

Tutkimuskeskus

**TERRA** Geo  
Road  
Rail

# Terran vaihdetutkimuksia

Riku Varis

16.1.2024



# Ratarakenteiden tutkimusryhmä

- Noin kymmenen hengen ryhmä, johon kuuluu sekä tutkijoita että tutkimusapulaisia
- Tutkimusalueena radan komponentit
  - Kalusto-raide-vuorovaikutus
  - Kiskot, ratapölköt ja vaihteet
  - Pengerrakenne
  - Pohjarakenne
- Toiminnan pääpaino kokeellisessa tutkimuksessa
- Lisäksi rakenteiden toiminnan laskennalliset tarkastelut

<http://research.tuni.fi/ratarakenteet>

## Vaihdetutkimus

- Tutkijana Riku Varis
- Pääasiallisena tutkimussuuntana tällä hetkellä vaihteen jäykkyyden mittaaminen ja kehitys uusien komponenttien avulla sekä kunnossapitoa parantamalla.
- Tämän lisäksi tutkimukseen kuuluu myös vaihteiden toimilaitteiden käyttövarmuuteen, kunnossapidettävyyteen ja turvallisuuteen liittyvät asiat

[riku.varis@tuni.fi](mailto:riku.varis@tuni.fi)



## Esityksen aihepiirit

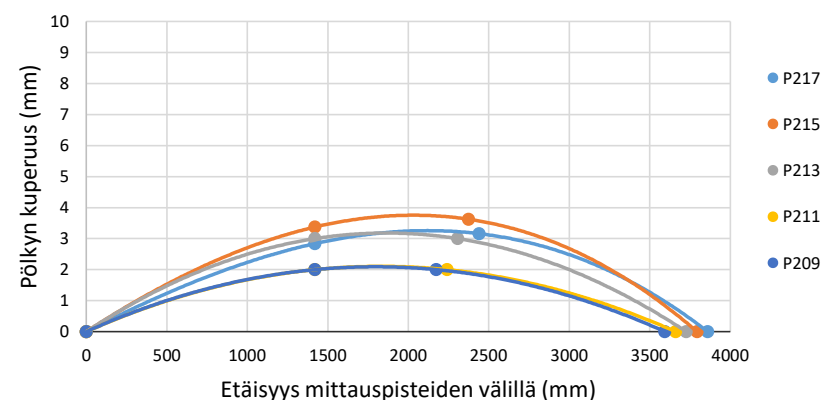
- Vaihteisiin liittyviä tutkimuksia on tehty Terran ja sen edeltäjien toimesta aina vuodesta 2011 asti.
- Näistä on alle valittu muutamia poimintoja:
  - **Betonisten vaihdepölkkyjen kaarevuus ja sen haitat**
  - **Vaihteiden aukiajo-ongelmat**
  - **Kääntöavustimien käyttö suurnopeusvaihteen kannassa**
  - **Veturikaluston tuottamat vaakavoimat tiukoissa kaarteissa (ja vaihteissa)**

**KYSYKÄÄ ja HAASTAKAA!**

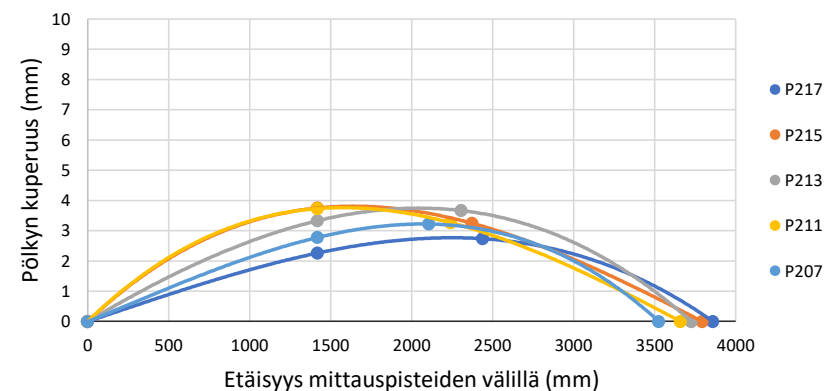
# Betonisten vaihdepölkkyjen kaarevuus

- Lähtökohtaisesti betoniset vaihdepölkkyt oletetaan muodoltaan pääasiassa täysin suoriksi.
- Todellisuudessa betoniset vaihdepölkkyt ovat uutena usein hieman kuperia.
- Vaihdepölkkyjen kaarevuuteen vaikuttaa useat tekijät, joita ovat muun muassa:
  - Jännitetty rakenne, jonka johdosta pölkky voi pyrkiä hieman kaareutumaan.
  - Betonin viruma, joka saattaa lisätä pölkyn kaarevuutta.
  - Vaihdepölkkyjen raiteessa kohtaamat kuormitukset, jotka voivat muuttaa pölkyn kaarevuutta joko kasvattamalla tai vähentämällä kaarevuutta.
- Kuperuudella on merkitystä erityisesti pitkissä vaihdepölkkyissä, joissa kiskojen sijainnit ovat kauempana toisistaan.
  - Tyypillisesti kuperuus on noin 2-4 mm.
  - Kuormituksen johdosta kuperuus voi kuitenkin kasvaa tai vähentyä, jolloin sen määrää on hyvin vaikea ennakoida

