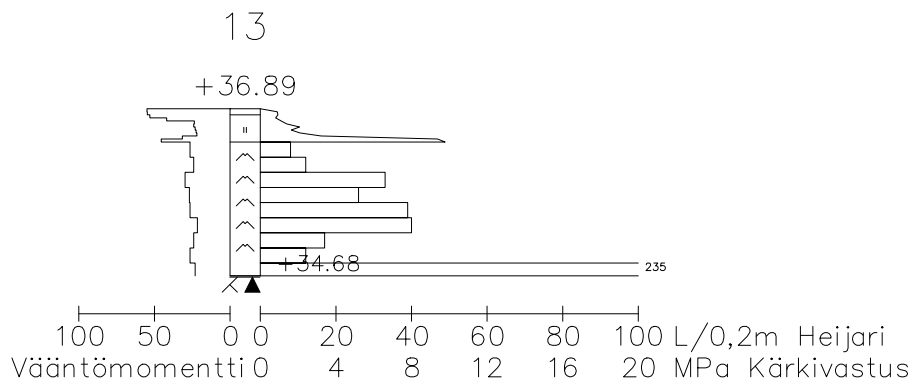
XK: 6695872.67

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513506.98

Pisteen nro: 13

ZK: 36.89



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

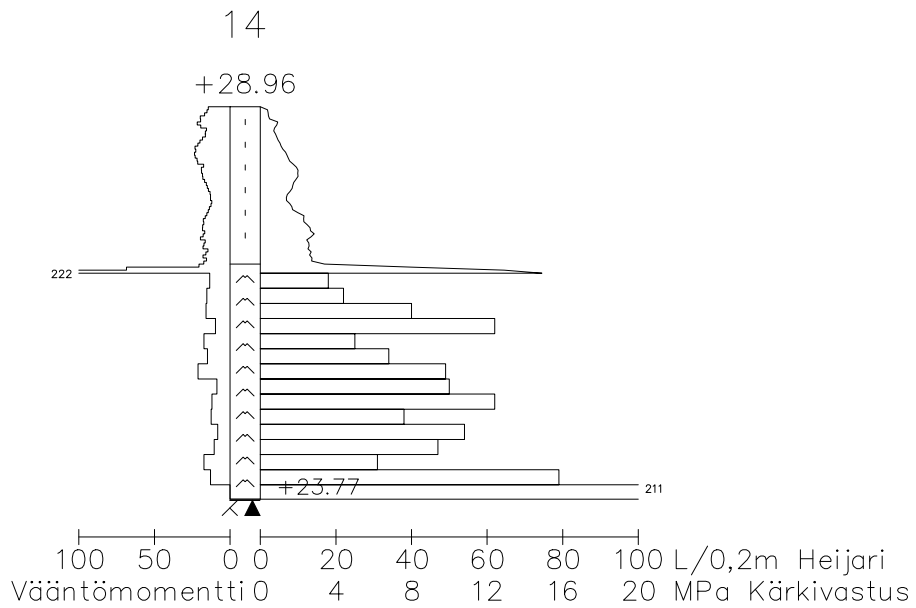
XK: 6695971.64

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513464.73

Pisteen nro: 14

ZK: 28.96



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

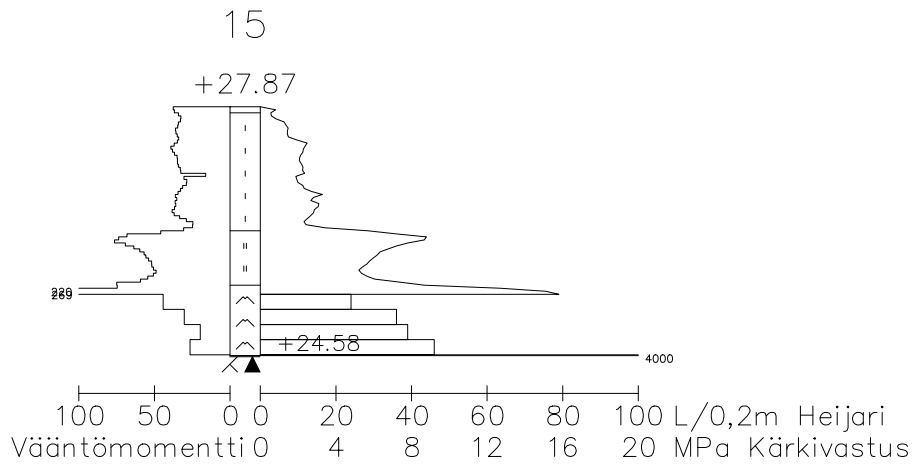
XK: 6695967.14

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513585.23

Pisteen nro: 15

ZK: 27.87



RAKENNETTAVUUSSELVITYS

SIPOON KAAVA-ALUEET:

N 60 OIKOPOLKU

N 65 METSÄRINNE

TYÖNUMERO 1080

31.3.2021



GEOSOLVER OY

Y-tunnus: 3009192-7
Tapulikatu 27 a 20
04200 Kerava

www.geosolver.fi
puh. +358 44 934 7276
etunimi.sukunimi@geosolver.fi

Sisällys

1.	YLEISTÄ.....	1
2.	PINTA- JA POHJASUHTEET	1
2.1.	Alueiden yleiskuvaus.....	1
2.2.	Pinta- ja pohjasuhteet	2
2.2.1.	Oikopolku.....	2
2.2.2.	Metsärinne.....	3
2.3.	Pohjavesi.....	4
2.4.	Pilaantuneet maat.....	5
3.	PERUSTAMISTAVAT JA POHJARAKENTEET	5
3.1.	Oikopolku	5
3.1.1.	Rakennukset.....	5
3.1.2.	Piha-alueet.....	6
3.1.3.	Kadut ja kunnallistekniikka	6
3.2.	Metsärinne, eteläosa	6
3.2.1.	Rakennukset.....	6
3.2.2.	Piha-alueet.....	7
3.2.3.	Kadut ja kunnallistekniikka	7
3.3.	Metsärinne, pohjoisosa	8
3.3.1.	Rakennukset.....	8
3.3.2.	Piha-alueet.....	8
3.3.3.	Kadut ja kunnallistekniikka	9
3.4.	Esirakentamismenetelmät ja kavennysrakenteet.....	9
3.4.1.	Kavennysrakenteet.....	9
3.4.2.	Syvästabilointi	10
3.4.3.	Esikuormitus ja pystysalaojat	10
3.5.	Alustavat painumatarkastelut	11
3.5.1.	Oikopolku.....	11
3.5.2.	Metsärinne.....	11
4.	MUUT POHJARAKENTAMISEEN LIITTYVÄT ASIAT	11
4.1.	Routasuojaus ja kuivatus	11
4.2.	Kuivatus	12
4.3.	Radon	12
4.4.	Kaivannot.....	12



4.5.	Hulevedet.....	13
4.6.	Yhteenveto ja lisäselvitystarve	13
4.7.	Suunnitteluun liittyvät asiakirjat.....	14

Liitteet:**1080 GEO 001 Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokituskartta (Oikopolku)****1080 GEO 002 Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokituskartta (Metsärinne)****1080 GEO 003 Pohjatutkimuskartta (diagrammit, Oikopolku)****1080 GEO 004 Pohjatutkimuskartta (diagrammit, Metsärinne)****1080 GEO 005 Kairausdiagrammit**

1. YLEISTÄ

Olemme laatineet Sipoon kunnan toimeksiannosta rakennettavuusselvityksen kahdelle Sipoon asemakaava-alueelle, jotka ovat Oikopolku (1,3 ha) ja Metsärinne (4,4 + 1,0 ha), Metsärinne koostuu eteläisestä ja pohjoisesta alueesta. Tutkittujen alueiden sijainti on esitetty pohjatutkimuskartoissa ja kuvassa 1.



Kuva 1. Suunnittelualueiden sijainti Sipoossa.

Pohjatutkimustulosten perusteella on arvioitu tulevien rakennuksien, piha-alueiden ja kunnallistekniikkaan liittyvien rakenteiden perustamistapoja. Pohjatutkimukset on esitetty piirustuksissa GEO 001–004. Pohjatutkimukset on tulostettu tasokoordinaatistossa ETRS-GK25 ja korkeusjärjestelmässä N2000.

2. PINTA- JA POHJASUHTEET

2.1. Alueiden yleiskuvaus

Seuraavassa on esitetty GTK:n maaperäkartta, johon on rajattu suunnittelualueet (kuva 2). Oikopolun suunnittelualueella pintamaalaji on koko alueella savi (sininen). Alue sijoittuu nykyisten kerrostaloalueiden väliin ja on nykyisellään rakentamatonta ja puustovaltaista aluetta. Alueen läpi kulkee kevyen liikenteen reitti. Luoteessa aluetta rajaa Nikkiläntie, koillisessa ja lounaassa kerrostalotontit. Kuvassa 2 on esitetty alue maaperäkartalla.





Kuva 2. Suunnittelualueet GTK:n maaperäkartalla (sininen savikko, punainen kallioperäistä aluetta)

Metsärinteiden alue on jaettu kahteen osaan, joista kummastakin löytyy sekä savi- että kallioperäistä aluetta. Alueella on puustoa ja nykyisiä rakennuksia sekä suunnittelualueella että välittömästi sen vieressä. Lisäksi alueelle sijoittuu ojitettua peltomaata. Metsärinteiden alue rajoittuu Nikkiläntien ja Martinkyläntien väliin.

Tarkemmat aluerajaukset käyvät ilmi piirustuksista *GEO 001–004*.

Oikopolun alueella tehtiin yhteensä 4 puristinheijarikairaus, 1 siipikairaus ja 1 pisteestä otettiin häiriintyneitä maanäytteitä. Lisäksi asennettiin 2 pohjavesiputkea. Maanäytteistä määritettiin rakeisuus ja humuspitoisuus yhteensä 4 eri syvyydestä.

Metsärinteiden alueella tehtiin yhteensä 11 puristinheijarikairaus, 2 siipikairaus ja 4 pisteestä otettiin häiriintyneitä maanäytteitä. Lisäksi asennettiin 2 pohjavesiputkea. Maanäytteistä määritettiin rakeisuus yhteensä 13 eri syvyydestä.

2.2. Pinta- ja pohjasuhteet

2.2.1. Oikopolku

Alue on pinnanmuodoiltaan melko tasaista, matalimmat kohdat ovat alueen pohjois- ja itäpäässä, noin korkeustasolla +23 tai hiukan sen alapuolella. Korkein kohta on alueen keskikohdalla hiukan korkeustason +25 yläpuolella. Pohjatutkimuksen yhteydessä ei tehty



alueen pintavaaitusta, vaan korkeustiedot perustuvat kairauksiin ja Sipoon kartta-aineistoon.

Tutkimusalueella kairauspituus vaihteli välillä 4,4...12,2 m. Kairaukset ovat päättyneet kiveen, kallioon tai tiiviiseen maakerrokseen. Kairausten perusteella tyyppilliset maalajiarviot ovat maanpinnasta alaspäin lueteltuna seuraavat:

1. Kuivakuorikerros. Rakeisuudeltaan savea olevan kuivakuorikerroksen paksuus vaihteli välillä 1,0...1,5 m ja luonnontilainen vesipitoisuus välillä 31...38 %. Kuivakuorikerroksessa havaittiin savessa paikoin myös eloperäistä ainesta, humuspitoisuus vaihteli välillä 2,7...8,8 %. Maalajeiltaan maakerros oli lihavaa savea, liejuista savea tai savista liejua.

2. Savikerros. Maakerros on rakeisuudeltaan lihavaa tai liejuista savea ja maakerroksen paksuus vaihtelee välillä 2,0...6,0 m. Saven luonnontilainen vesipitoisuus maanäytteissä vaihteli välillä 32...52 %. Savikerroksen paksuus kasvaa pohjoiseen päin mentäessä ja ohuimmillaan se on alueen itäosassa. Pisteessä 3 havaittiin savessa myös eloperäistä ainesta, syvyydeltä 4,0 m otetussa näytteessä humuspitoisuus oli 3,3 %. Savikerroksen siipikairalla mitattu (redusoimaton) suljettu leikkauslujuus pisteessä 2 oli välillä 34,6...73,6 kPa. Savesta ei havaittu aistinvaraisesti viitteitä sulfidisavesta.

3. Siltti/hiekkakerros. Savikerros muuttuu siltiksi/hiekaksi, jonka kerrospaksuus on välillä 1,0...3,5 m. Maakerroksen luonnontilainen vesipitoisuus oli tästä maakerroksesta otetussa maanäytteessä 18 % ja maalaji oli silttinen hiekka.

4. Hiekkamoreenikerros. Kairaukset ovat päättyneet tähän maakerrokseen, kiviin tai kallioon korkeustasolla +10,5...+19,2 eli 4,4...12,2 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kairaukset etenivät ennen päättymistään tässä maakerroksessa 0,5...2,0 m. Maakerroksesta otetussa maanäytteessä maalaji oli silttinen hiekkamoreeni ja luonnontilainen vesipitoisuus oli 14 %. Maakerroksen yläosassa esiintyy löyhiä kohtia.

Tutkimuksissa ei ole selvitetty kalliopinnan korkeustasoa.

2.2.2. Metsärinne

Metsärinteen alue jakautuu kahteen osaan, joista pienempi etelänpuoleinen osa sijaitsee Nikkiläntien varressa. Tällä alueella maanpinta laskee kaakon suuntaan Nikkiläntietä kohti. Alueen alin kohta on itäkulmassa noin hiukan tason +27 alapuolella ja korkein kohta alueen keskivaiheilla olevan mäen kohdalla tasolla +32.

Metsärinteen suurempi pohjoispuolinen osa käsittää jyrkähkön mäen, jolla esiintyy alueen keskiosissa myös avokallioita. Korkein kohta on noin tasolla +39. Maanpinta laskee tältä kohtaa joka suuntaan, pohjoiseen ja itään erityisen jyrkästi. Alueen pohjoisrajalla Martin kyläntien kupeessa korkeustaso on noin +27. Länteen ja etelään mentäessä maanpinta laskee noin tasolle +35...+36.



Pohjatutkimuksen yhteydessä ei tehty alueen pintavaaitusta, vaan korkeustiedot perustuvat kairauksiin ja Sipoon kartta-aineistoon.

Tutkimusalueella kairauspituus vaihteli välillä 1,5...6,5 m. Kairaukset ovat päättyneet kiveen, kallioon tai tiiviiseen maakerrokseen. Kairausten perusteella tyyppilliset maalajit ovat maanpinnasta alaspäin lueteltuna seuraavat:

1. Kuivakuorikerros. Paikoin (savialueilla) esiintyy ohut, noin 0,5 m paksu kuivakuorikerros, joka on rakeisuudeltaan savea. Maakerroksen luonnontilainen vesipitoisuus oli 31 %.

2. Savikerros (Martinkyläntien kupessa ja eteläpuolisella osalla). Maakerros on rakeisuudeltaan laihaa tai lihavaa savea ja kerroksen paksuus vaihtelee välillä 1,5...4,0 m. Savikerros ohenee korkeammalle liikuttaessa ja paksuimmillaan se on aivan Martinkyläntien kupessa sekä eteläpuolisen osan itäosassa. Saven luonnontilainen vesipitoisuus vaihteli välillä 20...28 %.. Savikerroksen siipikairalla mitattu (redusoimaton) suljettu leikkauslujuus oli välillä 18,0...52,5 kPa. Suljettu leikkauslujuus oli suurempi eteläpuolisen osan siipikairauspisteessä. Savesta ei havaittu aistinvaraisesti viitteitä sulfidisavesta.

3. Siltti/hiekkakerros. Savikerros muuttuu siltiksi/hiekaksi, jonka kerrospaksuus on välillä 0,5...1,5 m. Osassa pisteitä (korkeammalla mäellä) tehdyissä kairauksissa tämä maakerros on ensimmäinen maakerros. Kerroksen luonnontilainen vesipitoisuus vaihteli välillä 22...31 % ja maalaji vaihteli silttisestä hiekasta hiekkaan.

4. Hiekkamoreenikerros. Kairaukset ovat päättyneet tähän maakerrokseen, kiviin tai kallioon korkeustasolla +20,8...+34,8 eli 1,5...6,5 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kairaukset etenivät ennen päättymistään tässä maakerroksessa 0,5...2,0 m. Maakerroksesta otetuissa maanäytteissä maalaji vaihteli silttisestä hiekkamoreenista hiekkaiseen soramoreeniin ja luonnontilainen vesipitoisuus vaihteli välillä 7,3...20 %. Maakerroksen yläosassa on paikoin löyhiä kohtia.

Tutkimuksissa ei ole selvitetty kalliopinnan korkeustasoa. Metsärinteen eteläosan alueella nykyisen rakennuksen ympäristössä havaittiin tonttikatselmuksen yhteydessä avokalliopintoja.

2.3. Pohjavesi

Suunnittelualueista Oikopolku sijoittuu kokonaan ja Metsärinne osittain pohjavesialueelle. Kairaustöiden yhteydessä asennettiin pohjaveden tarkkailuputkia kaikkiaan 4 kappaletta, joista 2 Oikopolun alueella ja 2 Metsärinteen alueelle.

Tarkkailuputkien uusimpien (29.3.2021) vesipintatietojen perusteella pohjaveden painetaso on Oikopolun alueella tasolla +23,11...+23,68 eli noin 0,8...1,0 m maanpinnan alapuolella.



