

# Runkomelun nykyaikaiset mallinnusmenetelmät

Benjamin Oksanen

Ota yhteyttä

[benjamin.oksanen@ains.fi](mailto:benjamin.oksanen@ains.fi)

0406474358

Menestys  
rakennetaan  
yhdessä

# Tutkimus runkomelun mallintamismenetelmästä

- A-Insinööreillä tehty diplomityö Aalto-yliopistoon
- Rahoittajina
  - A-Insinöörit
  - Väylävirasto
  - Ympäristöministeriö
  - Tampereen opiskelija-asuntosäätiö (TOAS)
  - Tampereen vuokratalosäätiö (VTS)



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment



# Tutkimuksen sisältö

- Kirjallisuusselvitys
  - Runkomeluun liittyvät ilmiöt ja mallinnusmenetelmät
    - Juna-ratarakenne (heräte)
    - Maaperä (siirtotie)
    - Rakennus (vastaanottaja)
- Laskentamallin kehitys
  - Rakennuksen värähtelyn mallinnus tutkimuskohteesta
- Raideliikenteen värähtelymittaukset tutkimuskohteessa
  - Laskentamallin validointi
  - Runkomelun arviointimenetelmien vertailu mittaustuloksiin





# Runkomeluarvioinnin nykymenetelmä

- VTT:n esiselvityksen (2009) mukainen runkomelun arviointimenetelmä maaperästä mitatulle värähtelylle (Arviointitaso 3: mittausten käyttö)
  - Rakennukseen siirtyvän värähtelyn arviointiin korjaustermit
    - 0 dB kalliolle perustettaessa
    - -5 dB puutalo 1-2 kerrosta
    - -7 dB betonitalo 1-2 kerrosta
    - -10 dB kerrostalolle
  - Värähtelyn kerrosvaimentuma
    - -2 dB / kerros, kerrokset 1-5
    - -1 dB / kerros, ylemmät kerrokset
  - Rakenneosien resonanssi
    - +6 dB
  - Muunto äänenpaineeksi
    - -28 dB



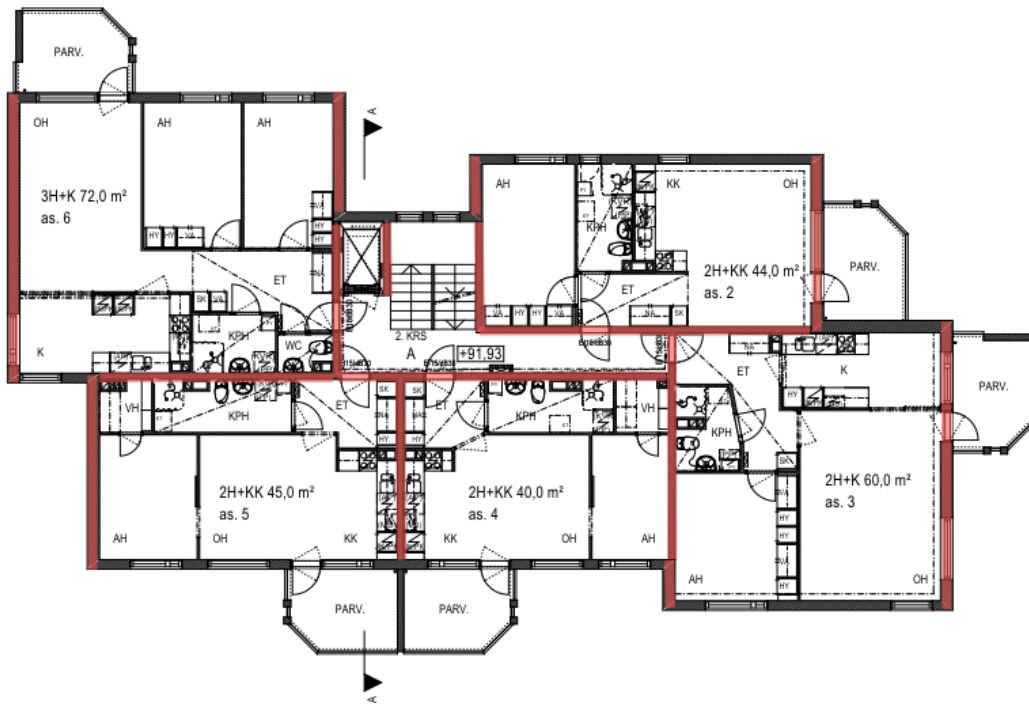
# Tarve tarkemmille runkomelun arviointimenetelmille