Ylöjärvi V002

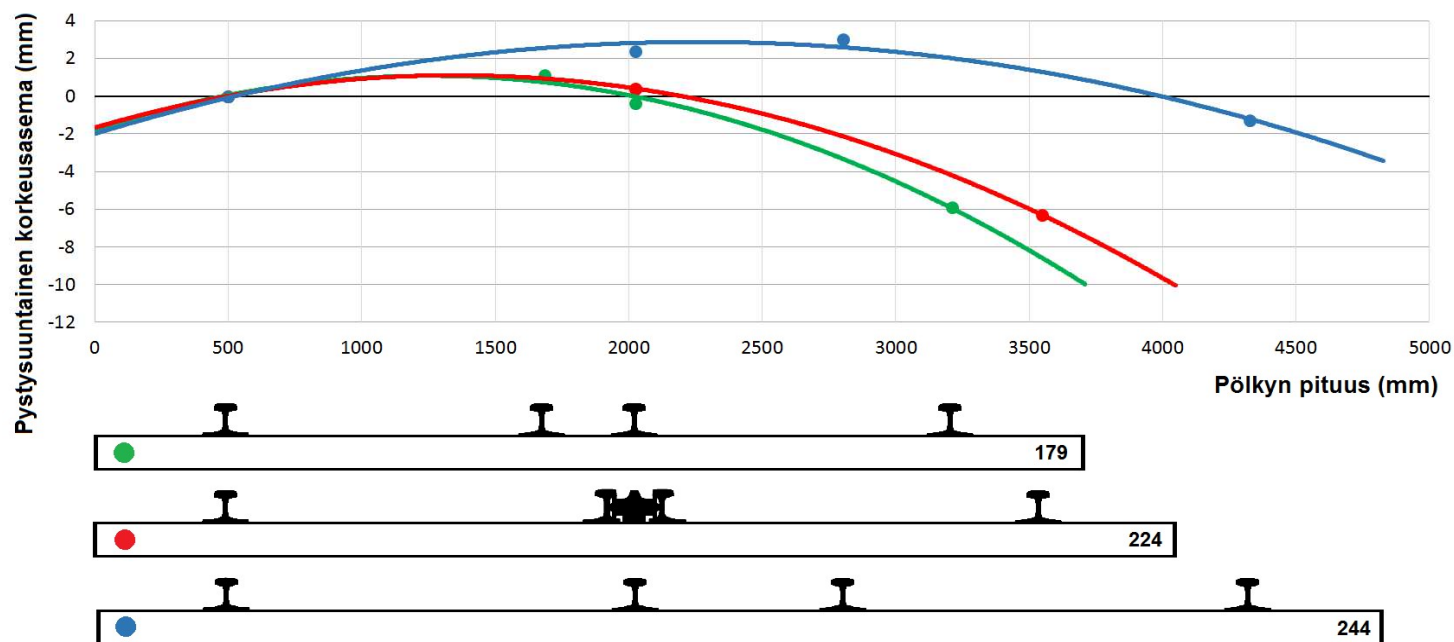


Karhejärvi V002



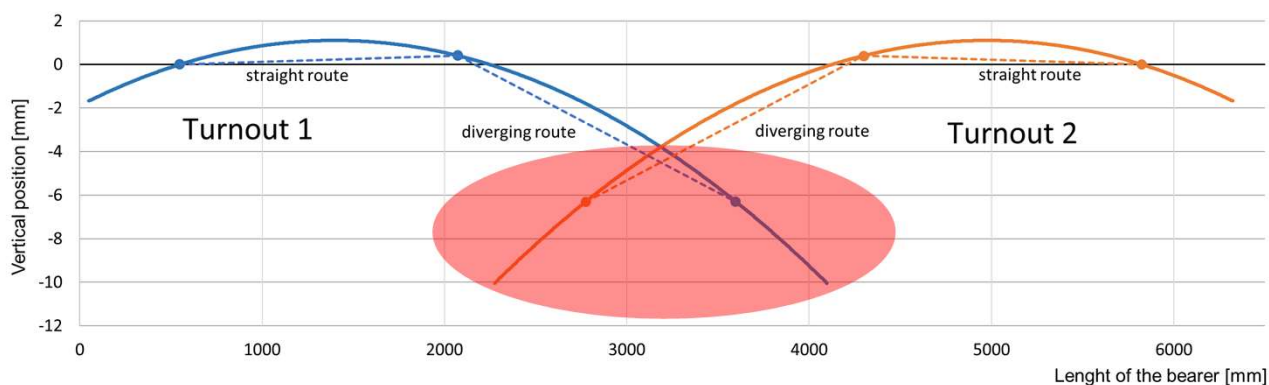
## Vaihdepölkyn muodon vaikutus vaihteessa olevaan kallistukseen

- Pitkät vaihdepölköt pyrkivät kallistumaan kuormitetumman raiteen suuntaa eli usein suoran raiteen puolelle.
  - Esimerkiksi takajatkosalueella lyhyet vaihdepölköt pyrkivät painumaan tasaisesti pystysuoraan alaspäin, kun taas pitkät vaihdepölköt pyrkivät kallistumaan kuormitetumman raiteen suuntaan.
  - Voi johtaa kallistus- ja kierousvirheiden muodostumiseen, jotka ovat usein suurempia kuin itse pölkyn kuperuuden arvo.