Metsärinteen eteläpuolisella alueella vesipinnan painetaso oli +28,74, mikä on noin 0,10 m maanpinnan yläpuolella. Tällä kohtaa pohjavesi on savisen rinteen kohdalla siis paineellista.

Metsärinteen pohjoispuolisella alueella Martinkyläntien kupeessa (tutkimuspisteessä 10) pohjavesipinnasta saatiin vain heikko havainto aivan putken pohjasta, noin 2,5 metrin syvyydessä maanpinnasta. Tulkintamme mukaan pohjavesialue ei siis ulotu suunnittelualueelle, vaan pohjavesialueen raja on kauempana Martinkyläntien pohjoispuolella.

2.4. Pilaantuneet maat

Tutkimusalueelta ei saatu kairaustyön yhteydessä viitteitä maaperän pilaantuneisuudesta. Maankaivun yhteydessä tulee kuitenkin aistinvaraisesti tarkkailla kaivettavan maan laatua. Jos havaitaan hajuja tai värimuutoksia, tulee ottaa yhteys ympäristöviranomaiseen, joka määrittää tarvittavat toimenpiteet.

3. PERUSTAMISTAVAT JA POHJARAKENTEET

Pohjatutkimusten perusteella on tonteille määritetty rakennettavuusluokitus Espoon kaupungin soveltaman rakennettavuusluokituksen (Liite 1) mukaisesti rakennettavuusluokkiin 1-6. Rakennettavuusluokat on jaoteltu Espoon ohjeiden mukaisesti niin, että luokka 1 on helposti rakennettava ja luokka 6 puolestaan erittäin heikosti rakentamiseen soveltuva alue. Alustava rakennettavuusluokittelu tutkimusalueella rakennuksille, pihuille ja kaduille ovat:

Taulukko 1: Rakennettavuusluokittelu alueittain

Alue	Rakennukset	Piha-alueet	Kadut ja kunnallistekniikka
Oikopolku	4	4	4
Metsärinne (etelä)	3-4	3-4	3-4
Metsärinne (pohjoinen)	2-3; 5	2-3; 5	2-3; 5

3.1. Oikopolku

3.1.1. Rakennukset

Alue on luokiteltu paaluperustusta edellyttäväksi alueeksi (luokka 4), sillä kantava maakerros on 4...11 m syvyydessä. Rakennukset tulee perustaa tukipaaluilla kantavan maakerroksen varaan. Vain kevyet rakenteet voidaan mahdollisesti perustaa maanvaraisesti, mutta tämä on tutkittava tapauskohtaisesti.



3.1.2. Piha-alueet

Piha-alueiden perustaminen saattaa edellyttää esirakentamista, mutta toimenpiteet ja niiden laajuus vaihtelevat alueittain savikerroksen paksuuden sekä tulevan maanpinnan korkotason mukaan. Alustavien painumalaskelmien perusteella maksimissaan 1 m pengerkorkeudella noin puolet painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana, jolloin rakennusajan jälkeinen painuma on hallittavissa (painumatarkastelut ks. kohta 3.5). Oleellista on vaiheistaa rakentaminen siten, että penkereet eli täytöt rakennetaan heti alkuvaiheessa ja ne ehtivät painua mahdollisimman paljon jo rakennusaikana. Tarvittaessa voidaan rakenteita toteuttaa kevennettyinä esimerkiksi vaahtolasilla tai kevytsoralla.

Mikäli tavoitellaan suurempaa pengerkorkeutta tai pienempää rakentamisen jälkeistä painumaa, voidaan suorittaa esirakentamistoimenpiteitä. Esirakennusvaihtoehtoista suositeltavin ja taloudellisin vaihtoehto on esikuormitus (ts. painopenger). Savikerroksen paksuus vaikuttaa oleellisesti painuma-aikaan. Painumanopeutta voidaan lisätä savikerroksen pystyjoituksella ja korottamalla esikuormituspengertä, jos se stabiliteetin puolesta on mahdollista.

Vaihtoehtoisesti savikerrosta voidaan lujittaa syvästabiloinnilla.

3.1.3. Kadut ja kunnallistekniikka

Katujen ja kunnallistekniikan vaatimat pohjanvahvistustoimenpiteet riippuvat suunnitellusta pinnantasauksesta. Alle 1,0 m pengerkorkeudella rakennusajan jälkeiset painumat ovat hallittavissa, jos kadut ja kunnallistekniset linjat toteutetaan esimerkiksi kevennysrakenneilla. Yli 1,0 m pengerkorkeudella kadut ja kunnallistekniset linjat on suositeltavaa perustaa joko esikuormitetun tai syvästabiloinnilla vahvistetun maan varaan. Tarkempi esirakennussuunnittelu sekä katujen geotekninen suunnittelu tulee tehdä sitten, kun katujen tasaus on suunniteltu ja putkistojen sekä tekniikoiden korkeustasot on määritetty.

3.2. Metsärinne, eteläosa

3.2.1. Rakennukset

Alueen eteläosa on luokiteltu osittain paaluperustusta edellyttäväksi alueeksi (luokka 4) ja osittain vaikeasti rakennettavaksi (luokka 3), sillä kantava maakerros on näillä alueilla vastaavasti noin 6 m ja noin 3 m syvyydessä. Länsipäässä osa alueesta on luokiteltu luokkaan 3 vaihtoehtoisesti jyrkkäpiirteisyyden takia, sillä maanpinnan kaltevuus ylittää paikoin 15 %.

Savikkoisilla alueilla rakennukset tulee perustaa tukipaaluilla kantavan maakerroksen varaan tai vaihtoehtoisesti ohuemmalla pehmeiköllä tehdä massanvaihto kantavan



maakerroksen (moreeni) yläpintaan saakka. Vain kevyet rakenteet voidaan mahdollisesti perustaa maanvaraisesti, mutta tämä on tutkittava tapauskohtaisesti. Keskiosan mäen kohdalla voi olla mahdollista perustaa rakennukset ilman pohjanvahvistuksia, ainoastaan poistamalla löyhät ja eloperäiset pintamaakerrokset.

3.2.2. Piha-alueet

Piha-alueiden perustaminen saattaa edellyttää eteläosan savikkoalueella (luokka 4) esirakentamista, mutta toimenpiteet ja niiden laajuus vaihtelevat alueittain savikerroksen paksuuden sekä tulevan maanpinnan korkotason mukaan. Maksimissaan 1 m pengerkorkeudella noin puolet painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana, jolloin rakennusajan jälkeinen painuma on hallittavissa.

Esirakennusvaihtoehtona suositeltavin ja taloudellisin vaihtoehto on esikuormitus (ts. painopenger). Savikerroksen paksuus vaikuttaa oleellisesti painuma-aikaan. Painumanopeutta voidaan lisätä savikerroksen pystyjoituksella ja korottamalla esikuormituspengertä, jos se stabiliteetin puolesta on mahdollista. Rakennekerroksia voidaan tarvittaessa rakentaa kevennettyinä kevytsorasta tai vaahtolasista, mikä vähentää painumista.

Ohuella, alle 2,5 m savikolla (luokka 3, eteläosan länsipää) toimenpiteenä riittää todennäköisesti rakentamisen vaiheistus siten, että penkereiden rakentaminen tapahtuu heti alkuvaiheessa. Näin suurin osa painumasta ehtii tapahtua rakennusaikana. Suuremmalla pengerkorkeudella (>1,0 m) tulee kysymykseen savipohjan esikuormitus. Myös massanvaihto on toteutettavissa, mutta se tulee suunnitella huolellisesti etenkin jyrkkäpiirteisillä alueilla stabiliteetin varmistamiseksi.

3.2.3. Kadut ja kunnallistekniikka

Katujen ja kunnallistekniikan vaatimat pohjanvahvistustoimenpiteet eteläosan savikkoalueella (luokka 4) riippuvat pitkälti suunnitellusta pinnantasauksesta. Alle 1,0 m pengerkorkeudella rakennusajan jälkeiset painumat ovat hallittavissa, jos kadut ja kunnallistekniset linjat toteutetaan esimerkiksi kevennysrakenteilla. Yli 1,0 m pengerkorkeudella kadut ja kunnallistekniset linjat on suositeltavaa perustaa joko esikuormitetun tai syvästabiloinnilla vahvistetun maan varaan.

Tarkempi esirakennussuunnittelu sekä katujen geotekninen suunnittelu tulee tehdä siten, kun katujen tasaus on suunniteltu ja putkistojen sekä tekniikkalinjojen korkeustasot on määritetty.

Ohuella, alle 2,5 m paksuisella savikolla (luokka 3, eteläosan länsipää) toimenpiteenä riittää todennäköisesti rakentamisen vaiheistus siten, että penkereet ehtivät painua mahdollisimman paljon rakennusaikana. Tavoiteltaessa pienempiä rakentamisen jälkeisiä painumia



tai tavoiteltaessa suurempaa pengerkorkeutta, voidaan käyttää kevennysrakenteita tai esikuormitusta. Myös massanvaihto on toteutettavissa, mutta se tulee suunnitella huolellisesti etenkin jyrkkäpiirteisillä alueilla stabiliteetin varmistamiseksi.

3.3. Metsärinne, pohjoisosa

3.3.1. Rakennukset

Suuremmalla pohjoispuolisella osalla Martinkyläntien kupeessa oleva alue on luokituksestaan 2-3 (normaalisti rakennettava – vaikeasti rakennettava), riippuen kantavan maakerroksen syvyydestä ja alueen jyrkkäpiirteisyydestä. Paikoin kantava maakerros on jo 1,5 m syvyydessä ja paksuimmillaan savea on noin 2,5 m. Maanpinnan kaltevuus vaihtelee 15 %:n molemmin puolin.

Mäen harjanteen kohdalla luokitus on 5 (erittäin vaikeasti rakennettava) johtuen yli 30 % maanpinnan kaltevuudesta. Harjanteen eteläpuolella osassa aluetta maanpinnan kaltevuus on 15...30 % (luokka 3) ja osassa aluetta alle 15 %. Tällä alueella myös kantava maakerros (moreeni) on hyvin pinnassa, joten luokitus on luokka 2.

Savikkoisilla alueilla rakennukset tulee perustaa tukipaaluilla kantavan maakerroksen varaan tai vaihtoehtoisesti ohuemmalla pehmeiköllä tehdä massanvaihto kantavan maakerroksen (moreeni) yläpintaan saakka. Vain kevyet rakenteet voidaan mahdollisesti perustaa maanvaraisesti, mutta tämä on tutkittava tapauskohtaisesti.

Alueen keskikohdan/harjanteen eteläpuolen moreenimäellä rakennuksen voidaan perustaa maanvaraisesti poistamalla löyhät/eloperäiset pintamaat. Rinteen alueella, jossa maapeitteen paksuus on ohut, rakentaminen edellyttää todennäköisesti louhintatöiden suorittamista.

3.3.2. Piha-alueet

Martinkyläntien läheisyydessä savikkoalueella maksimissaan 1 m pengerkorkeudesta aiheutuvat painumat ovat vielä hallittavissa, mikäli rakentaminen vaihteistetaan siten, että penkereet rakennetaan heti alkuvaiheessa ja ne ehtivät painua rakennusaikana noin vuoden verran. Tällöin yli puolet painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana, ja rakennusajan jälkeinen painuma jää maltilliseksi.

Korkeammilla penkereillä kysymykseen tulee esirakennusvaihtoehtona esikuormitus (ts. painopenger). Savikerroksen paksuus vaikuttaa oleellisesti painuma-aikaan. Painumanopeutta voidaan lisätä savikerroksen pystyojituksella ja korottamalla esikuormituspengertä, jos se stabiliteetin puolesta on mahdollista. Rakennekerroksia voidaan tarvittaessa rakentaa kevennetyinä kevytsorasta tai vaahtolasista, mikä vähentää painumista.



Kitkamaapohjalla (luokka 2) piha-alueet voidaan perustaa maanvaraisesti ilman pohjanvahvistustoimenpiteitä.

3.3.3. Kadut ja kunnallistekniikka

Pohjoisosan savikerrokset ovat sen verran ohuita (<2,5 m), että maksimissaan 1,0 m pengerkorkeudella toimenpiteenä riittää todennäköisesti rakentamisen vaiheistus siten, että penkereet ehtivät painua mahdollisimman paljon rakennusaikana. Savikerroksen ohuuden takia suurin osa painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana. Tavoiteltaessa pienempiä rakentamisen jälkeisiä painumia tai suurempaa pengerkorkeutta, voidaan käyttää kevennysrakenteita tai esikuormitusta.

Myös massanvaihto voi tulla kysymykseen, mikäli rakentaminen halutaan suorittaa nopeammalla aikataululla. Massanvaihdot tulee suunnitella huolellisesti etenkin jyrkkäpiirteisillä alueilla stabiliteetin varmistamiseksi.

Harjanteen yli kulkevaa katulinjausta varten tulee varautua louhintaan, sillä harjanteella on avokallioesiintymiä ja se on pinnanmuodoiltaan jyrkkä, kaltevuus on monin paikoin 15...30 %.

Kitkamaapohjalla (luokka 2) kadut ja kunnallistekniset linjat voidaan perustaa maanvaraisesti ilman pohjanvahvistustoimenpiteitä.

Tarkempi esirakennussuunnittelu sekä katujen geotekninen suunnittelu tulee tehdä siten, kun katujen tasaus on suunniteltu ja putkistojen sekä tekniikkalinjojen korkeustasot on määritetty.

3.4. Esirakentamismenetelmät ja kavennysrakenteet

Tässä rakennettavuusselvityksessä käsitellyillä alueilla voi olla mahdollista hyödyntää yhtä esirakentamismenetelmää tai monen esirakentamismenetelmän yhdistelmää hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Esirakentamismenetelmän valintaan vaikuttavat tekniset ja taloudelliset näkökulmat sekä aikataulu.

Seuraavaksi on esitelty aiemmin esitettyjä esirakennusmenetelmiä.

3.4.1. Kevennysrakenteet

Kevennys voidaan toteuttaa kevytsoralla (esim. Leca) tai vaahtolasimurskeella (Foamit), joiden kustannukset eivät poikkea paljon toisistaan. Kevennys voidaan tehdä samaan aikaan muun rakentamisen kanssa, jolloin rakennusaika ei pitene.

Kevennysmateriaali toimii samalla osittain routaeristeenä ja kuivatuskerroksena. Pohjaveden ollessa kaivutason yläpuolella ja kaivun ulottuessa lähelle saven alapintaa,



tulee pohjaveden noste ottaa huomioon suunnittelussa pohjan hydraulisen murtumisvaaran takia. Kevennysratkaisu voi olla teknisesti ja taloudellisesti hyvä ratkaisu silloin, kun pengerkorkeus on pieni (< 1 m). Suuremmilla pengerkorkeuksilla muut esirakennusvaihtoehdot muodostuvat teknistaloudellisemmiksi ratkaisuiksi.

3.4.2. Syvästabilointi

Kadut, alueet ja putkijohdot saadaan yleensä riittävän painumattomiksi syvästabiloinnilla alkukuormituksen jälkeen. Syvästabiloinnissa savikerroksen lujuutta ja muodonmuutosominaisuuksia parannetaan sekoittamalla saven sekaan kalkin ja sementin seosta.

Kohteen savikerrokseen soveltuva syvästabilointimenetelmä on kalkki-sementtipilaristabilointi. Ohuilla pehmeikköalueilla ($h < \approx 5,0$ m) myös massastabilointi voi olla käyttökelpoinen esirakentamismenetelmä. Stabilointikoneiden työalustojen vaatimukset tulee ottaa huomioon. Syvästabilointi vaatii lujittumisaikaa yleensä n. 4 viikkoa, jolloin stabilointialueella ei voi työskennellä.

Syvästabiloinnin onnistuminen tarkistetaan 28 vuorokautta stabilointipilareiden valmistumisesta testauskairauksilla. Ennen stabiloinnin suunnittelua tulee saven stabiloitavuus tutkia stabiloitavuuskokeilla, joilla varmistetaan kalkin ja sementin sopiva sideainekom-binaatio sekä menekki. Lisäksi saven humuspitoisuus tulee tutkia, koska sillä on vaikutusta stabilointipilarin lujuuskehitykseen ja loppulujuuteen. Lisäksi humuspitoisuus lisää yleensä savikerroksen jälkipainumista.

3.4.3. Esikuormitus ja pystysalaojat

Esikuormituksen periaatteena on savikerroksen kokoonpuristuminen ennen varsinaista rakentamista. Tällöin rakentamisen jälkeen tapahtuvat painumat ovat maltillisia ja pysyvät sallituissa rajoissa. Maakerroksen painuminen saadaan aikaan pengertämällä rakennusalueelle maapenger, jonka korkeus riippuu halutusta painumanopeudesta sekä teknistaloudellisesta tarkastelusta. Painumaa voidaan nopeuttaa asentamalla kokoonpuristuvaan kerrokseen nauhapystyjoja, joita pitkin kuormituksen aiheuttama huokosveden ylipaine pääsee purkautumaan nopeammin.

Esikuormituspenkereen materiaaliksi kelpaa esimerkiksi louhe tai tiivistämiskelpoinen kitkamaa. Mikäli pengermateriaalia on saatavilla vastaanottohintaan ja kuormitusaikaa on käytettävissä, esikuormitus on edullinen ja hyvin varteenotettava pohjanvahvistusmenetelmä, kun pehmeikön syvyys on alle 10 m.