- Nykyisin käytössä olevat arviointimenetelmät ovat yksinkertaisia
  - Monia rakennusten yksityiskohtia ei voida ottaa huomioon
    - Erilaiset perustus- ja runkoratkaisut
    - Värähtelyn vaimeneminen rakennuksen eri osissa, erityisesti suurissa rakennusmassoissa
    - Tavanomaisesta poikkeavat rakenteet, esim. betoni-puu –hybridirakenteet
- Tarkemmilla arviointimenetelmillä voidaan tehdä tarkempaa suunnittelua
  - Varmuutta suunnitteluratkaisuihin
  - Runkomelun torjuntaratkaisut voidaan kohdistaa tiloihin, joissa tavoitearvot ylittyvät
  - Mahdollistaa merkittävät kustannussäästöt, jos vältytään turhalta runkomelun eristämiseltä

# Tutkimuskohde

# Tutkimuskohde

- Vuonna 1991 valmistunut betonielementtikerrostalo Tampereen Jankassa
- Rakenteiltaan tavanomainen 5-kerroksinen asuinkerrostalo
- Noin 100 metrin etäisyydellä Tampere-Jyväskylä –radasta







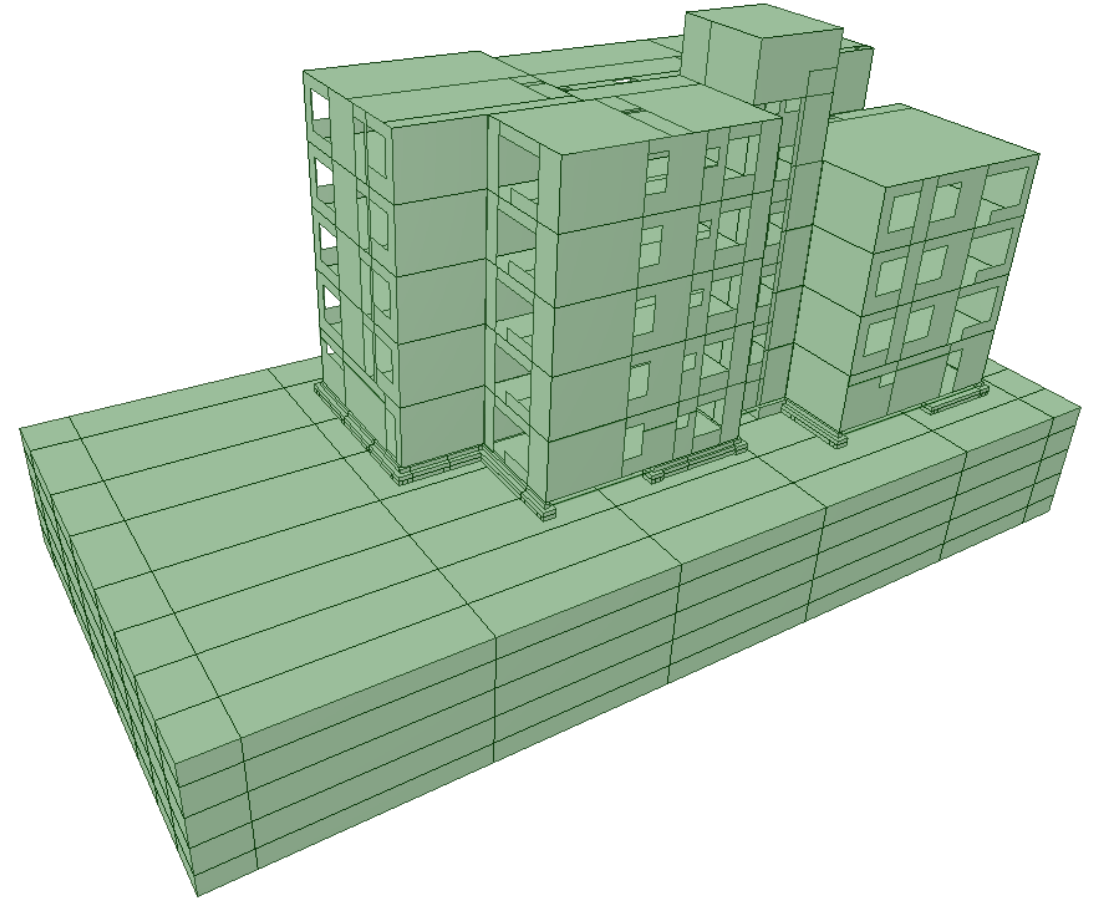
# Laskentamalli

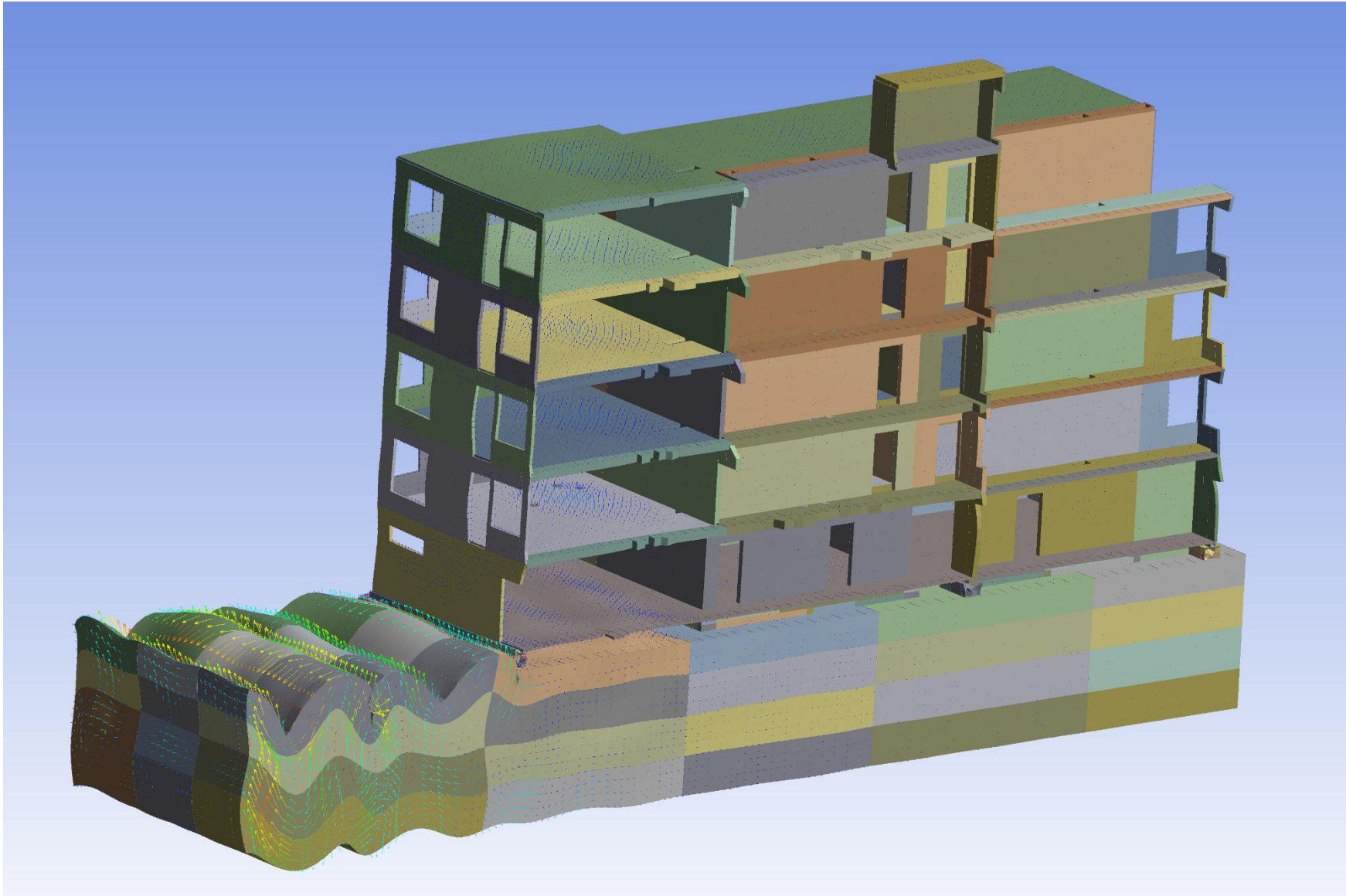
# Laskentamalliin valitut mallinnusmenetelmät