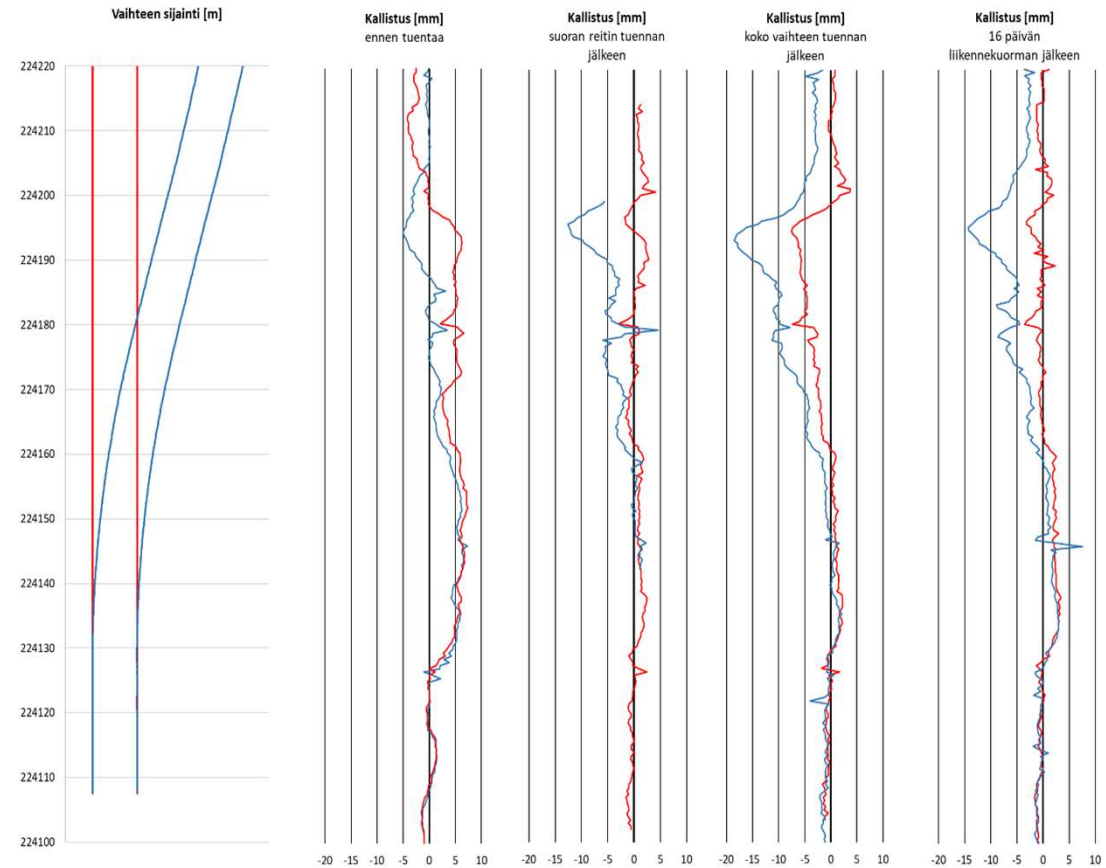
# Vaihdepölkkyjen kaarevuuden huomioiminen vaihteen tuennassa.

- Vaihdepölkkyjen muoto tulee tiedostaa vaihteen tuennassa.
- Sekä suoraa että poikkeavaa raidetta on käytännössä mahdotonta saada tukemalla samanaikaisesti vaakasuoraan.
- Vaihdepölkkyjen kaarevuuden muuttaminen tukemalla erittäin hankalaa, ellei lähes mahdotonta.
- Pölkyn kuperuuden aikaansaama kallistus tulisi tietoisesti jättää poikkeavan raiteen puolelle eli poikkeavaa raidetta ei edes tulisi "väkisin" yrittää tukea vaakasuoraan.
- Raiteenvaihtopaikat usein ongelmallisimpia, koska poikkeavien raiteiden kallistukset ovat vastakkaisen suuntaisia toisiinsa nähden.