Tarvittava kuormitusaika on tulevien maatäyttöjen korkeudesta riippuen noin puolesta vuodesta muutamaan vuoteen. Esikuormituspenkereeseen asennetaan painumatarkkailulevyjä, joilla painumista tarkkaillaan. Yleensä painumatarkkailumittauksia tehdään 1 krt/kk.



Esikuormituksen käyttöä pohjanvahvistusmenetelmänä on arvioitava uudelleen, kun alueen tonttien korkeustasot ja katujen tasaus on tiedossa. Esikuormitusmenetelmän arvioimiseksi on syytä teettää savesta häiriintymättömistä maanäytteitä tehtäviä kokoonpuristuvuuskokeita (ödometrikokeita).

3.5. Alustavat painumatarkastelut

3.5.1. Oikopolku

Alustavien painumatarkastelujen perusteella odotettavissa oleva painuma 1,0 m paksulla laaja-alaisella täytöllä on noin 200 mm, kun painuvan savikerroksen paksuus on 6 m. Tällöin ensimmäisen vuoden aikana (likimain rakennusaikana) tapahtuva painuma on noin 100 mm.

3.5.2. Metsärinne

Eteläpuolen alueella (rakennettavuusluokka 4) on noin 6 m paksuinen savikerros, joten em. Oikopolun painumalaskelma pätee myös tälle kohdalle. Pohjoisosan savikkoalueella savikerroksen paksuus on vain n. puolet tästä, joten 1,0 m penkereellä odotettavissa oleva painuma on noin 100 mm, josta ensimmäisen vuoden aikana tapahtuu yli puolet.

Nämä painumat ja painuma-ajat ovat alustavia arvioita perustuen tämänhetkisiin pohjatutkimustietoihin. Tarkempia painumalaskelmia varten (sekä mahdollisen painopenkereen suunnittelua varten) suositellaan tehtäväksi tarkentavia pohjatutkimuksia ja savikerroksen painumaominaisuuksia tarkentavia ödometrikokeita.

4. MUUT POHJARAKENTAMISEEN LIITTYVÄT ASIAT

4.1. Routasuojaus ja kuivatus

Pohjamaa on routivaa ja rakenteet tulee ulottaa routimattomaan syvyyteen tai käyttää routaeristettä. Kylmien rakennusten routimaton perustussyvyys on noin 1,8 m ilman lumen suojaavaa vaikutusta.

Tilastollisesti keskimäärin kerran 50 vuodessa toistuva pakkasmäärä F_{50} Sipoossa on noin 35 000 Kh. Alla olevasta taulukosta käytetään pienempää perustussyvyyttä hienorakeisissa maalajeissa ja suurempaa perustussyvyyttä karkearakeisissa maalajeissa ja moreeneissa.

Perustusten jäädessä roudattoman syvyyden yläpuolelle käytetään routasuojausta, joka mitoitetaan ohjeen *RIL 261-2013 Routasuojaus* mukaan tai suoritetaan massanvaihto roudattomaan syvyyteen routimattomalla materiaalilla.



Perustamistapa	Perustuksen osa	Pakkasmäärä F ₅₀ , Kh
		35 000
Maanvastainen alapohja, alapohjarakenteen lämmönvastus RA ≤ 10,0m ² K/W, perusmuurin lämmöneristys ulkopinnassa	Seinälinja	1,2/1,4
	Nurkka	1,5/1,8
Ryömintätila, tuuletus ulkoa, tuuletusaukkojen yhteispinta-ala max. 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohjarakenteen lämmönvastus RA ≤ 6,25 m ² K/W	Seinälinja	1,4/1,7
	Nurkka	1,7/2,0

4.2. Kuivatus

Pehmeikköalueella tulee rakennusten korkeusasema ja perustusrakenteet suunnitella siten, että salaojat eivät ulotu pohjavedenpintaan asti. Pohjaveden alentaminen voi aiheuttaa piha-alueille ja ympäristölle painumia. Myös putkikaivantojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon pohjavedenpinnan alentuminen, sillä kitkamaalla täytetyt kaivannot toimivat salaojittavina rakenteina. Kaikkiin putkilinjoihin (pl. salaojat) tulee rakentaa savi-sulkurakenteet koko putkipoikkileikkauksen ympärille vähintään 1,0 m pitkänä ja n. 50 m välein putkilinjan suunnassa.

Rakennukset salaojitetaan vähintään ulkoseinälinjoilta. Salaojaputken yläpinnan tulee olla ≥200 mm perustamistason alapuolella. Maapohjassa olevan veden kapillaarinen nousu katkaistaan salaojituskerroksella esim. sepelillä #6-12/32, jonka kerrospaksuus on vähintään 200 mm.

4.3. Radon

Radon on otettava huomioon perustus- ja alapohjarakenteiden suunnittelussa. Säteilyturvakeskuksen radontutkimuksen perusteella radonpitoisuuksien keskiarvo Sipoossa on välillä 100-200 Bq/m³. Uudisrakennuksen sisäilman radonpitoisuuden tulee olla alle 200 Bq/m³.

4.4. Kaivannot

Kaivantojen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan ohjetta *RIL 263-2014 Kaivanto-ohje*. Kaivantojen välittömään läheisyyteen ei saa sijoittaa kaivumaita, kiviaineksia, raskaita työkoneita tai varastoida rakennustarvikkeita.

Lyhytaikaiset putkikaivannot

Kun kaivutaso on kuivakuorisavessa, voidaan kaivutyö tehdä luiskattuna. Kaivutyö tehdään ns. lyhytaikaisena kaivantona siten, että kaivanto on kerralla auki enintään 20 metrin matkalta. Yöksi tai muutoin pidemmäksi ajaksi kaivantoa ei tule jättää auki.



Luiskan enimmäiskaltevuus savikolla on 1:2 ja kitkamaapohjalla 1:1, kun kaivannon syvyys on $\leq 2,0\text{m}$. Kaivannon syvyyden ollessa yli 2,0 metriä suositellaan kaivannon toteuttamista tuettuna työturvallisuussyistä erillisten suunnitelman mukaisesti. Kapeissa ja/tai yli 2,0 m syvissä kaivannoissa tulee varautua kaivuluiskien tukemiseen työturvallisuussyistä. Pohjavedenpinnan yläpuoliset putkikaivannot voidaan toteuttaa tuentaelementtejä käyttäen. Tuetut kaivannot tulee suunnitella ja toteuttaa Kaivanto-ohjeen periaatteiden mukaisesti.

Pidempiaikaiset rakennuskaivannot

Pehmeikköalueella pidempiaikaiset ja syvät kaivannot on tehtävä tuettuna. Tukiseinätyypiksi soveltuu esimerkiksi teräsponttiseinä.

4.5. Hulevedet

Hulevesille tulee varata viivytystilavuutta tonttikohtaisesti $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ tiivistä pinta-alaa kohden. Viivytysjärjestelmän tulee purkautua 12-24 h kuluessa ja viivytysjärjestelmästä tulee olla suunniteltu ylivuotoreitti.

Kaavoitustasolla voi olla teknistaloudellisesta tarkastella erillisten hulevesialtaiden tai kosteikoiden sijoittaminen kaava-alueella, millä voidaan hidastaa hulevesien johtamista sekä parantaa hulevesien laatua. Hulevesijärjestelmien suunnittelussa tulee huomioida riippumattomat ylivuotoreitit tulvasadetilanteessa.

4.6. Yhteenveto ja lisäselvitystarve

Tässä rakennettavuusselvityksessä on annettu alustavat yleisohjeistukset katujen, kunnallisteknisten linjojen ja tonttien geoteknistä suunnittelua varten.

Yleisesti voidaan todeta, että Oikopolun alue on rakennettavuudeltaan haasteellista johtuen paksuista savikerroksista ja rakennuksien perustaminen edellyttää paaluperustamista.

Metsärinteen eteläalue on rakennettavuudeltaan vaikeasti rakennettavaa. Alueen osa joka sijoittuu lähemmäksi Nikkiläntietä on pohjaolosuhteiltaan haasteellisempaa, johtuen savikon paksuuntumisesta. Nykyisen rakennuksen pohjoispuolella on paikoitelleen kallio-pinta näkyvissä ja tontilla voi esiintyä myös tarvetta louhinnalle. Pohjavedenpinnan taso on lähes maanpinnan tasossa. Mittausten perusteella pohjavesi on hieman paineellista.

Metsärinteen pohjoisalue on Martinkyläntien läheisyydessä rakennettavuudeltaan vaikeasti rakennettavaa, johtuen paksuista savikerroksista ja niiden painumpotentiaalista. Esi-rakentamisen näkökulmasta olisi hyvä, jos ko. alueelle rakennettaisiin jo etukäteen painopenger, jolla savikerroksen painumia voidaan jo painuttaa ennen varsinaista rakentamista. Metsärinteen rinteessä ja rinteen päällä olevat alueet normaalista rakennettavia pois-lukien alueen keskellä oleva jyrkkäpiirteinen alue. Alueella on tarpeen tehdä louhintatöitä, jotta kadut ja kunnallistekniikat voidaan toteuttaa. Alue ei pohjavesimittausten perusteella ulotu pohjavesialueelle.



Katujen, putkijohtojen ja muiden alueiden suunnittelua varten suosittelemme täydentävien pohjatutkimuksia suorittamista, joilla selvitetään mm. saven painumaominaisuuksia sekä savikon paksuutta. Lisäksi täydentävissä pohjatutkimuksissa on huomioitava mm. esirakentamismenetelmien lähtötietovaatimukset. Tapauskohtaisesti voidaan kunnallisteknisille linjoilla sallia n. 0-100mm rakentamisen jälkeinen painuminen edellyttäen, että painuminen ei vaaranna putkistojen toimivuutta eli viettoputkistojen kaltevuuksien tulee olla ko. painuma huomioiden riittävät sekä painuvan ja painumattoman alueen rajapinnassa tulee olla painumaeroa tasaavia siirtymärakenteita.

Jos katu- ja putkijohtorakenteet tehdään **täysin** painumattomina, tulee ko. rakenteet perustaa paalulaatalle. Yleisenä periaatteena voidaan ohuilla savikerroksilla olettaa, että maakerrosten painumasta noin puolet tapahtuu ensimmäisten vuosien kuluessa maataytön rakentamisesta ja loput painumista tapahtuu seuraavien n. 15 vuoden aikana.

Maarakenteiden laskennalliset painumat ja stabiliteetti tulee kohdekohtaisesti tarkistaa kadun/pihan tasauksen ja rakenteiden suunnittelun yhteydessä. Tonttikohtaisilla pohjatutkimuksilla tulee tonttien perustamisolosuhteet varmistaa tarkemmin.

4.7. Suunnitteluun liittyvät asiakirjat

- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset
 - o Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset InfraRYL 2010
 - o Talonrakennuksen maatoiden yleiset laatuvaatimukset MaaRYL 2010
- RT 81-10791 Radonin torjunta
- RIL-132-2000 Talonrakennuksen maarakenteet
- RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus
- RIL 253-2010 Rakentamisen aiheuttamat tärinät
- RIL 261-2013 Routasuojaus -rakennukset ja infrarakenteet
- RIL 263-2014 Kaivanto-ohje
- RIL 254-2016 Paalutusohje PO-2016
- RIL 207-2017 Geotekninen suunnittelu, eurokoodin EN 1997-1 suunnitteluohje
- Hulevesiopas, kuntaliitto 2012

Keravalla 31. päivänä maaliskuuta 2021

Laatinut



Tuomas Mäkitalo, DI
projektipäällikkö

Tarkastanut



Juha Kujansuu, DI
toimitusjohtaja



Liite 1: Espoon rakennettavuusluokitus

Luokka		Rakennettavuusluokan kuvaus
1	Helposti rakennettava	<ul style="list-style-type: none"> - kantavat kitkamaat ja moreenialueet, joilla lohkareita ja kallioita vähän - maanpinnan kaltevuus alle 5 % - helposti kuivatettava - perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta
2	Normaalisti rakennettava	<ul style="list-style-type: none"> - suhteellisen loivapiirteiset kallioalueet - vaihteleva moreenimaasto, jossa kallioita ja lohkareita sekä vähäisiä soistuneita painanteita - siltti- ja savialueet, joilla kantava maakerros enintään 2,5 m syvyydessä - maanpinnan kaltevuus 5...15 % - normaalisti kuivatettava - perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta
3	Vaikeasti rakennettava	<ul style="list-style-type: none"> a) Siltti-, savi- ja soistuneet alueet, joilla kantava maakerros 2,5...4,5 m syvyydessä - vaikeasti kuivatettava - perustamistapa: pilari- ja anturaperustus tai lyhyet paalut b) Jyrkkäpiirteinen kalliomaasto ja louhikko - maanpinnan kaltevuus 15...30%
4	Paaluperustusta edellyttävät alueet	<ul style="list-style-type: none"> - laaksomaiset savialueet, joilla kantava maakerros 4,5...13,0 m syvyydessä - perustamistapa: paaluperustus
5	Erittäin vaikeasti rakennettavat alueet	<ul style="list-style-type: none"> a) Savialueet, joilla kantava maakerros 13,0...25,0 m syvyydessä - perustamistapa: paaluperustus b) Kallio- ja moreenirinteet, joilla maanpinnan kaltevuus on yli 30%
6	Erittäin heikosti rakentamiseen soveltuvat alueet	<ul style="list-style-type: none"> - vesialueet ja alavat, pehmeät ranta-alueet sekä savialueet, joilla kantava maakerros on yli 25,0 m syvyydessä





ASIAKIRJALUETTELO

Tilaja	As.nro	Työnro	Vastuhenkilö	Päiväys	Päivitys
Sipoon kunta		1080	Juha Kujansuu, DI	31.3.2021	
Työ	Tiedosto				
Sipoon kaava-alueiden N 60 ja N 65 rakennettavuusselvitys					

Asiakirja/ tunnus	Asiakirjan sisältö	Mittakaava	Status	Päiväys	Muu- tos- tunnus	Muutospvm	Lupnumero	Juokseva numero
	Rakennettavuusselvitys			31.3.2021				
001	Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokitus-kartta Oikopolku	1:500		31.3.2021				
002	Pohjatutkimus- ja rakennettavuusluokitus-kartta Metsärinne	1:500		31.3.2021				
003	Pohjatutkimuskartta, Oikopolku (kairausdiagrammit kartalla)	1:500		31.3.2021				
004	Pohjatutkimuskartta, Metsärinne (kairausdiagrammit kartalla)	1:500		31.3.2021				
005	Kairausdiagrammit			31.3.2021				

POHJATUTKIMUKSET SUORITTI GEOPALVELU OY 03/2021

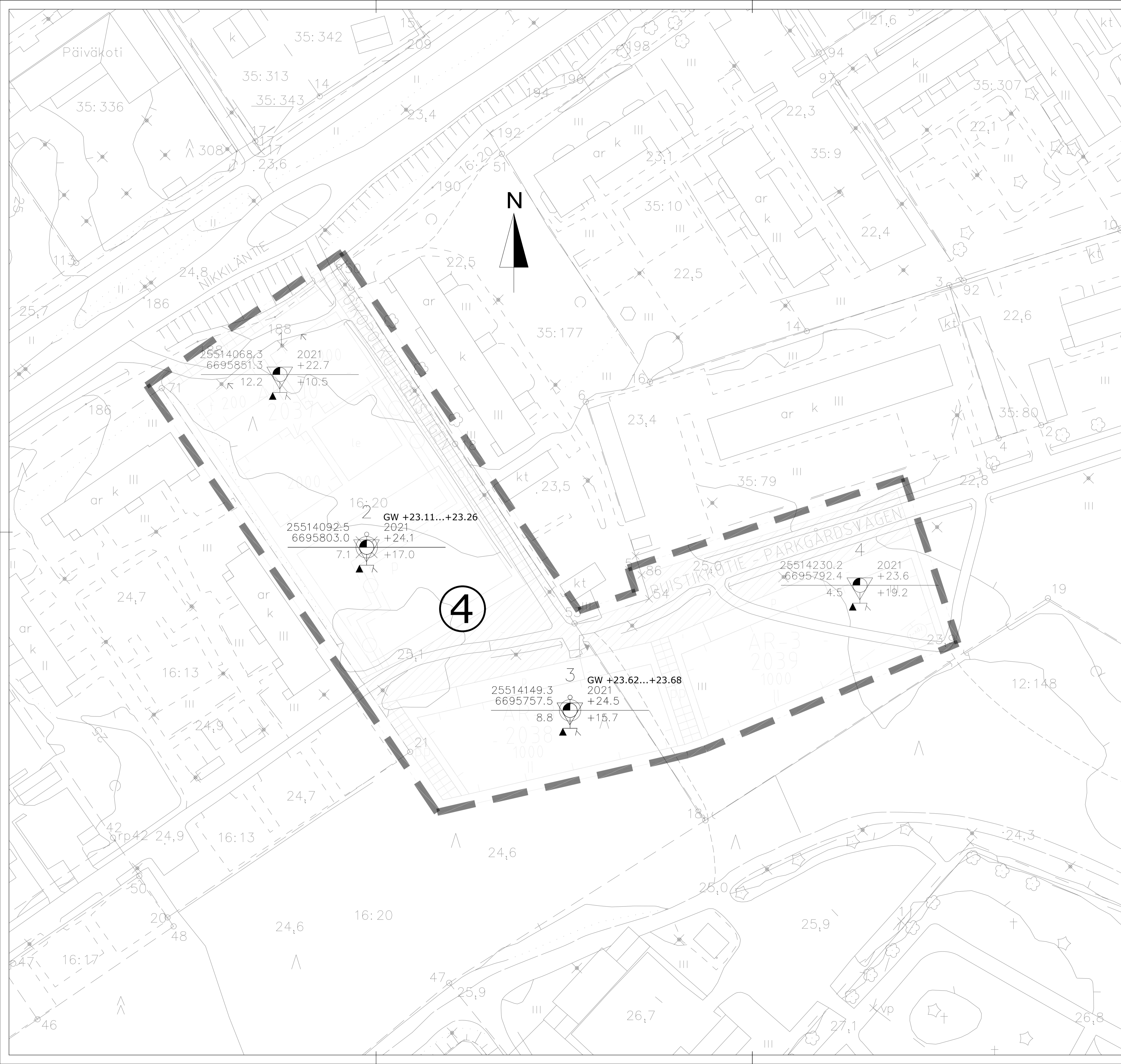
--- SUUNNITTELUALUEEN RAJA






RAKENNETTAVUUSLUOKKA (ESPOON KAUPUNGIN LUOKITUS)