- Elementtimenetelmä (FEM) käytetyin mallinnusmenetelmä rakennuksen värähtelyn ja runkomelun mallintamisessa
  - Soveltuu yksityiskohtaisten 3D-geometrioiden mallintamiseen
  - Voidaan toteuttaa kaupallisella laskentaohjelmistolla (esim. Ansys)
- Maaperällä merkittävä vaikutus rakennuksen värähtelyyn
  - Maaperä otettava mallissa huomioon
- Laskenta taajuustasossa
  - Rakennusta tarkastellessa junan aiheuttama heräte voidaan esittää harmonisena viivalähteenä

# Laskentamalli

- Rakennuksen malli
  - Kantavat ja jäykistävät rakenteet
  - Rakenteet esitetty kuorielementteinä
  - Ikkunoiden ja ovien aukotukset
  - Muut rakenteet ja kuormitukset massoina
- Maaperä
  - Lineaarielastinen materiaalimalli
  - Laskenta-alueen reunoilla heijastamattomat reunaehdot







# Numeerisen mallintamisen haasteet

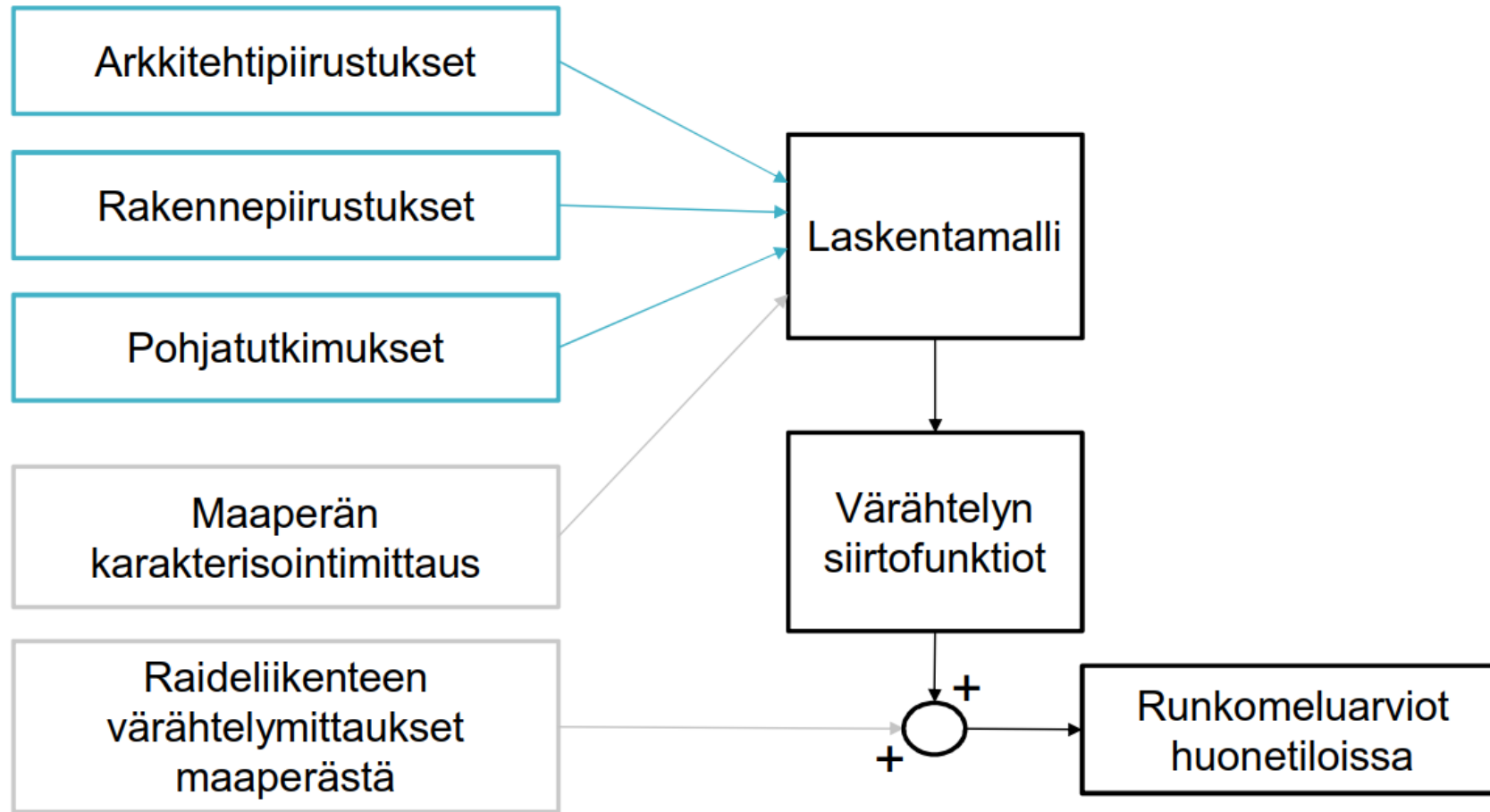
- Mallinnuksen vaatima laskentakapasiteetti kasvaa nopeasti suuremmille taajuuksille mentäessä sekä laskenta-alueen koon kasvaessa
  - Löydettävä tasapaino mallin vaatiman laskentakapasiteetin, malliin tehtävien yksinkertaistuksien ja mallin tarkkuuden välillä
  - Useita päiviä kestävä laskentamallin ratkaisu ei ole käytännöllinen suunnittelukäytössä
- Lähtötietojen epävarmuus heijastuu mallinnuksen epävarmuuteen
  - Materiaaliparametrien tarkka määrittäminen voi olla haastavaa
  - Tutkimuskohteessa lisähaasteena rakennuksen ikä
    - Kuinka hyvin suunnitelmat vastaavat toteutuneita rakenteita (esim. elementtien liitokset)?
    - Kuinka ottaa huomioon rakenneseosten ajan myötä tapahtuvat muutokset?

