

**Osa 1: Mittausperustan hyödyntäminen
raiteentukemistöissä**

**Osa 2: Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja
tuennan tarkemittaus ja -laskenta**

*Janne Mikkonen
Welado Oy
+358408645236*

Tukemispäivä 2024

27.03.2024



Väylävirasto
Trafikledsverket



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

Mittausperusta on radan välittömään läheisyyteen rakennettu koordinaateiltaan tunnettu mittapisteistö

Sidottu valtakunnalliseen pisteverkkoon

Mittausperustaan sidottu koko radan suunniteltu rakenne

- Ratageometria
- Päällysrakenne
- Taitorakenteet
- Radan pohja- ja alusrakenteet
- Sähkö- ja turvalaitteet

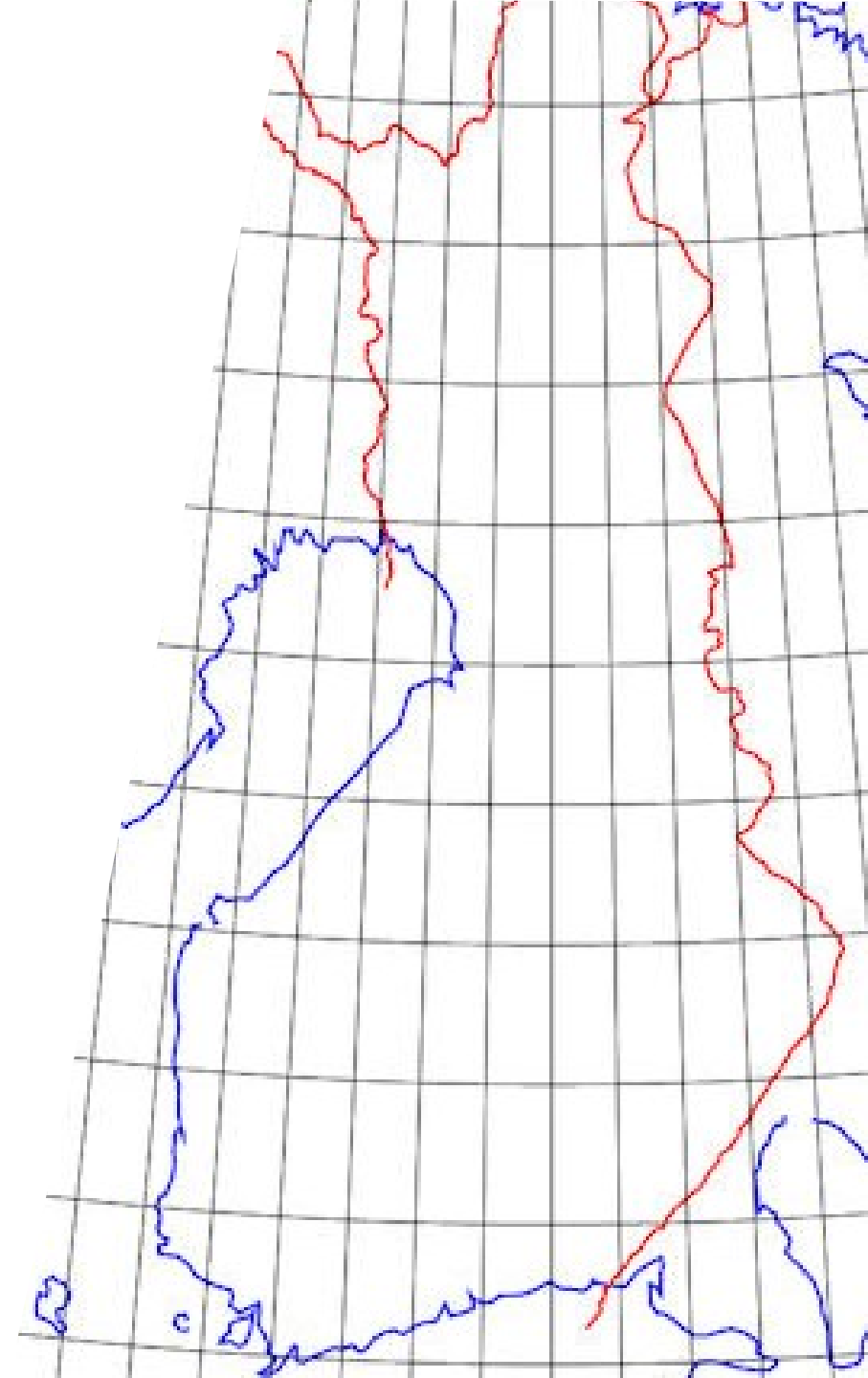
Mittausperustan rakentamista ja mittaamista ohjaa