RAKENNETTAVUUSLUOKAT:

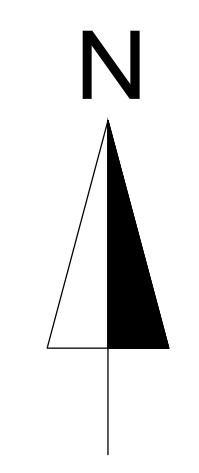
- 1) HELPOSTI RAKENNETTAVA
- 2) NORMAALISTI RAKENNETTAVA
- 3) VAIKEASTI RAKENNETTAVA
- 4) PAALUPERUSTUSTA EDELLYTTÄVÄT ALUEET
- 5) ERITTÄIN VAIKEASTI RAKENNETTAVAT ALUEET
- 6) ERITTÄIN HEIKOSTI RAKENTAMISEEN SOVELTUVAT ALUEET




Tasokoordinaatistojärjestelmä ETRS-GK25		Korkeusjärjestelmä: N2000	
Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset			
Rakennustoimenpide	POHJARAKENNESUUNNITTELU	Piirustustyyppi	Juoks.no
RAKENNETTAVUUSSELVITYS	POHJARAKENNESUUNNITTELU	Piirustuksen sisältö	Mittakaava
Kohde	ASEMAKAAVA-ALUE N60 OIKOPOLKU	POHJATUTKIMUS- JA RAKENNETTAVUUSLUOKITUSKARTTA	1:500
SIPOO			
GEOSOLVER OY		Y-tunnus: 3009192-7	Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero
Tapulikatku 27 a 20 04200 Kerava puh. 044 934 7276	www.geosolver.fi etunimi.sukunimi@geosolver.fi		GEO 1080 001
Päiväys: 31.3.2021	Suunnittelija: Tuomas Mäkitalo, DI	Piirtäjä: -	Muutos: -
Vastaava suunnittelija: Juha Kujansuu, DI		Tarkastaja: -	
		Hyväksyjä: -	

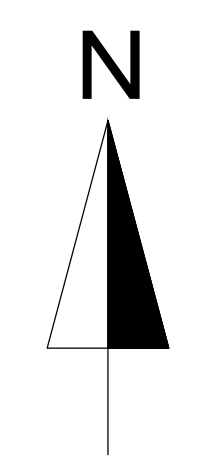
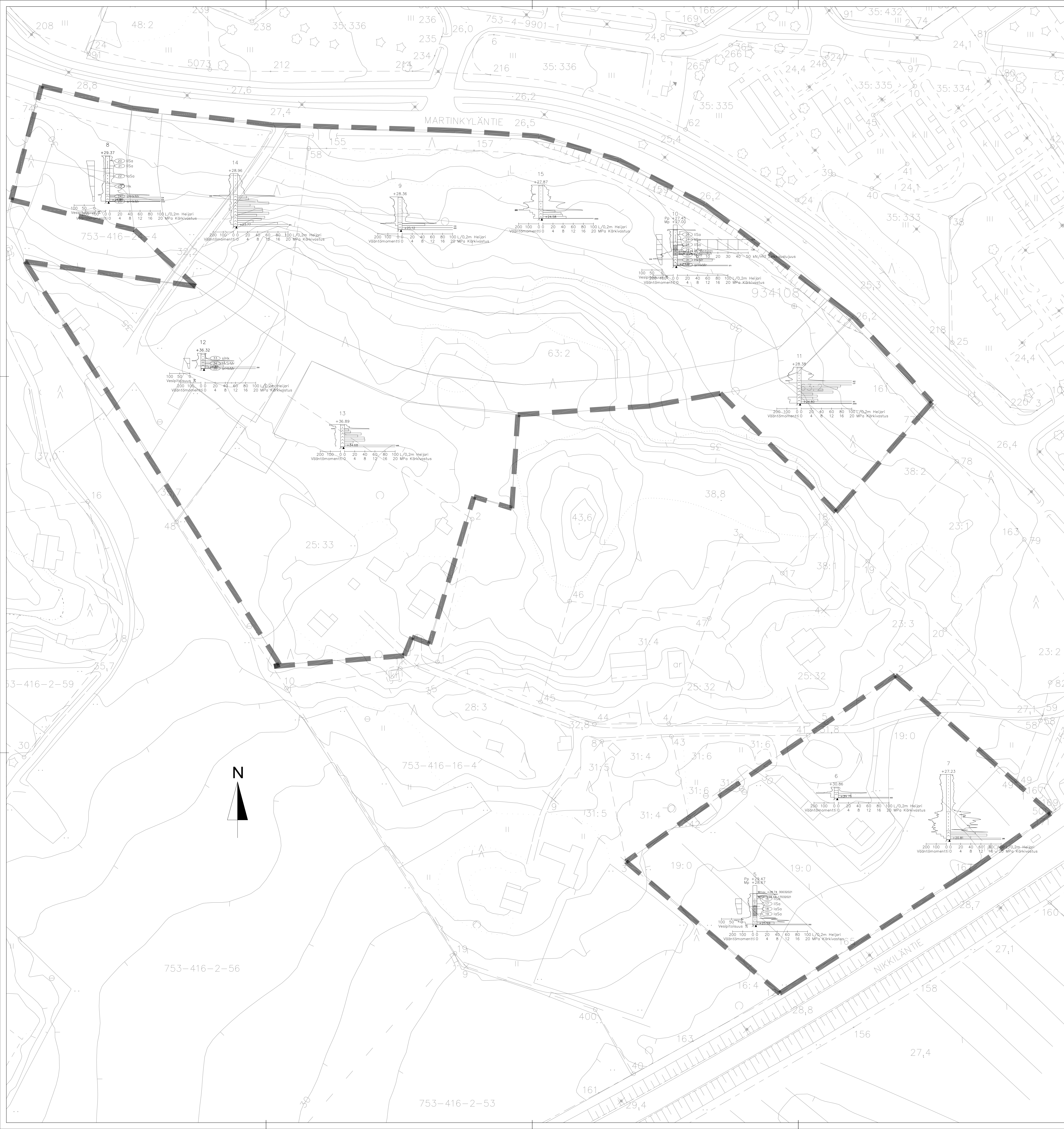
-  SUUNNITTELUALUEEN RAJA
-  RAKENNETTAVUUSLUOKITUSALUEEN RAJA
-  RAKENNETTAVUUSLUOKKA (ESPOON KAUPUNGIN LUOKITUS)

- RAKENNETTAVUUSLUOKAT:
- 1) HELPOSTI RAKENNETTAVA
 - 2) NORMAALISTI RAKENNETTAVA
 - 3) VAIKEASTI RAKENNETTAVA
 - 4) PAALUPERUSTUSTA EDELLYTTÄVÄT ALUEET
 - 5) ERITTÄIN VAIKEASTI RAKENNETTAVAT ALUEET
 - 6) ERITTÄIN HEIKOSTI RAKENTAMISEEN SOVELTUVAT ALUEET



Tasokoordinaattijärjestelmä ETRS-GK25		Korkeusjärjestelmä NZ000	
Kaupunginosa/Kylä	Korttelin/Tila	Tonttinro	Viranomaisen merkintä
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset			
Rakennustyyppi	Rakennettavuusluokitus	Piirustuksen nimi	Arkkitehti
ASEMAKAAVA-ALUE N65 METSÄRINNE	SIPOO	POHJATUTKIMUS- JA RAKENNETTAVUUSLUOKITUSKARTTA	Mittakaava 1:500
Suunnittelija, fyysinen ja piirustuksen numero		Muutos	
 GEOSOLVER OY Y-tunnus 306992-7 Tapulitie 27 a 20 00200 Kerava puh. 044 935 7276 www.geosolver.fi etunimi.sukunimi@geosolver.fi		GEO 1080 002	
Päiväys	31.3.2021	Piirittäjä	-
Suunnittelija	Tuomas Hakitalo, DI	Tarkastaja	-
Vastava suunnittelija	Juha Kujansuu, DI	Hyväksyjä	-

--- SUUNNITTELUALUEEN RAJA



Tehtävänimike ETRS-GK25		Korkeusjärjestelmä NZ000	
Kaupunginosa/Kylä Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset	Korttelu/Tila Tontti/nro	Viranomaisen merkintä	
Rakennuslomake RAKENNETTAVUUSSELVITYS Kohde: ASEMAKAAVA-ALUE N65 METSÄRINNE SIPOO	Pinnustaja: POHJATUTKIMUSUNNITTELU Pinnustuksen sisältö: POHJATUTKIMUSKARTTA (DIAGRAMMIT)	Aikana Mittakaava 1:500	
GEOSOLVER OY Y-tunnus 306992-7 Tapulinkatu 27 a 20 00200 Helsinki puh. 044 935 7276 www.geosolver.fi etunimi.sukunimi@geosolver.fi	Y-tunnus 306992-7 GEO 1080 004	Suunnitteluala, fyysinen ja pinnustuksen numero 1080 004	Muutos -
Päivys Suunnittelija Vastava suunnittelija	31.3.2021 Tuomas Hakitalo, DI Juha Kujansuu, DI	Piirtäjä Tarkastaja Hyväksyjä	

**SIPOON KAAVA-ALUEIDEN RAKENNETTAVUUSSELVITYS
N 60 OIKOPOLKU
N 65 METSÄRINNE**

TYÖNUMERO: 1080

1080 GEO 005 KAIRAUSDIAGRAMMIT

Laatinut: Tuomas Mäkitalo, DI

Tarkastanut: Juha Kujansuu, DI

Geosolver Oy
Y-tunnus: 3009192-7
04200 Kerava

31.3.2021

www.geosolver.fi

etunimi.sukunimi@geosolver.fi

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

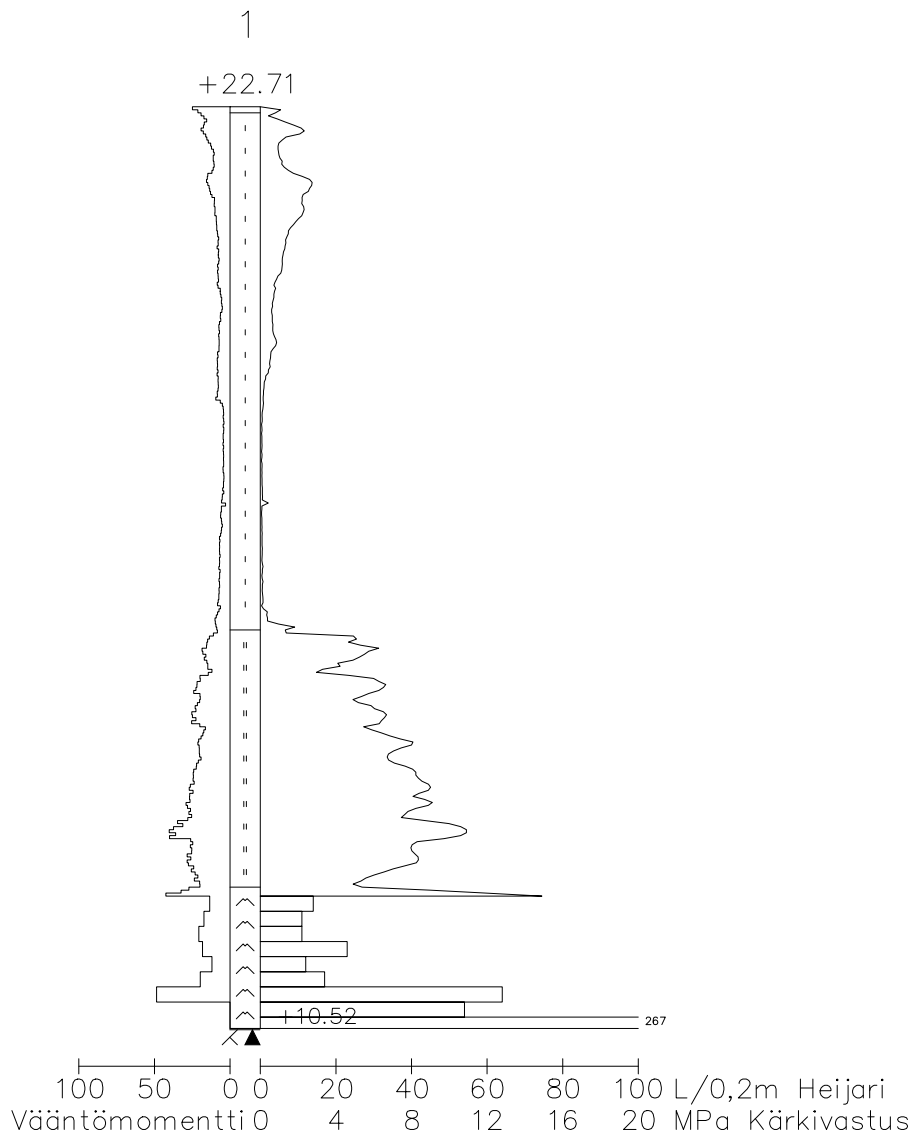
XK: 6695851.26

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514068.29

Pisteen nro: 1

ZK: 22.71



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

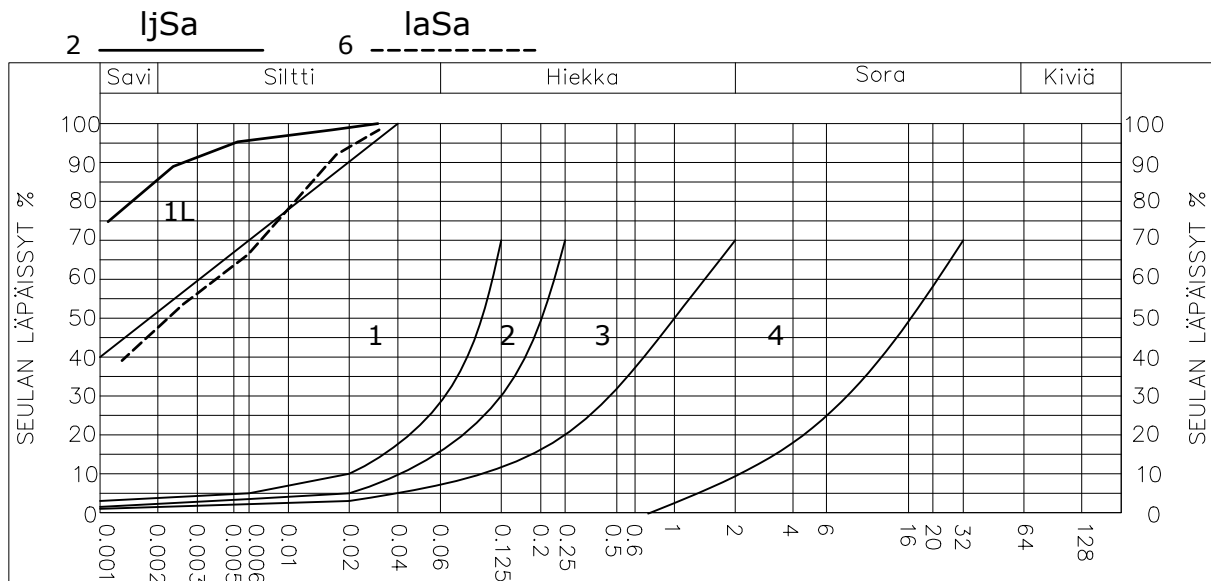
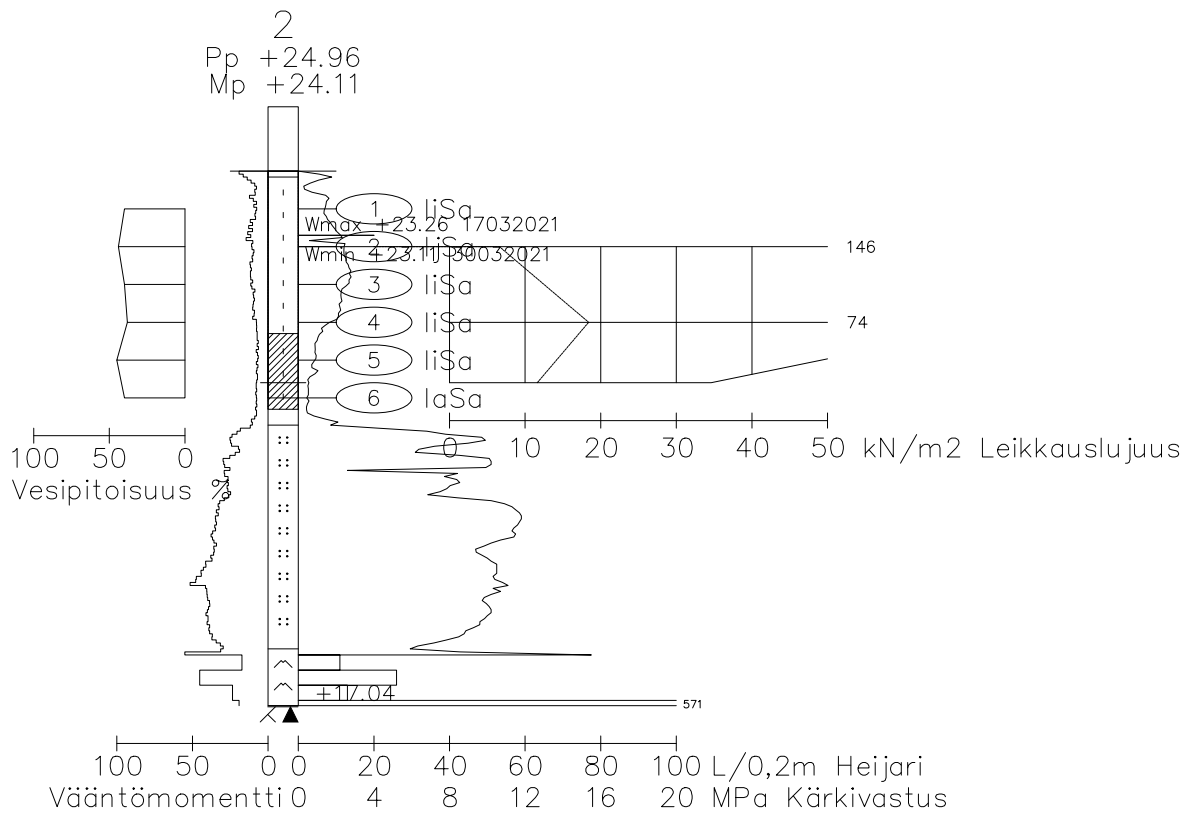
XK: 6695803.04