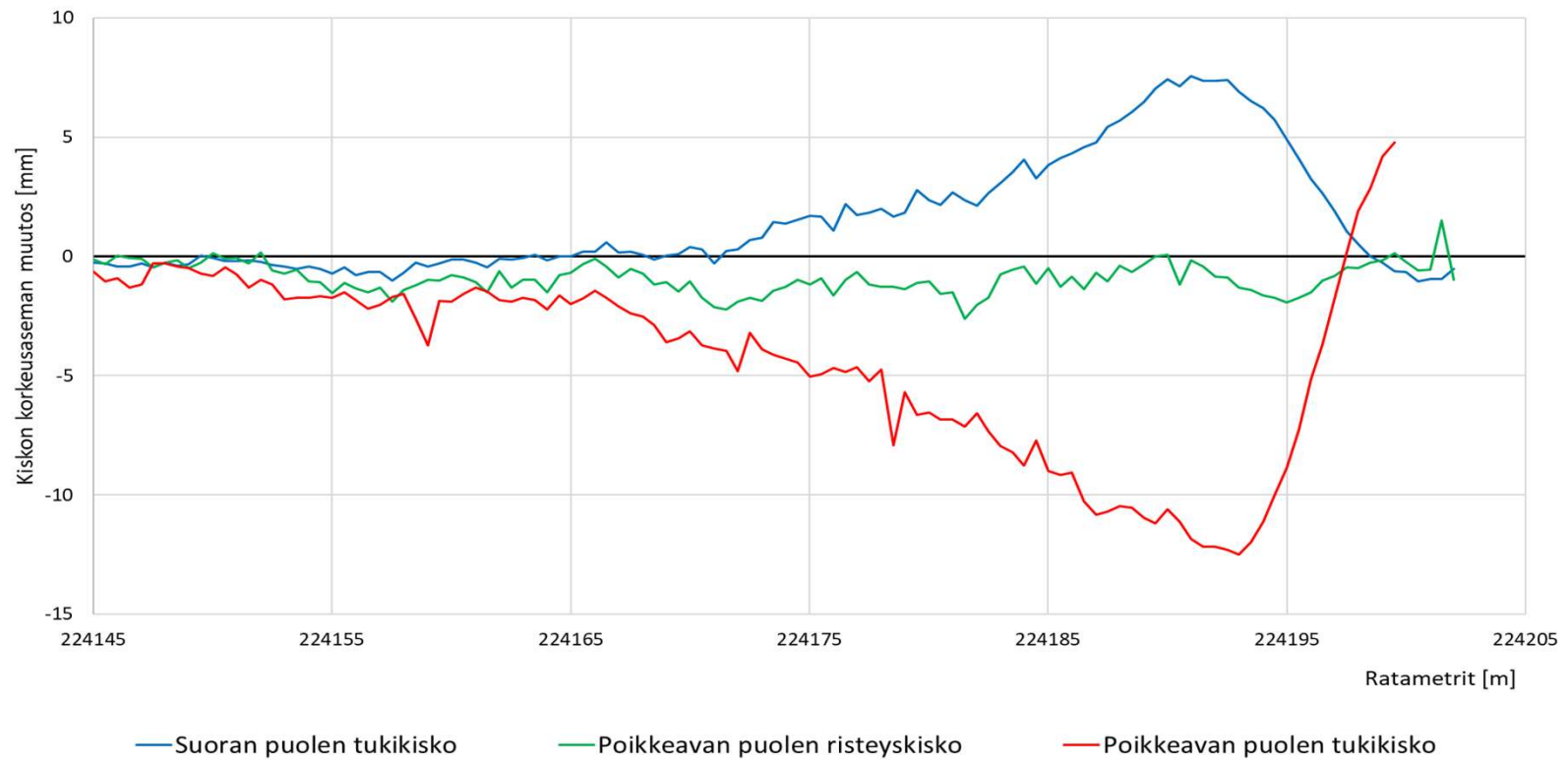
# Karhejärvi V001 kallistus

- Ennen tuentaa vaihteessa on ollut selkeästi kallistusta vaihteen suoran reitin suuntaan.
- Suoran reitin tuennassa kallistus on saatu suoralta reitiltä poistettua ja käyriä pölkkyjä pakottamatta kallistus on siirtynyt poikkeavalle puolelle.
- Käyrän pölkyn tapauksessa kallistuksesta ei siis voida päästä eroon, mutta se voidaan pölkyn asentoa muuttamalla "siirtää" poikkeavalle puolelle.
- Poikkeavan puolen tuennan aikana kummankin reitin kallistuksen arvot ovat kuitenkin muuttuneet selkeästi poikkeavan puolen suuntaan, eli pitkien pölkkyjen asema on kääntynyt huonommaksi.
- Tämä johtuu hyvin todennäköisesti siitä, että pitkät pölkkyt ovat jääneet suoran puolen tuennan aikana poikkeavan raiteen alta selkeästi ilmaan, jolloin koko vaihde on "keikannut" poikkeavan puolen suuntaan akselipainon siirtyessä poikkeavalle puolelle.
- 16 päivän jälkeisistä kallistustuloksista havaitaan, että kallistusarvot ovat hyvinkin yhtenevät suoran reitin tuennan jälkeiseen tilanteeseen, koska junien kuormitus on "keikannut" vaihteen takaisin suoralle puolelle.



## Karhejärvi V001 “keikkaaminen”

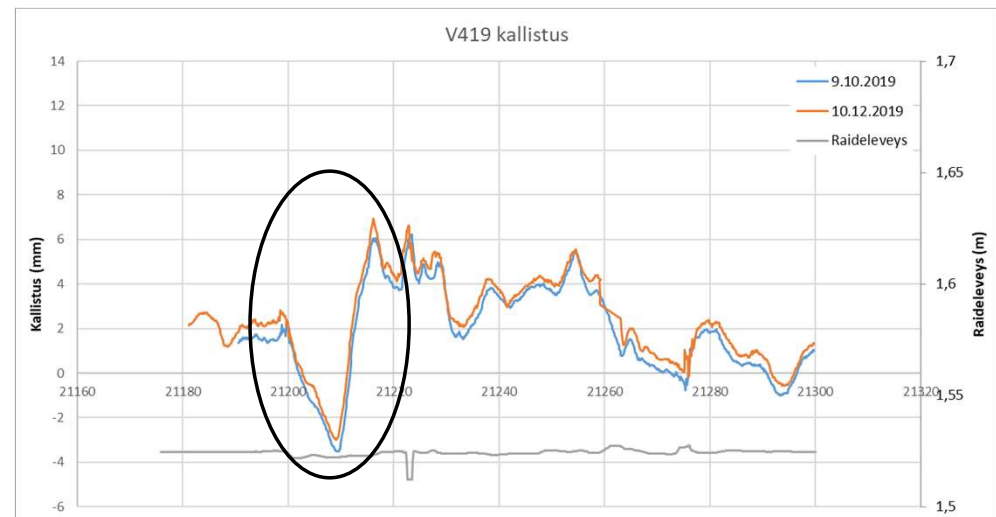
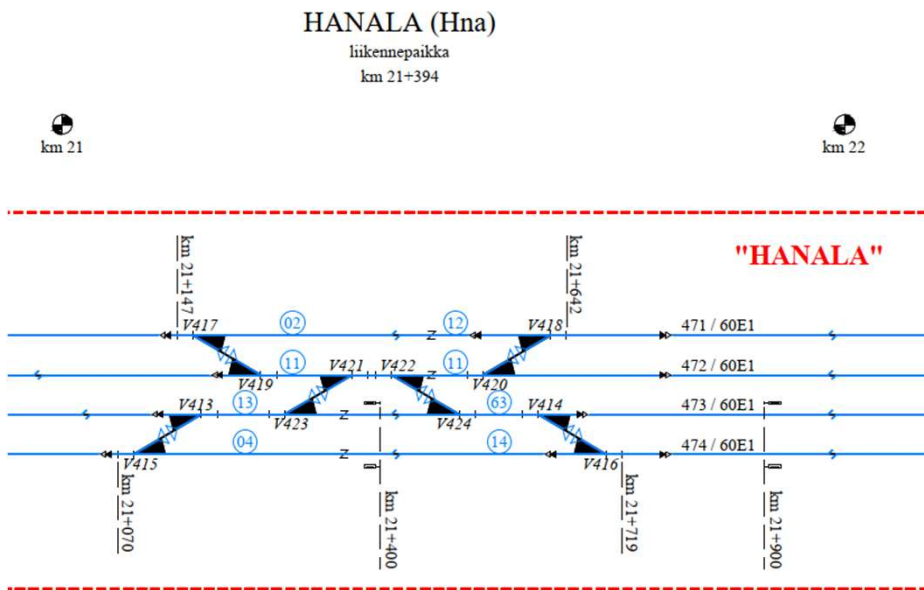
- Vaihteen kiskojen korkeusaseman muutos poikkeavan raiteen tuennan aikana