- JHS184
- LO 18/2017 Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot - Mittausohje



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

- Mittausperusta on määritetty tiettyyn tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmään
 - Uudet mittausperustat Väylän hankkeissa määritetään ETRS Gkn koordinaattijärjestelmään ja N2000 korkeusjärjestelmään
 - ETRS Gkn pohjautuu EUREF-FIN datumiin, joka on realisaatio ETRS89 vertausjärjestelmästä
 - Muita rataverkolla olevia järjestelmiä on vielä:
 - KKJ- kartastokoordinaattijärjestelmä
 - VVJ- Vanha valtion järjestelmä
 - Kaupunkien omat järjestelmät
 - N60 korkeusjärjestelmä



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

- Mittausperustan perusrakenne väyläkohteissa on hierarkkinen
 - Muodostuu peruskiintopisteistä 3 & 4 tasoluokka
 - 4. luokka ~1,5 km välein
 - 3. Luokka ~5-10 km välein
 - Sekä käyttöpisteistä 5 & 6 tasoluokka
 - ~100-400 m välein
 - Korkeusluokka 4
 - Pääsääntöisesti määritetään jonoavaituksella korkeuskiintopisteiltä
 - Peruskiintopisteet voidaan määrittää ainoastaan Staattisella GNSS mittauksella
 - Käyttöpisteet voidaan määrittää jono/monikulmiojonomittauksena ja staattisella- että reaaliaikaisella GNSS mittauksella ($\geq 500\text{m}$)



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

- Mittausperusta maastossa:
 - Peruskiintopisteet rakennettu pääsääntöisesti kallioon, maakiveen tai teräsputkipaaluina
 - Käyttöpisteet yllämainittujen lisäksi maaputkina ja sähköratapylvään pultteihin rakennettuna
 - Uuden SR-pylvään mallin takia nykyään myös tankopisteitä pylvääseen rakennettuna
 - Pisteet signaloitu maastoon huomioputkilla, aurausviitoilla, puupaaluilla, maalilla, liidulla kiskoon
- Mittausperustojen tietoja ylläpidetään ja hallitaan RATKO:ssa



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

Kuten huomataan mittausperusta on tärkeä osa tukemistyötä

- Ratageometria jonka mukaisesti tuetaan on sidottu perustaan
- Tuenta varten tehtävät nuotitusmittaukset on sidottu perustaan
- Tarkemittaukset on sidottu samoihin pisteisiin

Tänä päivänä pääsääntöisin tapa hyödyntää mittausperustaa tukemisessa

- Suoritetaan nuotitusmittaus ennakkoon takymetrilla ja/tai mittaustrolleylla
- Päästään kiinni suunniteltuun ratageometriaan
- Pituusmitta ja geometriamerkinntät maastoon
- Nuotin laskenta tukemiskoneelle ja tarkemittaukset

Käydään tarkemmin läpi osassa 2.



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

- Tukemiskoneiden varustelusta riippuen mittausperustaa voidaan hyödyntää suoraan tukemisessa
 - Takymetriohjaus
 - Tukemispäät (esim. [PALAS](#))
 - Stereokamera + IMU järjestelmä ([Plasser](#), System7)
 - Plasser tamping assistance (ei kiinni perustassa)
- Vaatisi mittausperustan kehittämistä ja tihentämistä
 - Tiheä mittapisteistö (60-100m)
 - Pisteet näkyvillä pylväissä sopivalla korkeudella
 - Vaatisi kiinnitystavan kehittämisen olemassa oleviin pylväisiin
 - Hankkeissa olisi päätavoite rakentaa tihennetty mittausperusta
 - Mahdollisuus myös tihentää nykyisiä erillishankkeilla, missä muu pisteistö on kunnossa