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514092.51

Pisteen nro: 2

ZK: 24.11



2

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

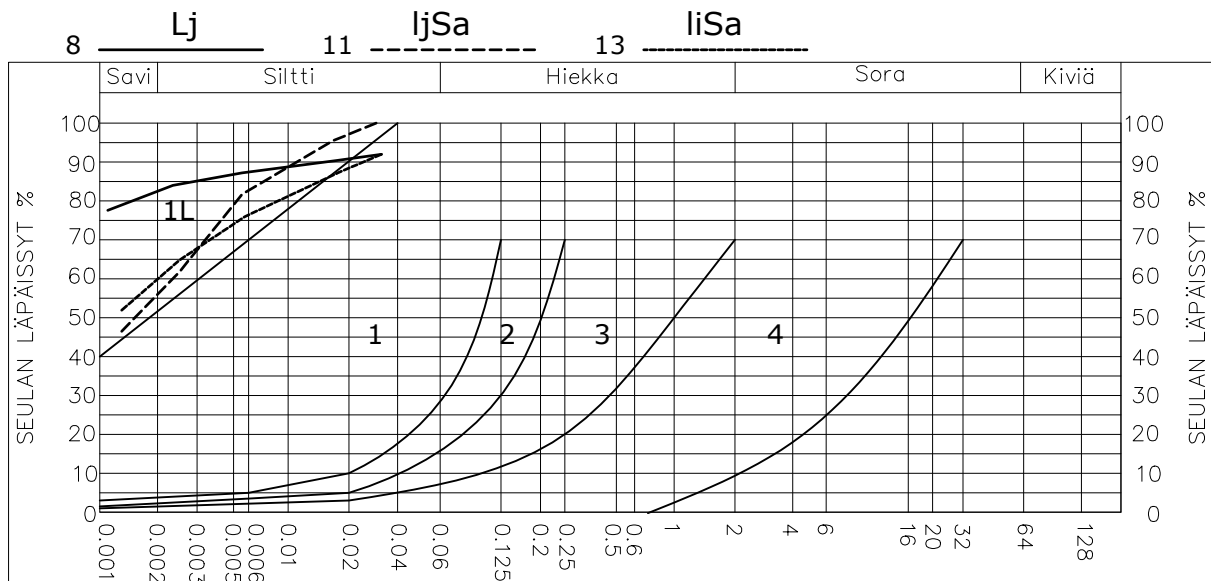
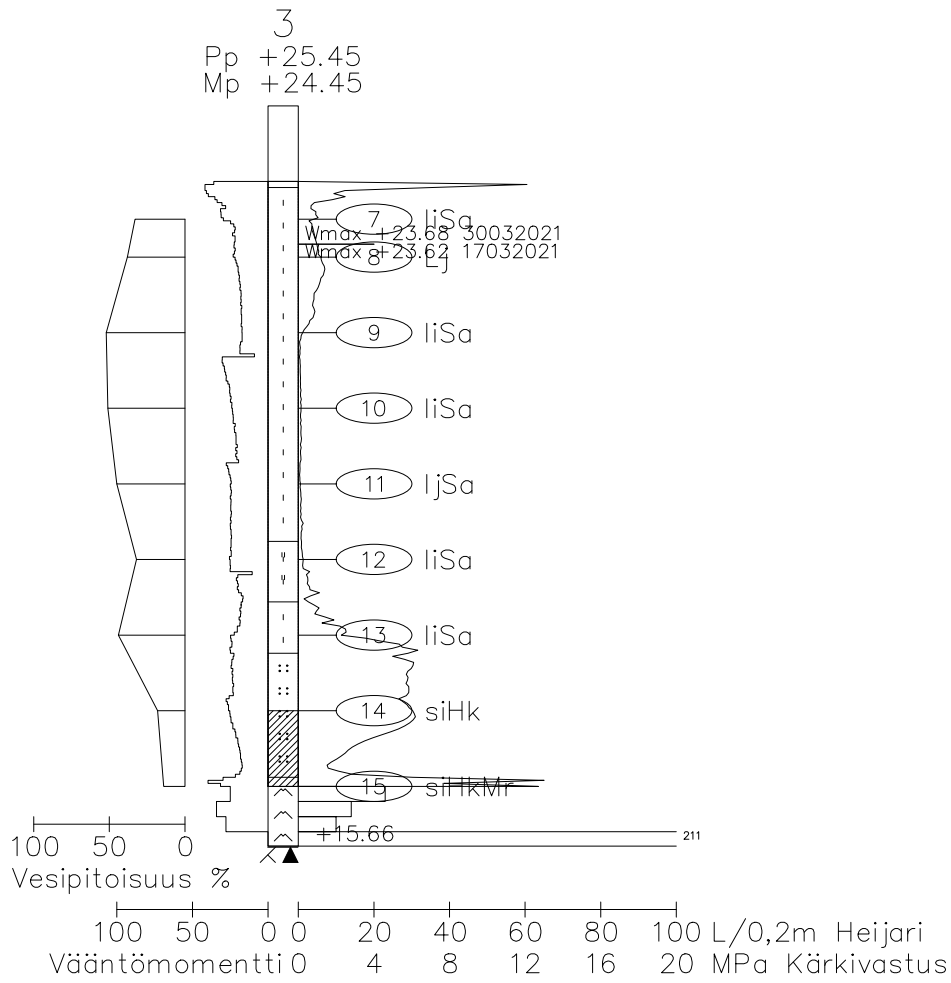
XK: 6695757.51

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514149.28

Pisteen nro: 3

ZK: 24.45



3

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

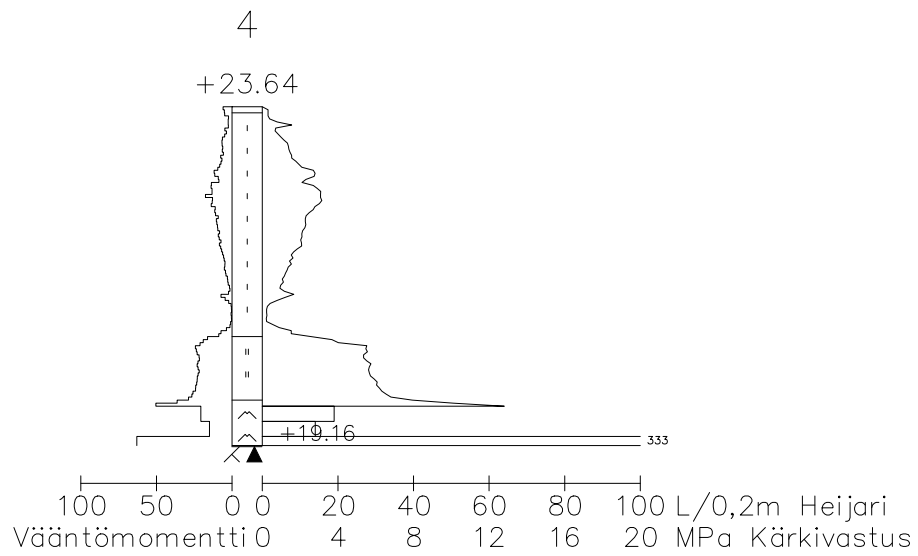
XK: 6695792.42

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25514230.20

Pisteen nro: 4

ZK: 23.64



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

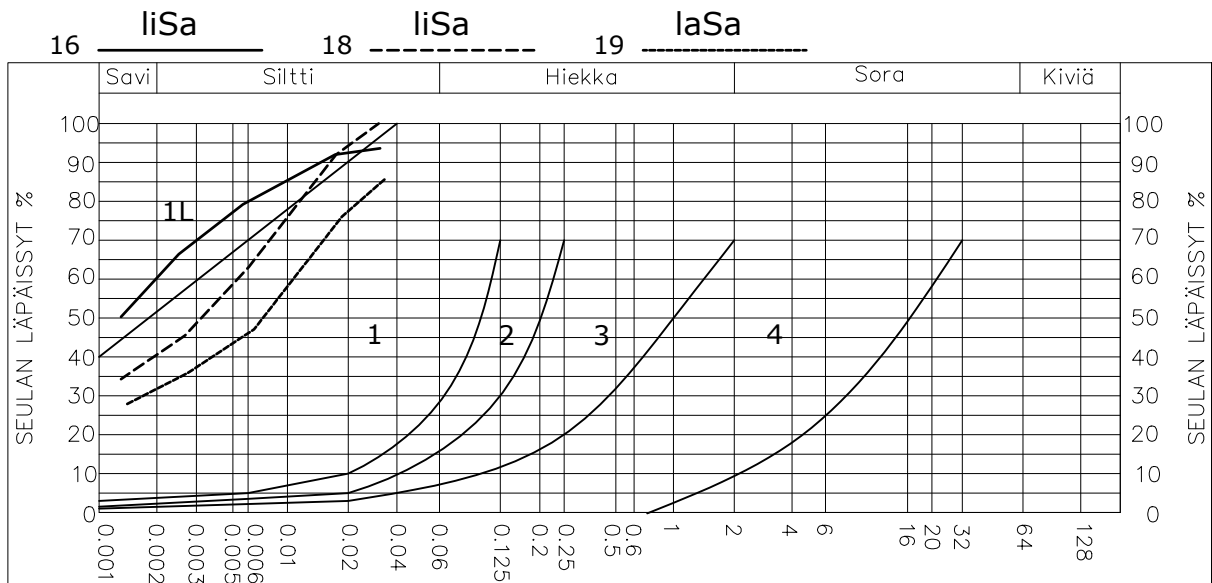
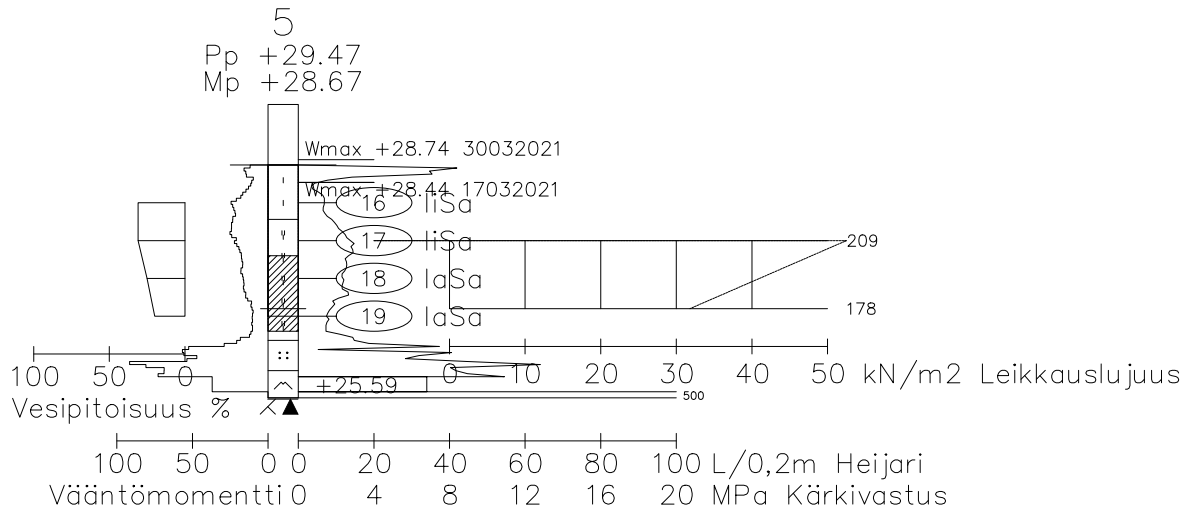
XK: 6695687.50