# Hanalan geometriaongelmat

- Useilla liikennepaikoilla, kuten Hanalassa, vaihteet ovat aivan kiinni toisissaan, jolloin niiden yksilöllinen tukeminen on täysin mahdotonta.
- Tähän vaihteiden ahtauteen kun lisää käyrän pölkyn ongelman, niin hyvä ja tehokas tukeminen on käytännössä mahdotonta.

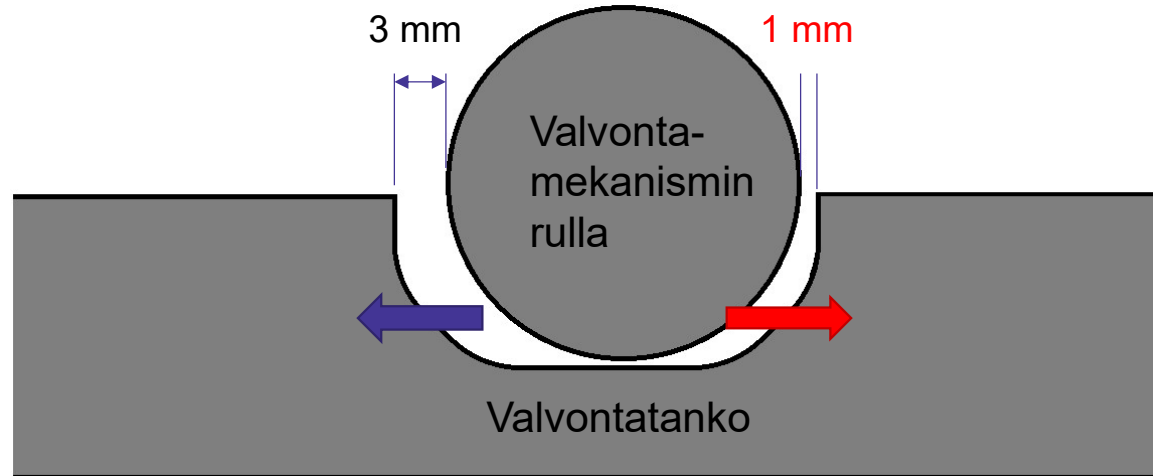


# Vaihteiden aukiajo-ongelmien poistaminen

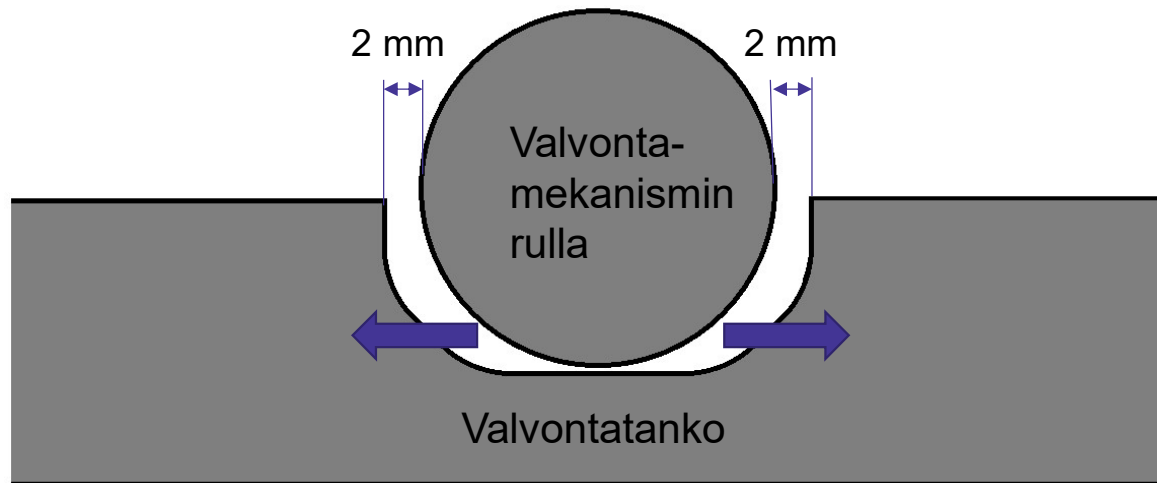
- Vaihteiden ”perusteettomat” aukiajoilmaisut ovat olleet ongelma oikeastaan koko Suomen rataverkolla jo useampien vuosien ajan.
- Ongelmat keskittyvät varsinkin pitkiin vaihteisiin, joiden vaihteenkääntölaitteet ja säätöarvot poikkeavat lyhyiden vaihteiden vastaavista.
- Pitkään vallitseva käsitys ongelmien ratkaisuksi oli se, että pitkän vaihteen vaihteenkääntölaitteen valvontakoskettimien mekanismi tulisi muuttaa erilaiseksi, jotta se sietäisi enemmän junan yliajon aiheuttamaa värähtelyä.
- Rakennemuutoksia haettaessa kävi kuitenkin ilmi, että ongelmat eivät välttämättä johdukaan vääränlaisesta kosketinrakenteesta vaan enemmänkin sen säätöarvoista.
- Nykyisellään pitkien vaihteiden valvontakoskettimet säädetään toimimaan 3 mm välyksellä tukikiskon ja vaihteen kielen välissä, jonka katsotaan auttavan talvioloissa pärjäämistä.
- Suuren lumivälin käyttäminen tekee kuitenkin valvontalaitteen rulla-lovi-mekanismista epäkeskeisen, jolloin se on herkempi käytön aikaisille aukiajoille toiselta valvontareunaltaan. **Pitkän vaihteen valvontakosketin valvoo kielen liikettä kumpaankin suuntaan.**
- Tästä syystä laitteen valmistaja on suositellut pienempien, rullan keskeistä asemaa tukevien, arvojen käyttämistä. Näitä arvoja on testattu Luumäellä kevästä 2020 lähtien. Kokemukset ovat olleet erittäin hyviä ja aukiajoja ei ole (tietääkseni) tullut.