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

Mittausperustat Euroopassa

- Tietoa vähän/ei helposti saatavilla
- Kuva-aineistoissa ja teksteissä lähes yksinomaan kerrotaan pylväspisteistä sekä referenssipisteistä
- Mm. v. 1972 eteenpäin käytössä Itävallassa ja Saksassa kiinteitä referenssipisteitä, joihin on määritetty tarkat eromitat absoluuttiseen radan asemaan
 - Referenssipisteiden tarkkuutta kontrolloidaan mittauksilla pisteverkolta
 - Esim. [EM-SAT 120](#) vaunu voi myös mitata suoraan referenssipisteistä
 - Tuloksena suoraan korjausarvot tukemiskoneisiin
 - [EM100VT](#) (stereokamera + IMU + pistepilvi)
 - Tukemisen jälkeinen mittaus voidaan suorittaa samalla vaunulla



Mittausperustan hyödyntäminen raiteentukemistöissä

Mittausperustat Euroopassa

- Käytössä myös pylväspisteitä, jotka mahdollistavat esim. tukemispäiden käytön
- Tappi/Tanko pylväessä, jossa tarkat XYZ koordinaatit (~1m korkeudella)
- Havainnot otetaan prismaa hyödyntäen
- Pisteiltä voidaan mitata myös manuaalisesti radan geometria takymetrilla tai erilaisilla trolleyvarustuksilla
- Pisteitä tiheästi pylväissä



A surveying instrument, specifically a total station, is mounted on a yellow and orange tripod. The instrument has a purple label with the 'WELADO' logo. It is positioned on a gravelly area next to a railway track that recedes into the distance. The background shows a line of trees under a blue sky with scattered clouds. A semi-transparent purple banner is overlaid across the middle of the image, containing the title text.

Osa2: Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemmittaus ja -laskenta

- Nuotinmittausta, laskentaa ja tarkemmittausta ohjaa *RATO 23 Raiteen ja vaihteen koneellisen tukemistyön suunnittelu ja toteuttaminen*
- Nuotinmittaus pääsääntöisesti toteutetaan takymetrimittauksena ja/tai trolley mittausvaunulla (Gedo, Amberg GRP1000)
- Mittaaminen on osana seuraavissa tukemismenetelmissä:
 - Tarkkuusmenetelmä
 - Suhteellinen tarkkuusmenetelmä
- Mittausperustalta tuotetun raidegeometriakartoituksen erojen suhteesta suunniteltuun raidegeometriaan laaditaan tukemista varten nosto- ja siirtoarvot jota kutsutaan nuotiksi

to
erket

RATATEKNISET OHJEET (RATO)

23

Raiteen ja vaihteen koneellisen tukemistyön suunnittelu ja toteuttaminen



Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

- Rataverkon raidegeometrioita hallitaan Väyläviraston Geoviite järjestelmässä
 - Urakoitsijan selvitettävä viimeisin geometria ja mittausperustan tiedot
 - Rakentamisprojekteissa työmaasuunnitelmien mukana
 - ratarekisterit@vayla.fi
- Raidegeometrian pituusmitta, vaakageometrian taitepisteet sekä tukemisen aloitus- ja lopetuskohdat merkitään maastoon
- Raide kartoitetaan 10 m välein, vaihteissa 5 metrin välein + taitepisteet
 - Vaihteissa käyrän puoli mukaan
- Huomioidaan rakenteet: laiturit, tasoristeykset, sillat, vaihdealue, turvalaitteet



Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

- Kartoitusvaiheessa on hyvä huomioida myös tuenta-alueen ulkopuolista aluetta
 - Nuotin laskennassa helpottaa viisteiden teossa
- Kartoitusvaiheessa tarkastetaan kaarteissa raiteen fyysinen kallistus
 - Vältetään raikaaleja kallistuksen muutoksia
 - Rakentamisessa suunnitelman mukaan
- Tukemisen lopetuskohdan jälkeen hyvä mitata 10-20 m teoreettista jatketta varten:
 - Vaihteissa (Myötävaihteeseen tullessa)
 - Kiinteät rakenteet kuten sillat, betonikäytävät jne.
 - Miksei linjallakin!
- Pyritään mittaamaan neutraalissa säässä
 - Lämpöväreily vaikuttaa isosti tuloksiin