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513669.69

Pisteen nro: 5

ZK: 28.67



5

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

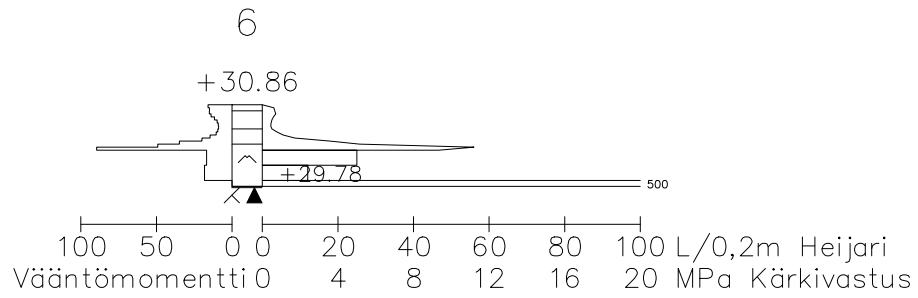
XK: 6695729.55

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513701.80

Pisteen nro: 6

ZK: 30.86



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

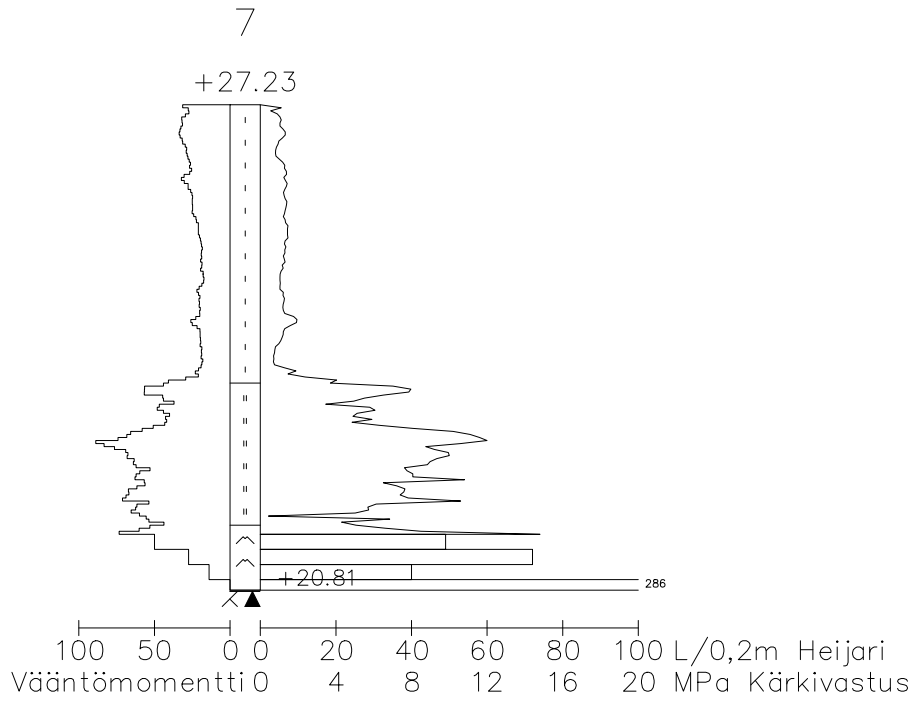
XK: 6695734.53

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513746.06

Pisteen nro: 7

ZK: 27.23



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

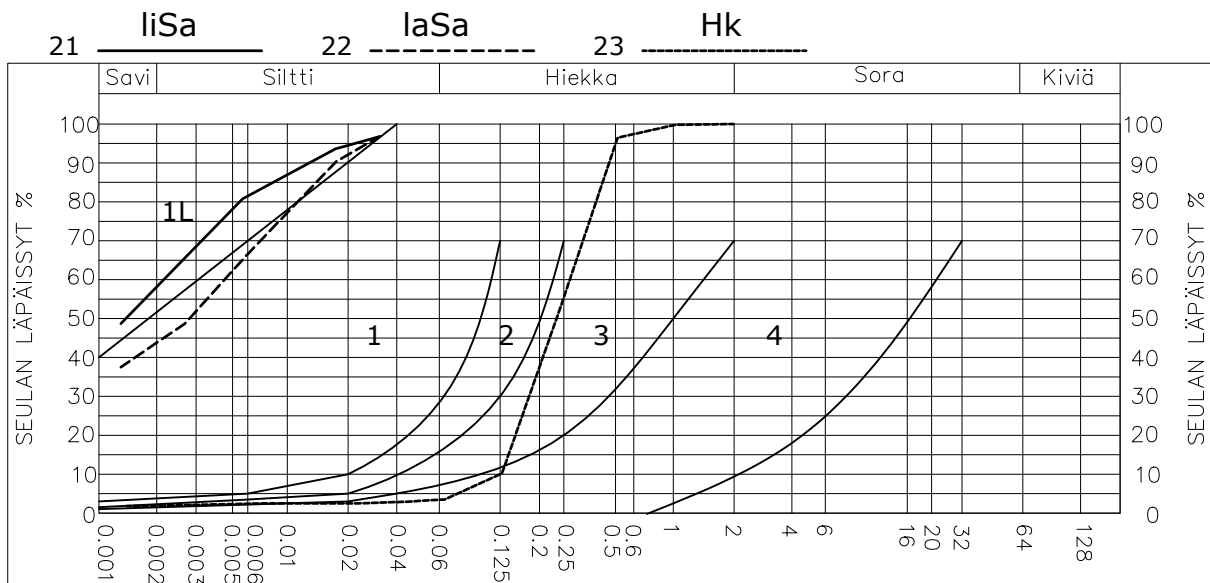
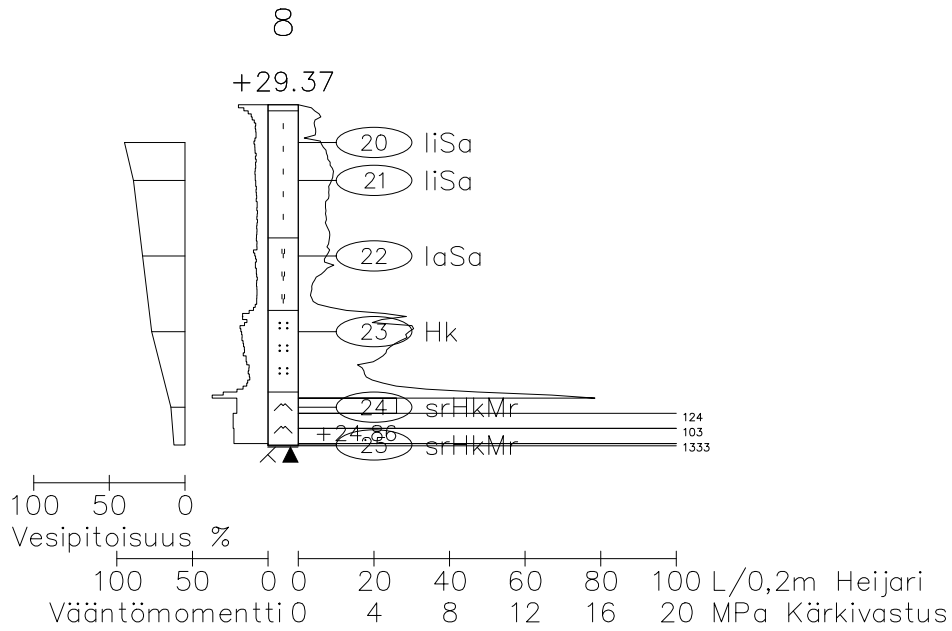
XK: 6695978.70

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513414.31

Pisteen nro: 8

ZK: 29.37



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

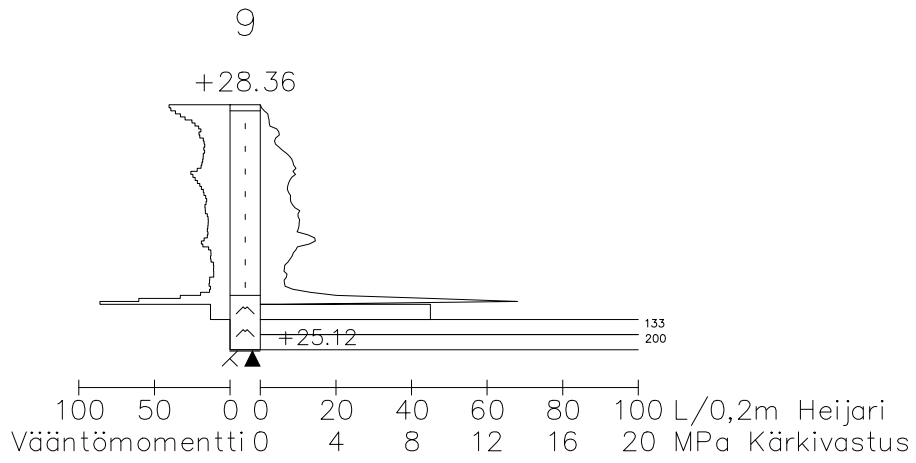
XK: 6695962.49

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513529.67

Pisteen nro: 9

ZK: 28.36



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

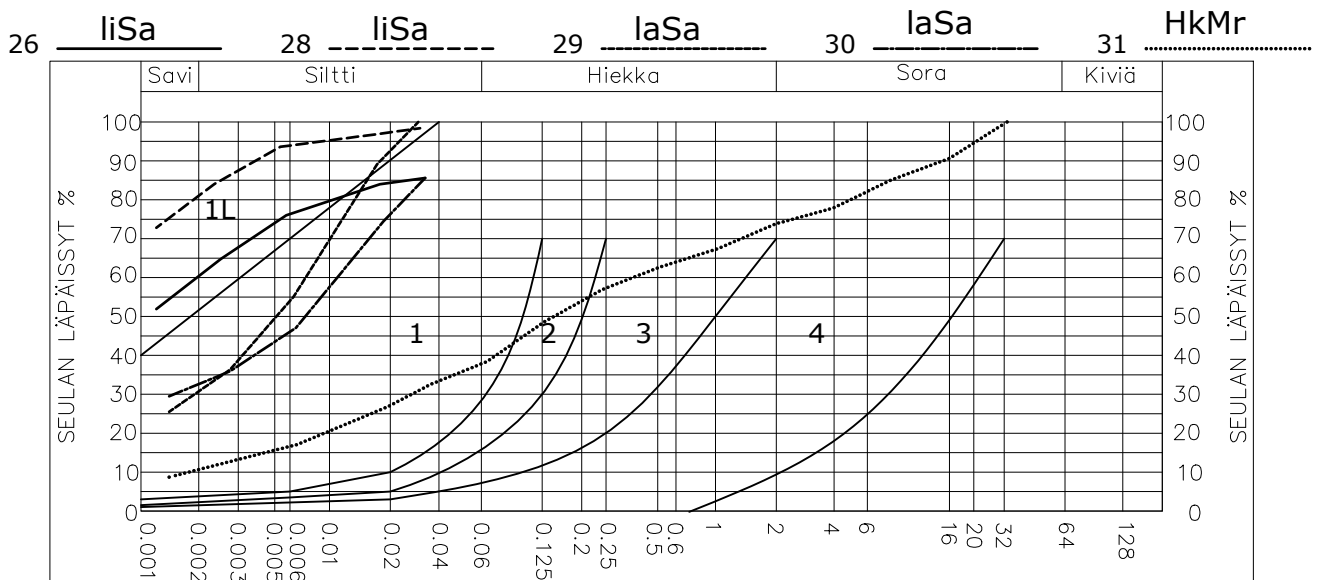
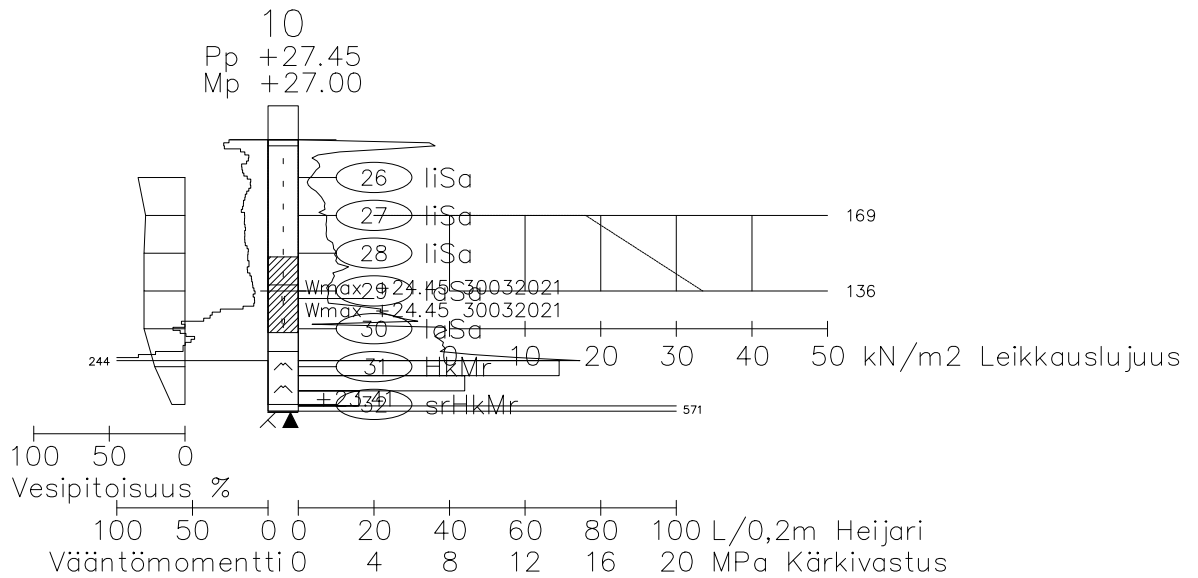
XK: 6695949.63

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513638.28

Pisteen nro: 10

ZK: 27.00



10

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

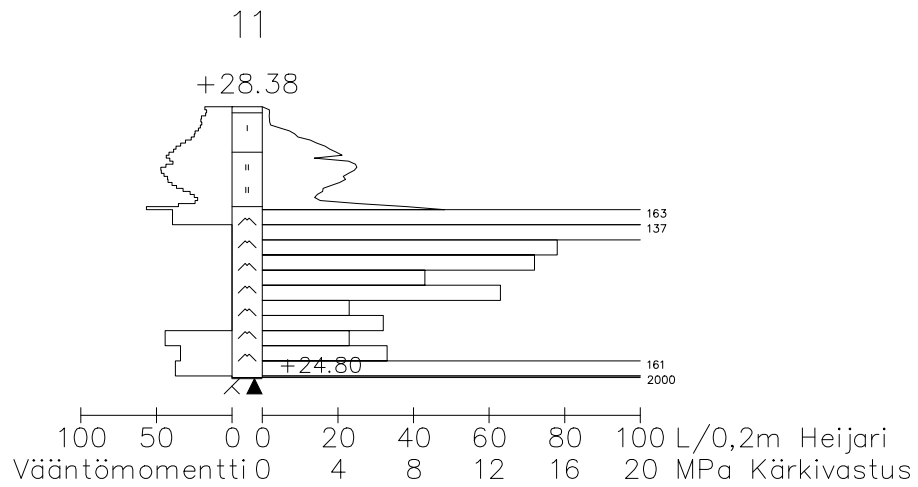
XK: 6695895.30

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513687.14

Pisteen nro: 11

ZK: 28.38



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

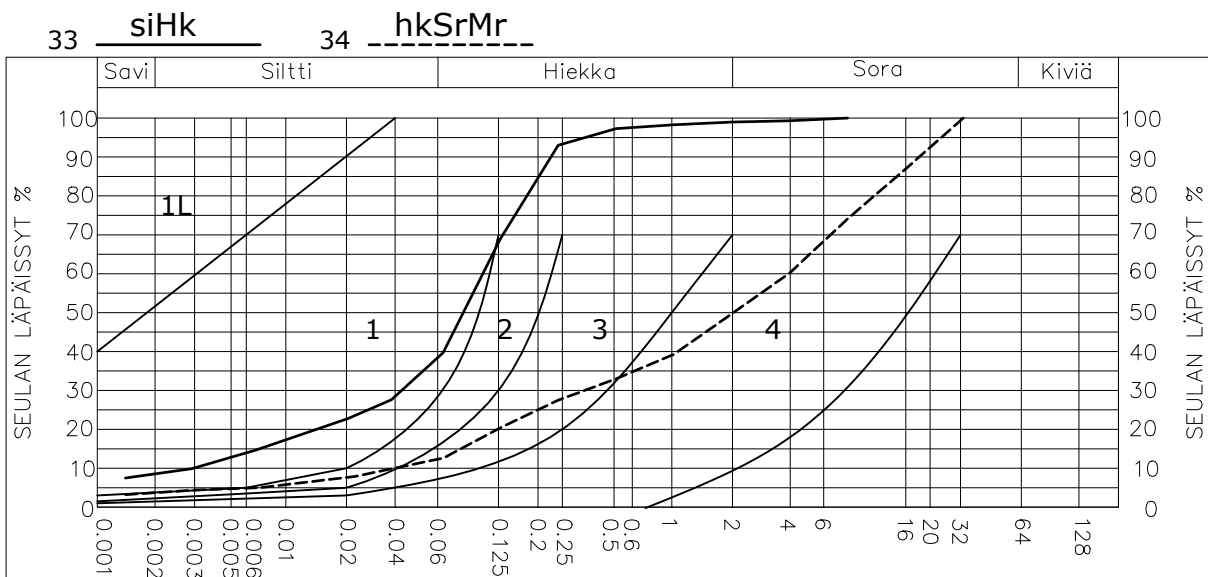
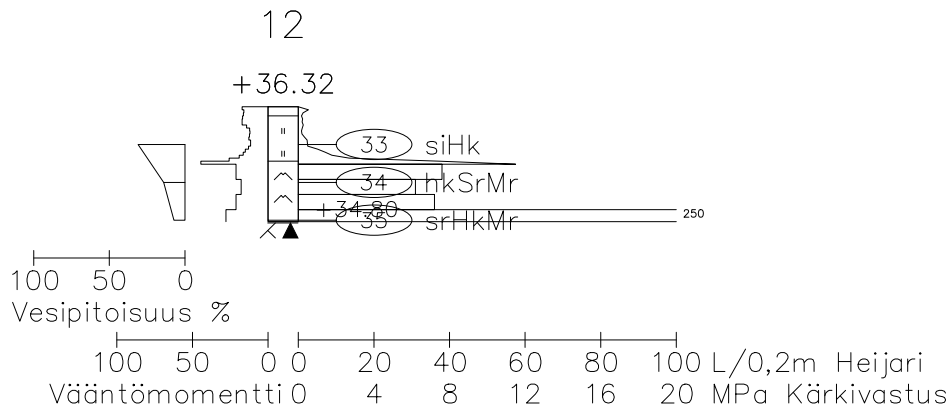
XK: 6695900.78