# Säätöarvojen vaikutus aukiajojen syntymiseen

Nykyinen säätötapa

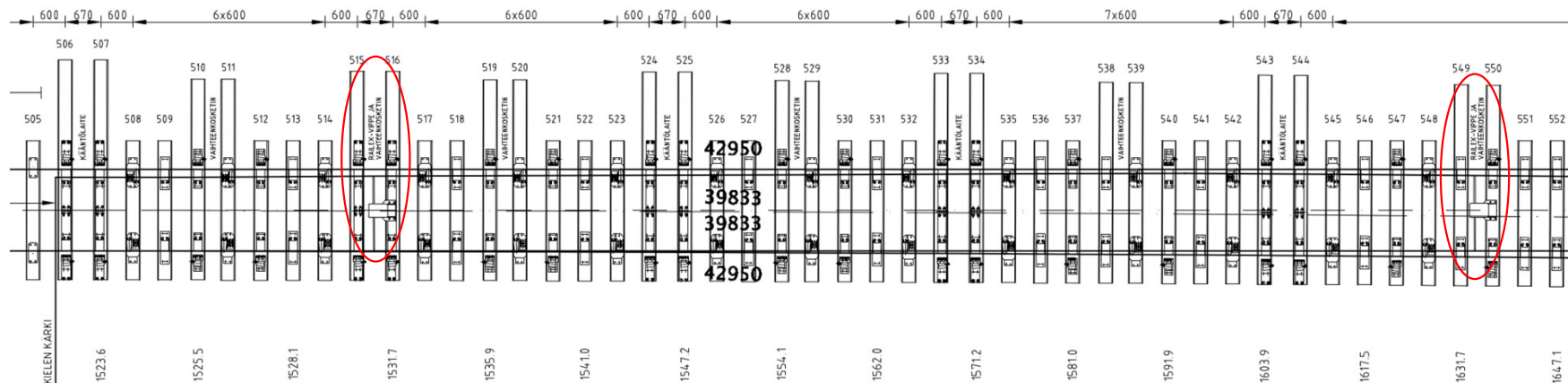
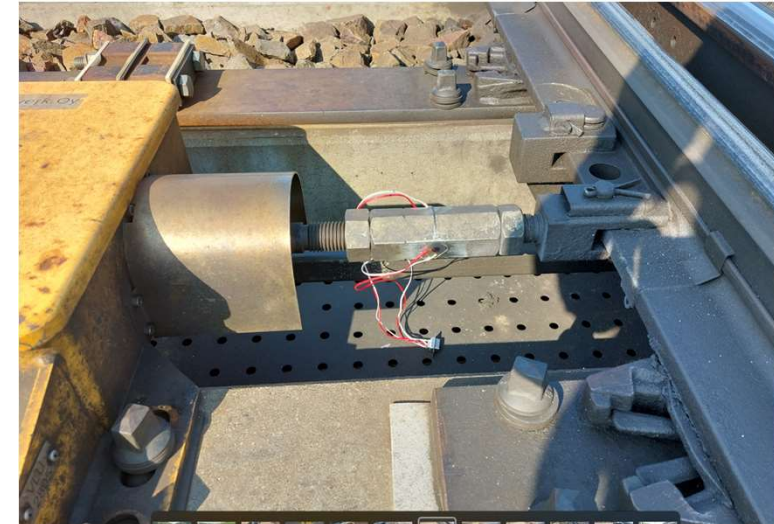