# Laskentamalliin perustuva runkomelun arviointimenetelmä

# Laskentamalliin perustuva runkomelun arviointimenetelmä

- Maaperän värähtelymittauksien ja laskentamallin muodostama hybridimenetelmä
  - Mittaukset varmin tapa maaperän värähtelyn määrittämiseksi
  - Laskentamallista saadaan värähtelyn siirtofunktiot maaperästä haluttuihin tiloihin
- Lähtötietojen hankinta laskentamalliin
  - Arkkitehti- ja rakennepiirustukset, tieto- ja rakennemallit
  - Pohjatutkimukset
  - Maaperän karakterisointimittaus
    - Leikkausaallonnopeus maakerroksissa

# Laskentamalliin perustuva runkomelun arviointimenetelmä



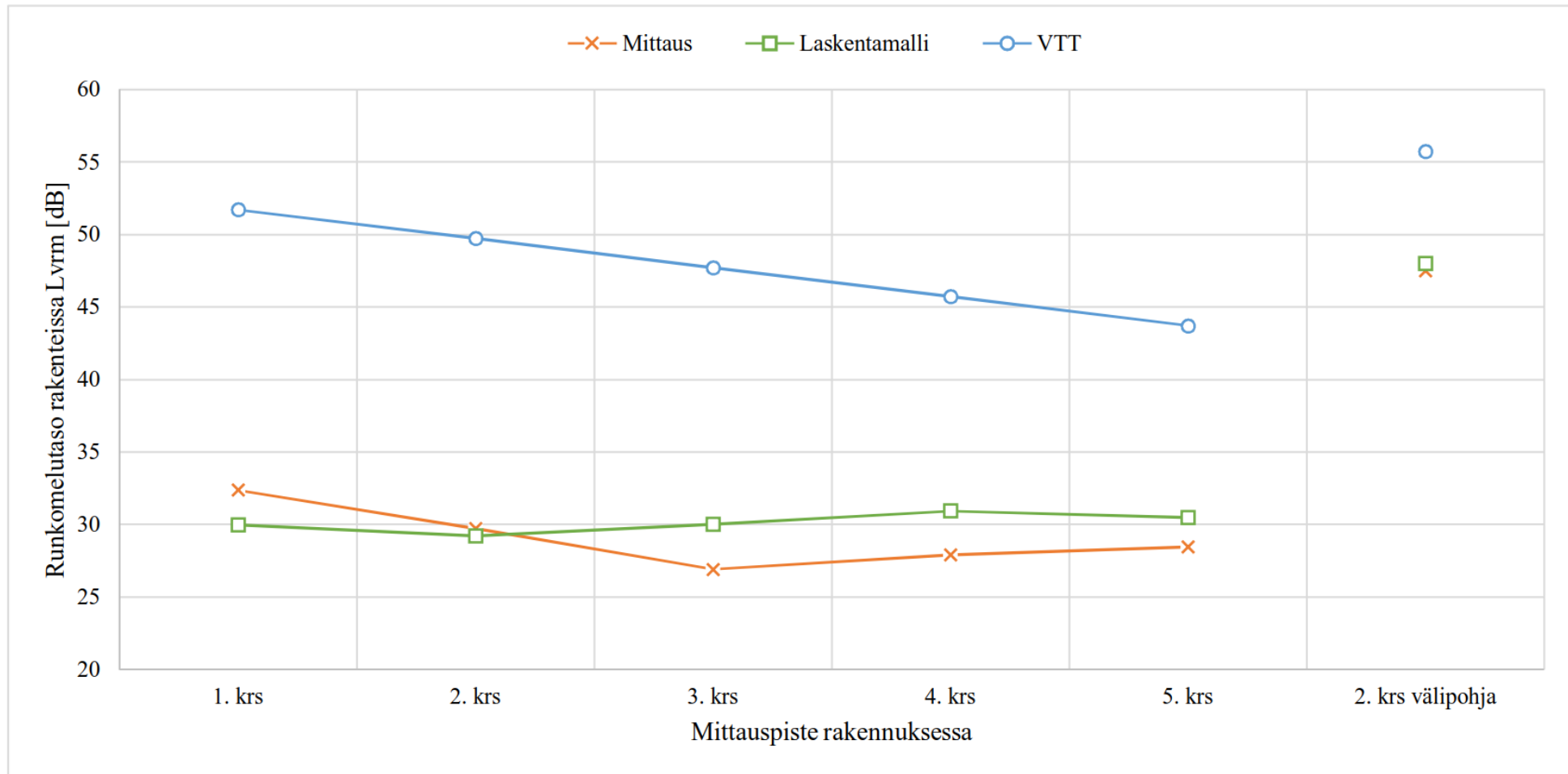


# Arviointimenetelmien vertailu

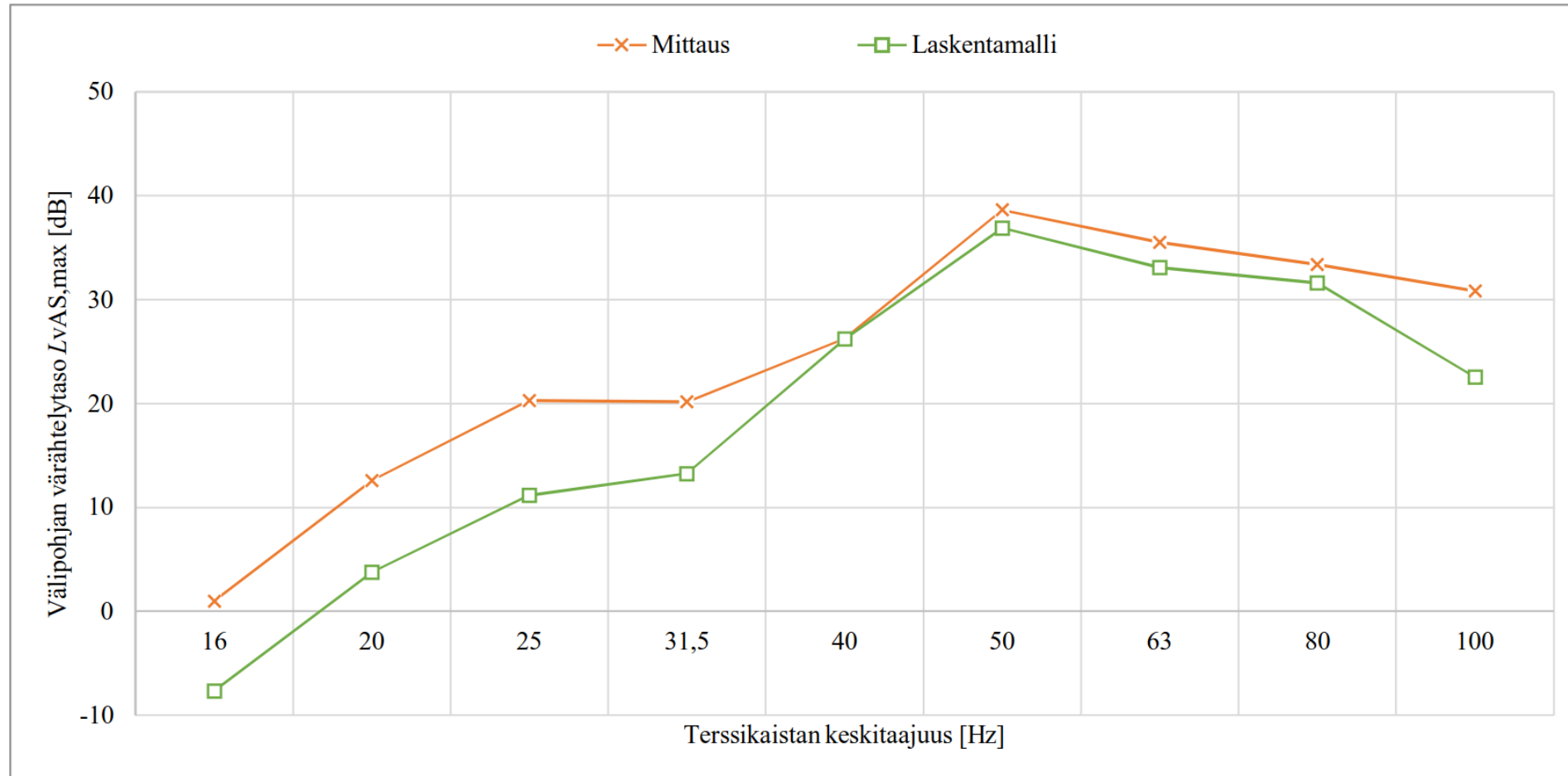
# Runkomelun arviointimenetelmien vertailu