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513451.94

Pisteen nro: 12

ZK: 36.32



12

KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

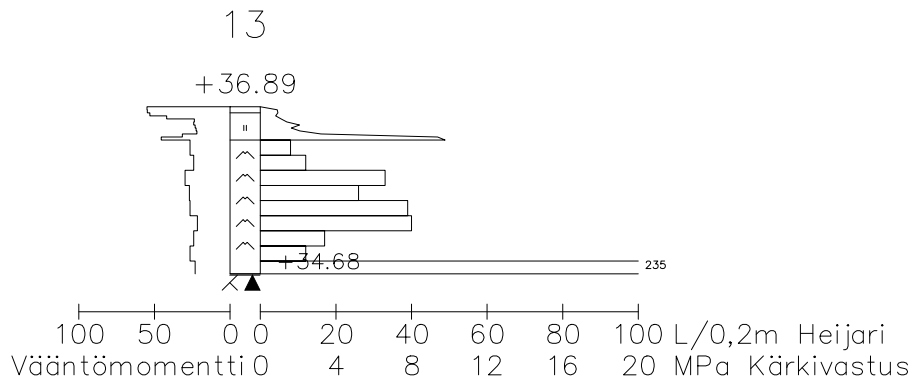
XK: 6695872.67

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513506.98

Pisteen nro: 13

ZK: 36.89



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100 2021

Projektin n:o: 1080

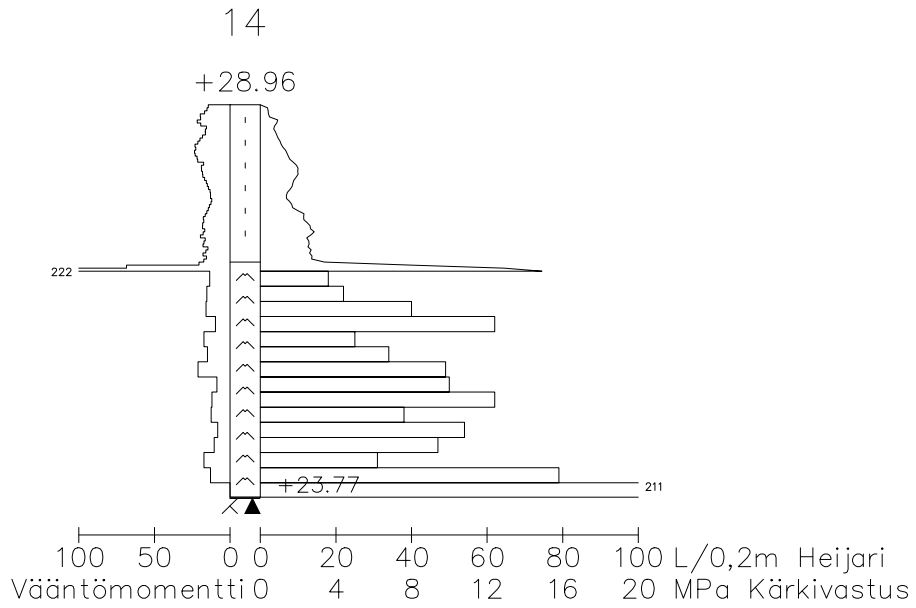
XK: 6695971.64

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513464.73

Pisteen nro: 14

ZK: 28.96



KAIRAUSLOMAKE

MK: 1:100

2021

Projektin n:o: 1080

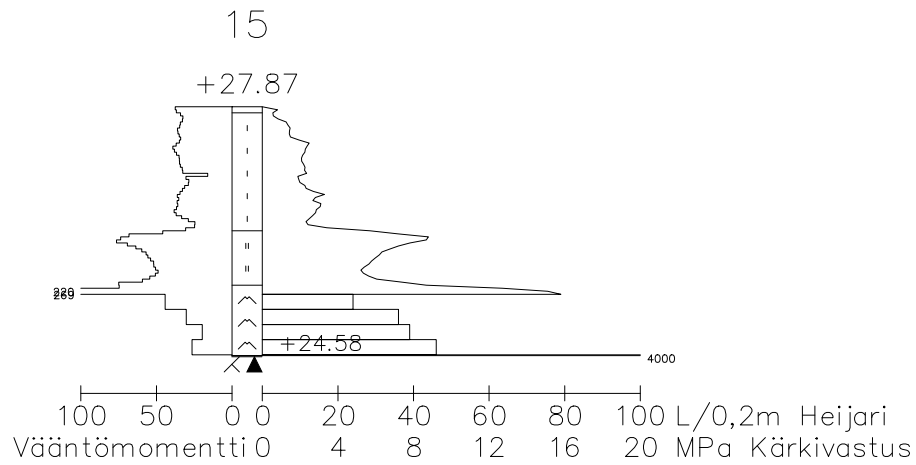
XK: 6695967.14

Työn nimi: Sipoon kaava-alueiden rakennettavuusselvitys

YK: 25513585.23

Pisteen nro: 15

ZK: 27.87





N 60 OIKOPOLKU ASEMAKAAVAMUUTOKSEN LUONTOSELVITYS

Marko Vauhkonen

6.9.2020

N 60 OIKOPOLKU

ASEMAKAAVAMUUTOKSEN LUONTOSELVITYS

Sisällys

1 Johdanto	3
2 Aineisto ja menetelmät	3
2.1 Maastotöiden toteuttaminen	4
2.2 Luontokohteiden arvottaminen	7
3 Tulokset	8
3.1 Yleiskuvaus	8
3.2 Arvokkaat luontokohteet	10
3.3 Merkittävät eliölajit	10
4 Yhteenveto ja suositukset	12
5 Lähteet ja kirjallisuus	12

Kansi: Selvitysalueen pohjoisosan metsää.

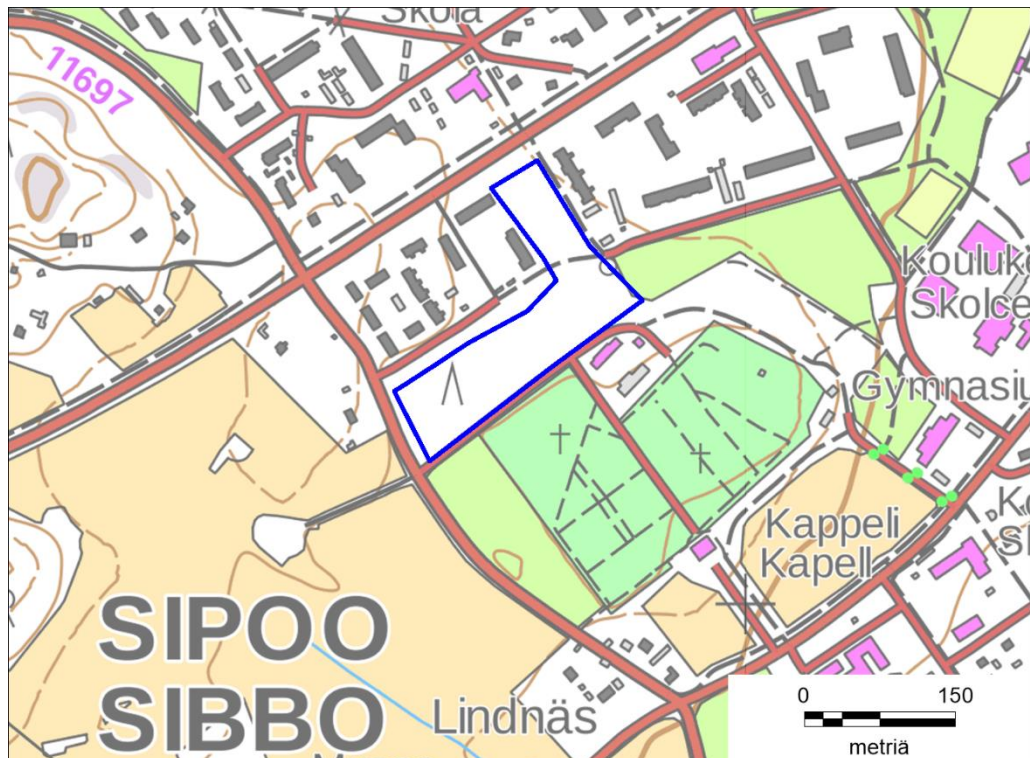
Pohjakartat ja ilmakuvat © Maanmittauslaitos.

Valokuvat © Marko Vauhkonen.

1 JOHDANTO

Sipoon kunta on käynnistänyt asemakaavamuutoksen laatimisen Oikopolun alueelle (kuva 1). Kohde sijaitsee Nikkilän taajaman länsiosassa Nikkiläntien eteläpuolella ja Brobörentien itäpuolella. Aluetta sivuaa Lehtimäenkuja. Asemakaavan muutosalueen pinta-ala on noin 2,2 hehtaaria ja se rakentamaton puistoalue.

Oikopolun asemakaavamuutoksen lähtötiedoksi tarvittava luontoselvitys tilattiin Ympäristösuunnittelu Enviro Oy:ltä. Työn on tehnyt biologi, FM Marko Vauhkonen.



Kuva 1. Selvitysalueen sijainti ja rajaus (sininen viiva).

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Selvitysalueelta ei ollut saatavilla aiempia luontotietoja. Tämän työn osana alueen luontotiedot tarkistettiin ympäristöhallinnon rekistereistä ja paikkatietoaineistoista (Suomen ympäristökeskuksen Avoin tieto -palvelu) sekä Lajitietokeskuksesta (laji.fi).

Kevään ja kesän 2020 aikana tehdyt luontoselvityksen maastotyöt suunniteltiin ja toteutettiin niin, että tulosten perusteella voidaan arvioida asemakaavan luontovaikutuksia. Selvitykset tehtiin asemakaavatarkkuudella soveltaen ympäristöhallinnon ohjeita (mm. Söderman 2003, Nieminen & Ahola 2017).

2.1 Maastotöiden toteuttaminen

Maastoinventoinnit kattoivat kuvaan 1 rajatun selvitysalueen. Kaikissa maastotöissä käytettiin GPS-laitetta (Garmin 62s), jolla mm. havaintopaikat voidaan paikantaa riittävällä tarkkuudella.

Liito-orava

Liito-oravaselvityksen maastotyöt tehtiin 28.4.2020 ympäristöhallinnon ohjeiden (Sierla ym. 2004, Nieminen & Ahola 2017) mukaisesti. Liito-oravan jätöksiä etsittiin metsäalueilta liito-oravalle sopivien pesä-, suoja- ja ruokailupuiden tyviltä. Näitä ovat mm. kolopuut ja kookkaat kuuset sekä lehtipuut, etenkin haavat ja lepät. Mahdolliset jätöslöydöt paikannetaan GPS-laitteella.

Liito-oravan asuttamilta metsäalueilta etsitään lajin pesäpuita (kolopuut, risupesät), jotka lähiympäristöineen ovat liito-oravan lisääntymis- ja levähdyspaikkoja. Elinpiirien ydinalueet rajataan kartalle jätöshavaintojen, puuston rakenteen ja mahdollisten pesäpuiden perusteella. Lisäksi tarkastellaan liito-oravan käyttämiä tai lajille mahdollisia puustoisia kulkuyhteyksiä ympäröiville metsäalueille.

Pesimälinnusto

Pesimälinnustonselvityksen tavoitteena oli selvittää ns. huomionarvoisten lajien (ks. jäljempänä) ja pesivälle linnustolle tärkeiden kohteiden esiintyminen asemakaava-alueella. Yleisten lintujen parimääriä tai reviirien sijaintia ei pyritty selvittämään. Inventoinnissa sovellettiin lintujen reviirikäyttäytymiseen perustuvaa kartoituskentämenetelmää (Koskimies & Väisänen 1988), jossa alue kierretään jalkaisin huolellisesti läpi ja havaitut linnut merkitään karttapohjalle. Laskennat tehtiin varhain aamulla (klo 3.30–9), jolloin pesimäpaikoillaan oleskelevat linnut ovat parhaiten havaittavissa (laulu yms.).

Lintulaskenta toistettiin alueella kolme kertaa, mitä on pidetty asemakaavataarkkuudella minimimääränä eri aikaan saapuvien muuttolintujen ja eri aikaan pesivien lajien havaitsemiseksi. Lintulaskennat tehtiin 28.4., 19.5. ja 19.6.2020. Ensimmäisellä käynnillä keskityttiin varhain pesivään lajistoon (mm. tikat, kanalinnut, osa petolinnuista).

Selvitysalue kuljettiin jokaisella laskentakerralla jalkaisin läpi niin, ettei mikään kohta jäänyt maastosta riippuen noin 30–50 metriä kauemmaksi kulkureitistä. Kaikki laskentakierrokset tehtiin lintujen havaitsemisen kannalta hyvässä säässä (poutaa, tyyntä tai heikkoa tuulta).

Laskennoissa merkittiin muistiin kaikki tavatut lintulajit sekä kartoille huomionarvoisten lintujen havaintopaikat käyttämällä Koskimiehen ja Väisänen (1988) ohjeen mukaisia merkintätapoja. Huomionarvoisia lintuja olivat seuraavat:

- erityisesti suojeltavat ja muut uhanalaiset lajit
- silmälläpidettävät lajit
- alueellisesti uhanalaiset lajit
- lintudirektiivin liitteen I lajit
- Suomen erityisvastuulajit

- tikat lukuun ottamatta yleistä käpytikkaa
- petolinnut
- merkittävien elinympäristöjen, esim. lehtojen ja vanhojen metsien, ilmentäjälajit.

Tulokset tulkittiin ns. maksimiperiaatteen mukaisesti, jolloin reviiriksi tulkittiin yksikin pesintää ilmaiseva havainto (parit, laulavat koiraat, varoittelevat yksilöt jne.) lajille sopivassa ympäristössä. Tulosten perusteella rajataan linnustollisesti merkittävät alueet tai kohteet.

Lepakot

Sipoon lepakkoselvityksessä (Siivonen & Wermundsen 2006) ei ole rajattu arvokkaita lepakkoalueita Oikopolun alueelta.

Kaikki maassamme esiintyvät lepakot kuuluvat luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeihin, joiden lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kielletty luonnonsuojelulaissa. Lepakoiden lisääntymispaikkoja ja päivälepopaikoja on tavallisimmin vanhoissa rakennuksissa ja luonnonkoloissa.

Lepakot ovat Suomen oloissa aktiivisia tavallisesti (huhti–)toukokuusta syys–lokakuuhun. Ne käyttävät mm. ruokailuun eri alueita kesän eri vaiheissa, minkä vuoksi lepakokartoitus tulee inventointihjeiden mukaisesti toistaa eri ajankohtina, alku-, keski- ja loppukesällä.

Lepakkoselvityksen tarkoituksena oli inventoida alueen lepakkolajistoa ja eri lajien runsautta sekä paikallistaa tärkeät lepakoiden ruokailualueet ja niille johtavat mahdolliset lentoreitit. Selvitys tehtiin yöaikaan reittikartoitusmenetelmällä Suomen lepakotieteellisen yhdistyksen (SLTY 2012) ja Bat Conservation Trustin (Collins 2016) suositusten mukaisesti. Lisäksi etsittiin päiväaikaan mahdollisia lepakoiden lisääntymis- ja levähdyspaikkoja luonnonkoloista.

Aktiivikartoituksella saadaan pinta-alaltaan pienehköllä alueella käyttökelpoisinta aineistoa. Maastokäynnit tehtiin 7.–8.6., 12.–13.7. ja 17.–18.8.2020. Sääolot olivat kaikilla kartoituskerroilla työhön sopivat (lämpötila yli +10 °C, poutaa, tyyntä tai enintään heikkoa tuulta).

Selvitysalueen lepakoille soveltuvat elinympäristöt käveltiin kaikkina kartoitusöinä läpi niin, ettei mikään alueen osa jäänyt yli 30–40 metrin päähän kulkureitistä. Kartoitusreittien ulkopuolelle jäivät puuttomat tai hyvin harvapuustoiset aukeat. Tiheäpuustoiset nuoret metsät inventoitiin yleispiirteisemmin, sillä ne eivät ole lepakoille hyvin sopivia saalistusympäristöjä.

Valoisana aikana ennen aktiivikartoitusta etsittiin lepakoiden lisääntymis- ja levähdyspaikoiksi sopivia kohteita. Niiden luona havainnoitiin mahdollisia päiväpiilosta lähteviä lepakoita ennen auringonlaskua ja varsinaisen kartoituksen alkamista sekä kartoituksen jälkeen ennen auringon nousua.

Aktiivikartoitus alkoi valaistusolojen mukaan noin puoli tuntia auringonlaskun jälkeen. Ennalta suunniteltuja reittejä pitkin käveltiin rauhallisesti ja lepakoita kuunneltiin kannettavan ultraääni-ilmaisimen eli lepakodetektorin (Pettersson D240x)

avulla. Laitteella voidaan havaita lepakoiden päästämät korkeataajuiset kaikuluotausäänet. Hyvältä vaikuttavilla saalistusalueilla pysähdeltiin ja lepakoita havainnoitiin tarkemmin. Tarvittaessa tallennettiin (Edirol R-09) lepakoiden ääniä myöhempää määrittämistä varten käyttämällä detektorin aikalaajennustoimintoa.

Lepakkohavainnot kirjattiin ylös ja paikannettiin. Todetut lepakoiden käyttämät alueet luokiteltiin ja arvotettiin Suomen lepakotieteellisen yhdistyksen (SLTY 2012) ohjeen mukaisesti (luokat I–III) sekä rajattiin kartalle. Rajaukset perustuvat lepakohavaintojen lisäksi niille sopivaksi arvioidun elinympäristön esiintymiseen.

Lepakkolajia ei aina pystytä määrittämään ääni- ja näköhavaintojen perusteella. Viiksisiippa ja isoviiksisiippa ovat erotettavissa ainoastaan anatomisten rakenteiden perusteella. Nämä lajit käsitellään tässä työssä lajiparina nimellä viiksisiippalaji.

Kirjoverkkoperhonen

Kirjoverkkoperhonen on EU:n luontodirektiivin liitteen IV(a) laji, jota koskevat luonnonsuojelulain 49 §:n suojelumääräykset. Laji esiintyy Sipoon seudulla melko yleisenä.

Kirjoverkkoperhosen esiintymistä voidaan selvittää lajin lentokautena kesäkuussa sekä loppukesällä–alkusyksyllä etsimällä maitikkakasvustoista toukkien kutomia seittipesiä (Nieminen & Ahola 2015, Sierla ym. 2004). Tulosten luotettavuuden varmistamiseksi tehtiin selvitysalueella molemmat inventoinnit.

Kesäkuun selvityskäynnillä (8.6.2020) etsittiin ja havainnoitiin aikuisia perhosyksilöitä ennen kaikkea harvapuustoisilla kuvioilla, metsäkuvioiden reunaosissa ja aukeiden reunoilla, joissa lajin esiintyminen on todennäköisintä. Käynti tehtiin päiväaikaan hyvissä sääoloissa. Mahdolliset kirjoverkkoperhoshavainnot kirjataan ylös ja paikannetaan.

Selvitysalueelta inventoitiin ja rajattiin kartalle kasvillisuusselvityksen yhteydessä kirjoverkkoperhosen toukkien ravintokasvien (tällä kohteella vain kangas- ja metsämaitikka) riittävän runsaat esiintymät. Näiltä paikoilta käytiin etsimässä lajin toukkapesiä 25.8.2020. Tulosten perusteella rajataan mahdolliset kirjoverkkoperhosen lisääntymispaikat.

Lahokaviosammal

Lahokaviosammal on uhanalainen ja erityisesti suojeltava laji, jota on viime vuosina löydetty runsaasti eri puolilta Uttamaata.

Lahokaviosammalinventointi tehtiin 28.4.2020. Selvitysalueen puustoiset osat käveltiin huolellisesti läpi samalla havainnoiden lajille sopivia kasvupaikkoja. Lahokaviosammalen itiöpesäkkeitä ja itujuvärsyryhmiä (protoneemagemmat) etsittiin huolellisesti sopivilta kasvupaikoilta, lähinnä lahokannoilta ja maapuilta.