Luumäen vaihteen V018 säätötapa



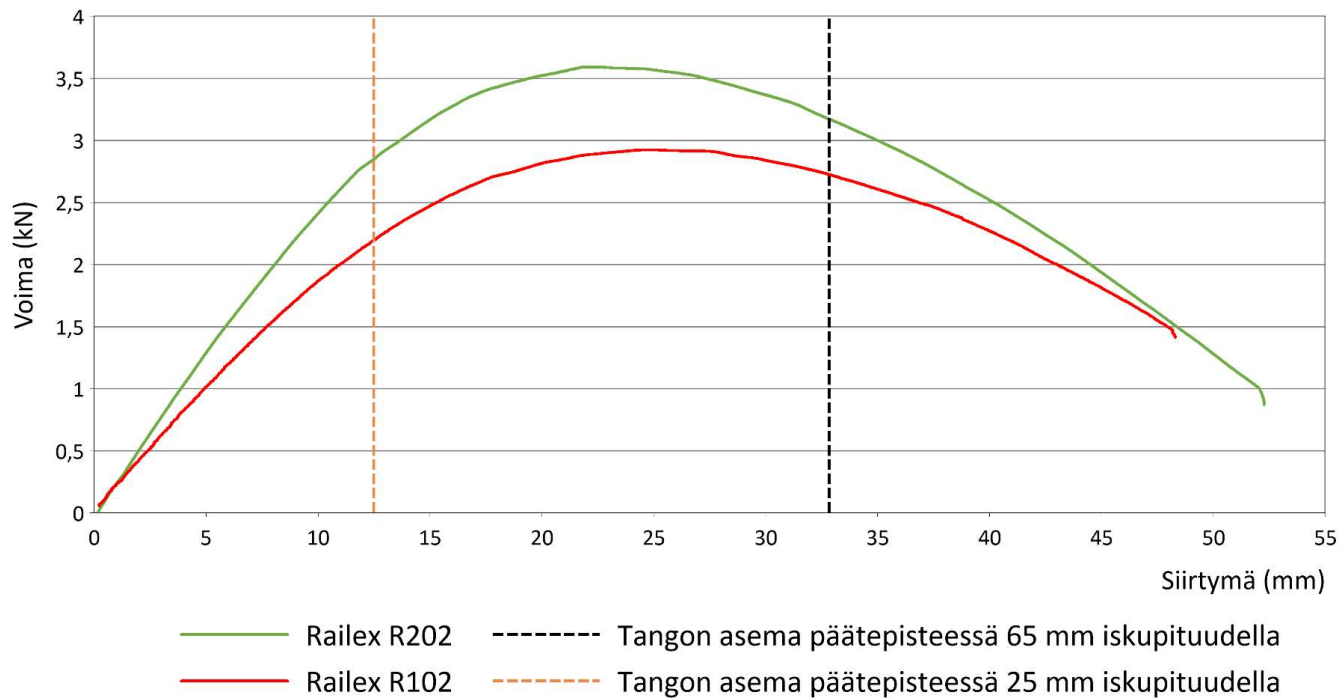
# Kääntöavustimien käyttö suurnopeusvaihteen kannassa

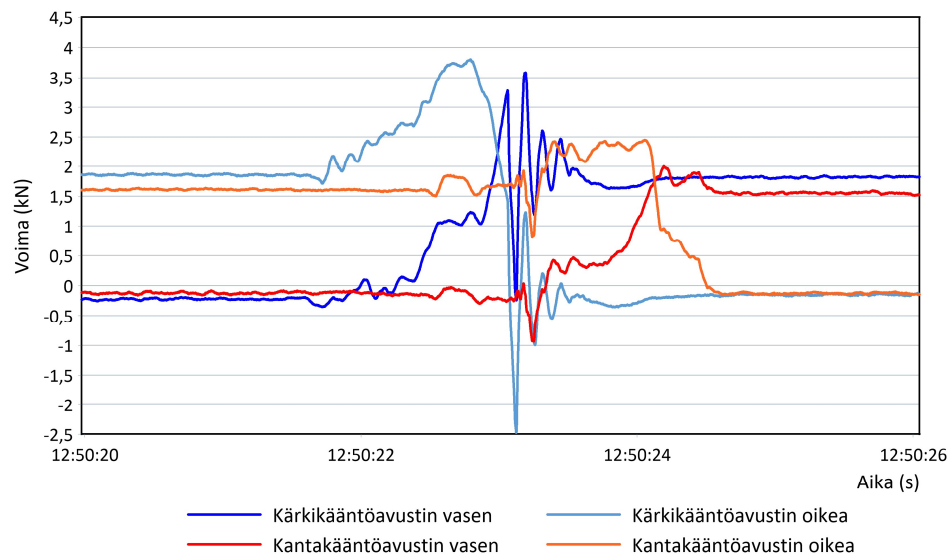
- Suurnopeusvaihteiden kieli-alueella käytetään 4 vaihtenkääntölaitteen rinnalla myös kahta kääntöavustinta.
- Nämä kääntöavustimet (kuten itseasiassa kääntölaitteetkin) on kuitenkin suunniteltu alun perin muihin vaihdetyyppeihin (1:9 ja 1:18).
- Varsinkin kielen kanta-alueella kielen liike on hyvin lyhyt (25 mm), jolloin kääntöavustin toimii täysin eri liikepituudella kuin mihin se on suunniteltu (65 mm).
- Tästä on herännyt esiin kysymys, että onko 1:26-vaihteen kanta-alueen kääntöavustin tarpeellinen tai kykeneekö se tuottamaan riittävästi voimaa kielen kääntämiseen?