- VTT:n esiselvityksen mukaista ja laskentamalliin perustuvaa runkomelun arviointimenetelmää verrattiin tutkimuskohteessa suoritettuihin värähtelymittauksiin
  - Värähtelymittauksista lasketut värähtelyn runkomelutasot  $L_{vrm}$
  - Arviointimenetelmällä maanpinnan värähtelytasoista lasketut värähtelyn runkomelutasot  $L_{vrm}$
- Varsinainen ohjearvoon verrannollinen ilmaäänen runkomelutaso  $L_{prm}$  arvioidaan välipohjan värähtelystä
  - Muunnos äänenpaineeksi -28 dB

# Pystysuuntainen värähtelykomponentti



# Välipohjan pystysuuntainen värähtely terssikaistoittain





# Johtopäätökset

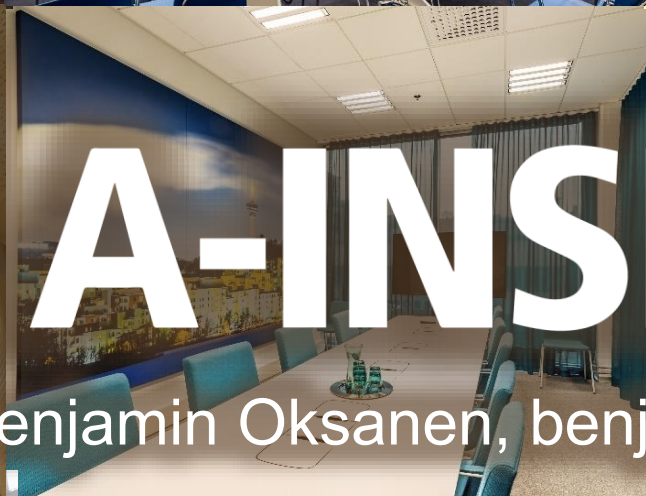
# Runkomelun laskentamalli suunnittelukäytössä

- Tutkimuskohteessa laskentamallilla voitiin arvioida runkomelutasoja nyky menetelmää tarkemmin
  - Värähtelyn vaimeneminen rakennuksen perustuksissa voitiin ottaa huomioon
  - Runkomelu arvio rakennuksen kaikissa tiloissa, ei vain rataa lähimmällä julkisivuilla
- Suurissa, eri toimintoja sisältävissä rakennusmassoissa laskentamalli mahdollistaa runkomelun arvioinnin tilakohtaisesti
- Laskentamalli on työläämpi kuin nyky menetelmä
  - Tavanomaisissa asuinkerrostalokohteissa laskentamallin käyttö ei välttämättä tarpeellista tai kustannustehokasta
  - Toisaalta laskettuja värähtelyn siirtofunktioita voidaan tehokkaasti hyödyntää muissa vastaavissa kohteissa

# Numeeristen menetelmien luomat mahdollisuudet

- Laskentamalleissa voidaan tarkastella ja vertailla
  - Runkoratkaisuja
  - Rakennuksen eristysmenetelmiä
  - Maaperän värähtelyn vaimennusratkaisuja
  - Rakenneosien vaikutusta runkomelutasoihin
- Mallinnusmenetelmät soveltuvat myös liikennetärinän mallintamiseen
- Rakennusten suunnittelun lisäksi numeerisia laskentamenetelmiä voidaan hyödyntää myös muissa rakentamisen vaiheissa





# A-INSINÖÖRIT

Benjamin Oksanen, [benjamin.oksanen@ains.fi](mailto:benjamin.oksanen@ains.fi)