Tavatut kasvupaikat paikannetaan GPS-laitteella. Niistä kirjataan muistiin kasvupaikan perustiedot (kasvualustan tyyppi/laatu ja lahoaste) ja havainnon laatu (itiöpesäkkeiden tai pesäkeperien lukumäärä, itujuvärsyryhmien lukumääräluokka).

Inventoinnissa käytetään otsalamppua ja tarvittaessa luppia. Todettujen kasvu- paikkojen ympärille rajataan ns. ydinalue eli elinympäristökuvio, jonka lahokaviosammalen esiintymä vaatii säilyäkseen (mm. pienilmasto- ja kosteustekijät).

Kasvillisuus, arvokkaat luontokohteet ja muut merkittävät eliölajit

Selvitysalueen kasvillisuus- ja luontotyyppejä, arvokkaita luontokohteita ja putkilokasvistoa inventoitiin 9.7.2020, jolloin selvitysalue käveltiin kattavasti läpi. Täydentäviä tietoja oli saatu jo aiemmillä maastokäynneillä. Alueelta inventoitiin sekä kirjattiin muistiin luonnonolojen, kasvillisuuden ja kasviston yleiskuvaus sekä mahdolliset erityispiirteet.

Maastossa selvitettiin arvokkaiden luontokohteiden esiintyminen. Näitä ovat mm. luonnonsuojelulain 29 §:n mukaiset suojellut luontotyypit, vesilain 2 luvun 11 §:n mukaiset pienvesikohteet, metsälain 10 §:n mukaiset elinympäristöt ja Suomessa uhanalaiset luontotyypit (Kontula & Raunio 2018a, b). Lisäksi arvioitiin, onko alueella kohteita, jotka täyttäisivät METSO-ohjelman kriteerit (Syrjänen ym. 2016) tai maakunnalliset LAKU-kriteerit (Salminen & Aalto 2012). Luontokohteet rajattiin kartalle ja arvotettiin.

Huomionarvoisten putkilokasvilajien (luontodirektiivin liitteiden II ja IV(b) lajit, erityisesti suojeltavat, valtakunnallisesti ja alueellisesti uhanalaiset lajit, silmälläpidettävät sekä muut vaateliaat tai harvinaiset lajit) esiintyminen inventoitiin kevään ja kesän maastokäynneillä. Huomionarvoisten kasvilajien esiintymät paikannetaan ja niistä kirjataan ylös mm. runsaustieto.

Maastokäynneillä havainnoitiin myös muuta eliölajistoa ja arvioitiin huomionarvoisen lajiston kannalta merkittävät elinympäristöt tai kohteet sekä mahdolliset lisäselvitystarpeet.

2.2 Luontokohteiden arvottaminen

Arvokkaille luontokohteille (alaluku 3.2) annettiin seuraavan jaottelun mukainen arvoluokka. Sulkuihin on merkitty vastaava Södermanin (2003) mukainen arvoluokka. Luokkien kriteerit ovat ohjeellisia ja niiden soveltamisessa on huomioitu mm. kohteen pinta-ala, monipuolisuus, luonnontila ja huomionarvoinen lajisto.

Södermanin (2003) mukainen luontokohteiden luokittelu:

- A Kansainväliset
- B Kansalliset
- C Maakunnalliset/seudulliset
- D Paikalliset
- E Muut

1. Alue, jolla on vain vähäisiä luontoarvoja

Kohde edustaa tavanomaista luontoa eikä sillä esiinny harvinaisia tai uhanalaisia lajeja tai luontotyyppejä. Kyseessä voi olla myös kohde, jonka luontoarvot ovat tuhoutuneet ja arvoluokitusta voidaan nostaa arvojen palatessa.

2. Paikallisesti arvokas alue (Söderman luokka D)

Kohde on tavanomaisesta poikkeava elinympäristö, jolla voi esiintyä vähintään paikallisesti harvinaisia lajeja, vähintään paikallisesti merkittäviä elinympäristöjä tai kohteella on kohtuullisen edustava luonnontilassa oleva luontotyyppi. Kohteen edustavuus tällä hetkellä ei ole riittävä, jotta se olisi paikallisesti erittäin merkittävä.

3. Paikallisesti erittäin arvokas alue (Söderman luokka D)

Kohteella esiintyy vähintään paikallisesti harvinainen tai uhanalainen laji, uhanalainen tai arvokas elinympäristö, edustava, hyvässä luonnontilassa oleva luontotyyppi tai kohteen ominaispiirteet luovat mahdollisuuden monipuolisen lajiston esiintymiselle.

4. Maakunnallisesti arvokas kohde (Söderman luokka C)

Kohteella esiintyy Uudellamaalla erityinen tai ainutlaatuinen luontotyyppi tai uhanalaisen lajin tai lajien elinvoimainen esiintymä. Kohde täyttää kriteerit, jotka esitetään julkaisussa Luonnonympäristön arvottamisen kriteeristö Uudellamaalla (Salminen & Aalto 2012).

5. Valtakunnallisesti arvokas kohde (Söderman luokka B)

Kansallinen arvo on kohteella, jossa on erityisen edustava kokonaisuus uhanalaisia lajeja tai luontotyyppisiä tai kohde on erityisen arvokas elinympäristöjen kokonaisuus, joka luo edellytykset runsaalle ja erikoistuneelle lajistolle.

3 TULOKSET

3.1 Yleiskuvaus

Selvitysalueen (kuva 1) pinta-ala on noin 2,2 hehtaaria. Alueen poikki kulkee kevyen liikenteen väylä, joka yhdistää Lehtimäenkujan ja Puistikkotien päät toisiinsa. Kevyen liikenteen väylän pohjoispuolinen metsikkö on puustoltaan uudistuskypsää ja harvahkoa (kansikuva, kuva 2). Kuusen lisäksi alueella kasvaa vähän mäntyä sekä alikasvoksena paljon raitaa, pihlajaa, vaahteraa ja tammen taimia. Kuviolla on yksi pystyyn kuollut kuusi sekä yksi katkennut raita.

Pensaskerroksessa tavataan terttuseljaa, vadelmaa, punaherukkaa ja isotuomipihlajaa. Lehtomaisen kankaan kenttäkerroksen lajeja ovat mustikka, ahomansikka, käenkaali, nurmirölli, jänönsalaatti, metsäkorte, puolukka, nurmilauha, maitohorsma, lillukka, kultapiisku, kevätpiippo, ukonkeltanolaji, kielo, rönsyleinikki, metsäalvejuuri, metsäkastikka, metsätähti, valkovuokko ja metsälauha.



Kuva 2. Selvitysalueen pohjoisosan metsää.

Kevyen liikenteen väylän eteläpuolella, selvitysalueen itäpäässä ja keskivaiheilla kasvaa puustoltaan varttunutta ja harvennettua metsää (kuva 3). Pääpuulaji on mänty ja lisäksi tavataan koivua, haapaa ja vähän kuusta. Alikasvos on paikoin tiheää ja sen muodostaa pihlaja ym. lehtipuulajit. Lähinnä tuoretta kangasta olevan kuvion aluskasvillisuutena on mm. mustikkaa, puolukkaa, metsäimarretta, metsälauhaa, kieloa, metsäkastikkaa, kevätpiippoa, metsätähteä ja maitohorsmaa.

Selvitysalueen lounaispäässä metsä on harvahkoa ja varttunutta–uudistuskypsää männikköä. Brobörentien puoleisella reunalla kasvaa myös haapoja ja koivuja. Kuvion tiheä lehtipuualikasvos tai -taimikko. Kenttäkerroksessa tavataan avoimemmissa kohdissa mm. hietakastikkaa ja metsäapilaa. Metsään on levinnyt pensasangervoa (koristepensas).



Kuva 3. Mäntyvaltaista metsää selvitysalueen eteläosassa.

3.2 Arvokkaat luontokohteet

Selvitysalueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse Natura 2000 -alueita, valtakunnallisten luonnonsuojeluohjelmien kohteita, luonnonsuojelualueita, suojeltuja luontotyyppisiä tai luonnonmuistomerkkejä.

Vuoden 2020 luontoselvityksessä ei todettu kohteita, jotka täyttäisivät luonnonsuojelulain 29 §:n mukaisten suojeltujen luontotyyppien, vesilain 2 luvun 11 §:n mukaisten pienvesikohteiden tai metsälain 10 §:n mukaisten elinympäristöjen kriteerit. Metsälakia ei sovelleta asemakaava-alueilla lukuun ottamatta maa- ja metsätalouteen osoitettuja alueita.

Selvityksessä ei todettu uhanalaisia luontotyyppisiä (Kontula & Raunio ym. 2018a, b) eikä LAKU-kriteerit (Salminen & Aalto 2012) tai METSO-ohjelman kriteerit (Syrjänen ym. 2016) täyttäviä kohteita.

3.3 Merkittävät eliölajit

Luontodirektiivin liitteen IV(a) lajit

Liito-oravaselvityksessä ei tehty havaintoja lajin esiintymisestä. Alueella on vain vähän liito-oravan elinympäristöksi soveltuvaa metsää. Lajin kanta on Sipoon seudulla hyvin pieni ja harva.

Vuoden 2020 inventoinnissa ei tehty havaintoja aikuisista kirjoverkkoperhosista eikä lajin toukkapesistä. Alueella ei ole lajille soveltuvaa lisääntymisympäristöä.

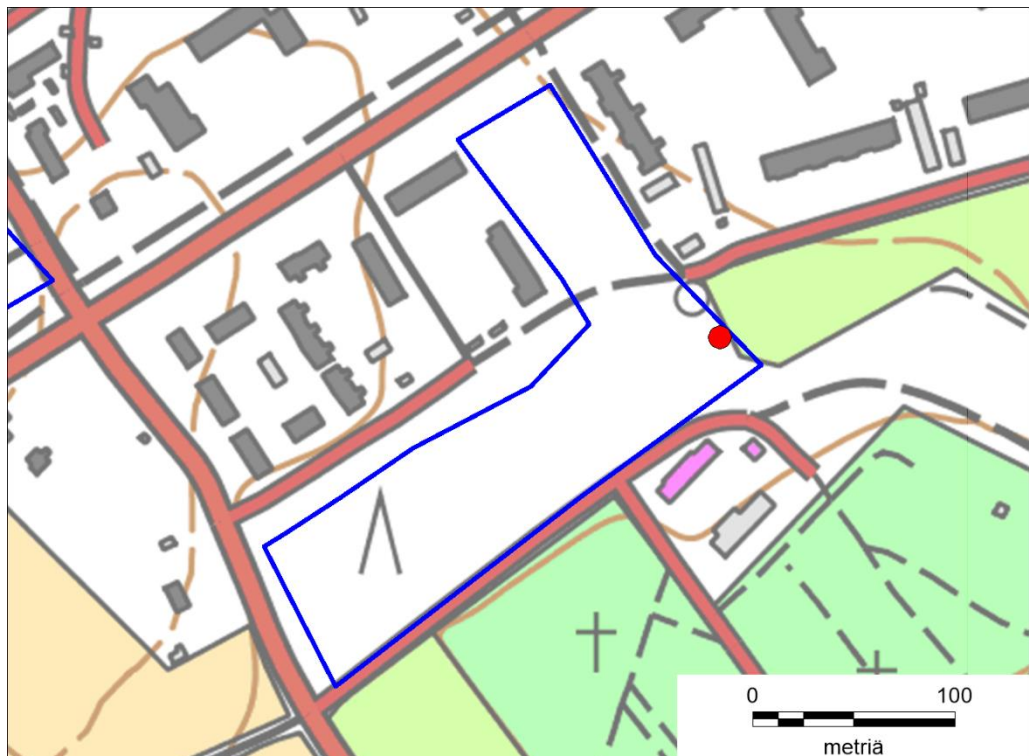
Kesän kartoituskäynneillä ei tehty lainkaan lepakkohavaintoja. Alueella on lepa-koille soveltuvaa saalistusympäristöä ja ainakin pohjanlepakon esiintyminen kohteella olisi ollut mahdollista.

Selvitysalueella ei ole muille luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeille soveltuvia elinympäristöjä.

Pesimälinnusto

Vuoden 2020 lintulaskennoissa todettiin selvitysalueella pesivänä tai reviiirillä seuraavat 12 lajia: harmaasieppo, kirjosiieppo, lehtokerttu, mustarastas, pajulintu, peippo, punakylkirastas, punarinta, sinitiainen, sirittäjä, talitiainen ja viherpeippo.

Pääosa selvitysalueen linnuista on Uudellamaalla yleisiä havu- ja sekametsien lajeja (ks. Solonen ym. 2010, Valkama ym. 2011). Ns. Punaisen kirjan (Hyvärinen ym. 2019) lajeja tavattiin vain yksi: viherpeippo, joka on arvioitu taantumisensa vuoksi Suomessa erittäin uhanalaiseksi (EN) lajiksi. Viherpeippo on Etelä-Suomessa edelleen yleinen taajamametsien, puistojen ja piha-alueiden laji. Sen reviiirin sijainti ilmenee kuvasta 4. Selvityksen tulosten perusteella ei katsottu perustelluksi rajata linnustollisesti arvokkaita kohteita.



Kuva 4. Huomionarvoisten lintulajien reviiirien sijainti. Punainen ympyrä = viherpeippo.

Muut lajit

Selvityksessä ei tehty havaintoja laho-kaviosammalesta tai muista huomionarvoisista (ks. alaluku 2.1) kasvilajeista. Alueella ei ole laho-kaviosammalelle soveltuvaa elinympäristöä.

Alueen luontotyyppien ja kasvillisuuden perusteella arvioitiin, ettei selvitysalueella todennäköisesti ole muita sellaisia kohteita tai elinympäristöjä, jotka olisivat huomionarvoisille eliölajeille tärkeitä. Selvityksen perusteella ei esitetä täydentäviä lajistoinventointeja.

4 YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Oikopolun asemakaavamuutoksen luontoselvityksessä ei todettu sellaisia erityisiä luontoarvoja, jotka tulisi ottaa huomioon alueen maankäytön suunnittelussa.

Kuvaan 4 merkityn viherpeipporeviirin erityinen huomioiminen kaavoituksessa ei ole tarpeen. Lajin reviirien sijainti vaihtelee vuosittain.

5 LÄHTEET JA KIRJALLISUUS

- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019: Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. – Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.
- Kontula, T. & Raunio, A. (toim.) 2018a: Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Luontotyyppien punainen kirja. Osa 1 – tulokset ja arvioinnin perusteet. – Suomen ympäristö 5/2008:1–388.
- Kontula, T. & Raunio, A. (toim.) 2018b: Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Luontotyyppien punainen kirja. Osa 2 – luontotyyppien kuvaukset. – Suomen ympäristö 5/2018:1–925.
- Koskimies, P. & Väisänen, R. A.: 1988: Maalintujen kartoituslaskentaohjeet. – Teoksessa: Koskimies, P. & Väisänen, R. A. (toim.): Linnustonseurannan havainnointiohjeet. 2. painos. – Helsingin yliopiston eläinmuseo, Helsinki, ss. 58–70.
- Luontotieto Keiron Oy 2012: Kunta-METSO. METSO-kohteiden inventointi 2011. – Sipoon kunta.
- Nieminen, M. & Ahola, A. (toim.) 2017: Euroopan unionin luontodirektiivin liitteen IV lajien (pl. lepakot) esittelyt. – Suomen ympäristö 1/2017:1–278.
- Salminen, J. & Aalto, S. 2012: Luonnonympäristöjen arvottamisen kriteeristö Uudellemaalle (LAKU). Loppuraportti. – Uudenmaan liiton julkaisuja E 119:1–53.
- Sierla, L., Lammi, E., Mannila, J. & Nironen, M. 2004: Direktiivilajien huomioon ottaminen suunnittelussa. – Suomen ympäristö 742:1–113.

- Siivonen, Y. & Wermundsen, T. 2006: Sipoon lepakkokartoitus 2006. – Wermundsen Consulting Oy / Batcon Group. 15 s. + liitekartat.
- SLTY 2012: Suomen lepakkotieteellinen yhdistys ry:n suositus lepakkokartoituksesta luontokartoittajille, tilaajille ja viranomaisille. 7 s.
- Solonen, T., Lehikoinen, A. & Lammi, E. (toim.) 2010: Uudenmaan linnusto. – Helsingin Seudun Lintutieteellinen Yhdistys Tringa, Helsinki. 509 s.
- Syrjänen, K., Hakalisto, S., Mikkola, J., Musta, I., Nissinen, M., Savolainen, R., Seppälä, J., Seppälä, M., Siitonen, J. & Valkeapää, A. 2016: Monimuotoisuudelle arvokkaiden metsäympäristöjen tunnistaminen. METSO-ohjelman luonnontieteelliset valintaperusteet 2016–2025. – Ympäristöministeriön raportteja 17/2016:1–75.
- Söderman, T. 2003: Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi – kaavoituksessa, YVA-menettelyssä ja Natura-arvioinnissa. – Ympäristöopas 109:1–196.
- Valkama, J., Vepsäläinen, V. & Lehikoinen, A. 2011: Suomen III Lintuatlas. – Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö, Helsinki. – Verkkoosoitteessa <<http://atlas3.lintuatlas.fi>> (viitattu 5.9.2020).
- Virrankoski, S., Vaskelainen, E., Sarvanne, H. & Yrjölä, R. 2006: Sipoon yleiskaava-alueiden luontoselvitykset 2006. – Ympäristötutkimus Yrjölä Oy. 55 s.