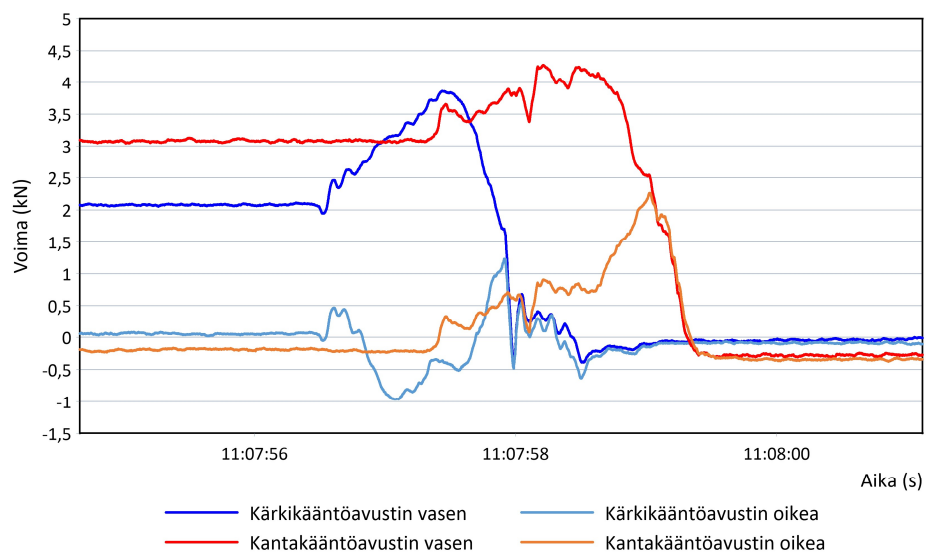
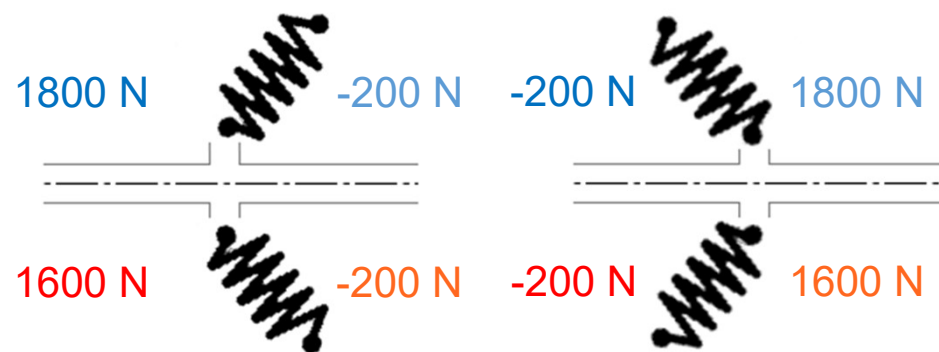
# Kääntöavustimien käyttö suurnopeusvaihteen kannassa

- Railexien voimatasoja on mitattu kuormituspenkissä yliopistolla vuonna 2014.
- R202-typin Railex tuottaa suuremman jousensa ansiosta suuremman voiman koko liikealueella ja se on tarkoitettu käytettäväksi pitkien vaihteiden kanta-alueella, jossa kieli on raskaampi kääntää.
- Kaikkien mitattujen vaihteiden kannassa oli silti käytössä R102-typin Railex.

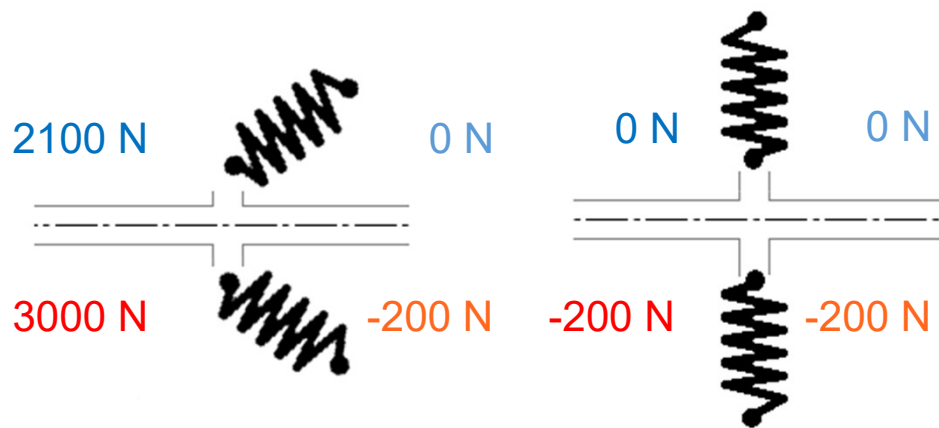




V014



V018



# Veturikaluston tuottamat vaakavoimat tiukoissa kaarteissa

- Uusien 3-akselisillä teleillä varustettujen veturien on havaittu aiheuttavan kulkuongelmia Suomen rataverkolla ja myös muutamia suistumisia on tapahtunut viime vuosien aikana.
- Ongelmien seurauksena heräsi kysymys erilaisen kaluston aiheuttamista vaakavoimista kiskoihin. Kolmiakselinen teli saattaa aiheuttaa tavallista enemmän kuormitusta pienen kaarresäteen kaarteissa, kuten ratapihoilla ja vaihteissa ja lisätä riskiä nopealle pyörän ja kiskon kulumiselle ja lopulta koko kaluston suistumiselle.
- Kaarteen ulkokiskoon kohdistuvia vaakavoimia mitattiin sekä kesällä 2021 ja 2022 Kouvolan ratapihalla raiteen 142, jossa kaarresäde oli 200 m.
- Tuloksena näistä mittauksista saatiin, että 3-akselinen teli aiheuttaa noin 35-55 prosenttia suuremmat vaakavoimat kuin vastaavan painoiset 2-akseliset telirakenteet. Ero on siis ihan merkittävä.
- Mittauksia suoritettiin saman kaaren kahdessa eri kohdassa, joissa raideleveydet olivat 1530 mm ja 1535 mm. Kapeampi raideleveys tuotti tietyissä testitilanteissa jopa 40-50 prosenttia suuremmat voimat kuin leveämpi kaarre. Raideleveydelläkin on siis suuri merkitys vaakavoiman arvoon.



[www.research.tuni.fi/terraraail](http://www.research.tuni.fi/terraraail)

[riku.varis@tuni.fi](mailto:riku.varis@tuni.fi)