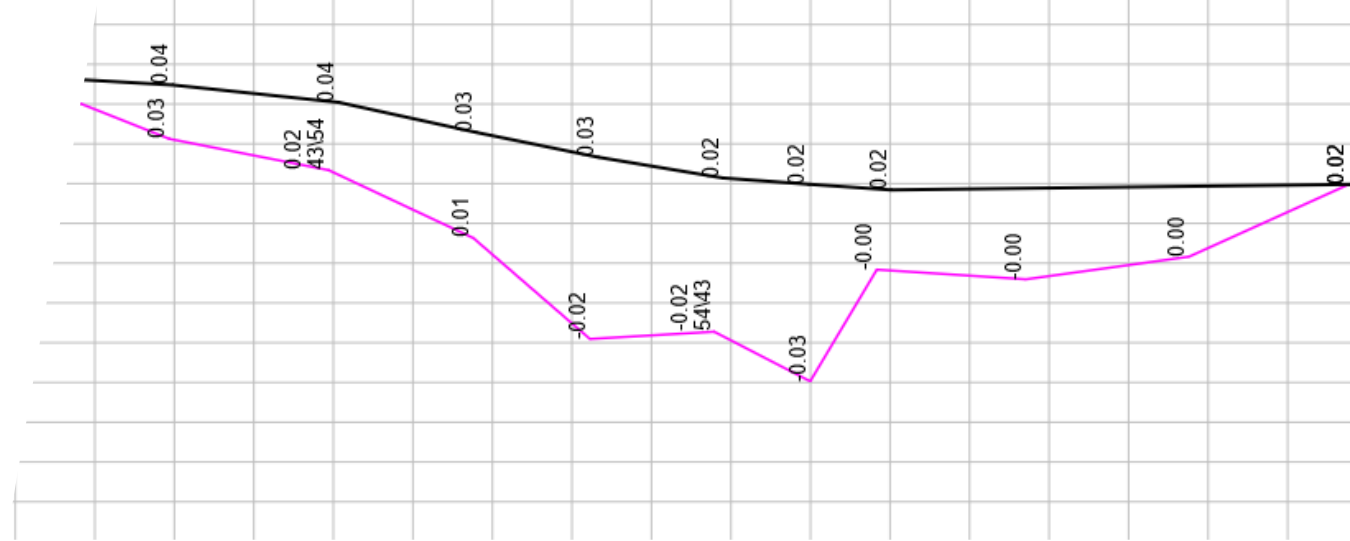
Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

- Raiteen pituusmitta tukemiskoneen sijainnin varmistamisessa tärkeä
 - Helsinki KM+M lukema
 - Pituusmittausraiteen ulkopuolella laskennallinen paalu
 - Fyysisiä rakenteita mukaan nuottiin, mm SR pylväät
- Muuttuvat kohteet tarkemmin mm. sillanpäät & rummut
- Nuotin laskenta voidaan toteuttaa käsin tai ohjelmistoilla:
 - 3D Win Raidenuotitus
 - GEDO Office
 - ?



Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

- Laskennassa huomioitavaa:
 - Pituusmitan "osuminen" laskettavan geometrian kanssa
 - Nuotti lähtee 0 siirtymistä
 - Tarpeeksi kalteva viiste alkuun ja loppuun
 - Mittausvirheet
 - Vaakageometriataitteiden paikat ja arvot
 - Kallistuksien tarkastaminen
 - Kunnossapidon tuennassa huomioitava erityisesti maksimisiirrot
 - Miniminstonon toteutuminen (pl. Pattipaikat)
 - Vaihteissa sivuttaissiirtymien vaikutus ympäröiviin vaihteisiin
 - Riittääkö nosto kallistuksen korjaamiseen esim. vaihteissa
 - Yhteystiedot nuotissa
 - Tukemiskoneelle oma tiedosto esim. VER (Plasser)



5.5.5 Nuotin laatiminen

Tukemiskoneelle laadittavassa nuotissa esitetään vähintään seuraavat tiedot:

- mittaaja ja organisaatio
 - nuotin laatija (jos eri kuin mittaaja)
 - kartoitusmittauksen ja nuotin laatimisen ajankohta
 - käytetty mittauskalusto
 - vertaus- ja korkeusjärjestelmä
 - käytetty raidegeometria
 - rataosa
 - tuettavat raiteet ja tukemialueet (km + m – km + m)
 - tukemisjärjestys
 - tukemissuunta
 - kiskopaino
 - johtokisko
 - vaaka- ja pystygeometrian muutos pisteet ja geometrian elementtien ominaisuustiedot
 - geometrian pakkopisteet (teoreettiset jatkeet)
 - nostot ja sivuttaissiirrot
- Nostot ja sivuttaissiirrot suoritetaan suoralla ja kaarteissa 10 metrin välein, vaihteissa 5 metrin välein tai tarvittaessa tiheämmin, esimerkiksi laiturialueella.
- laserlähettimen paikat paikalliset olosuhteet huomioiden.

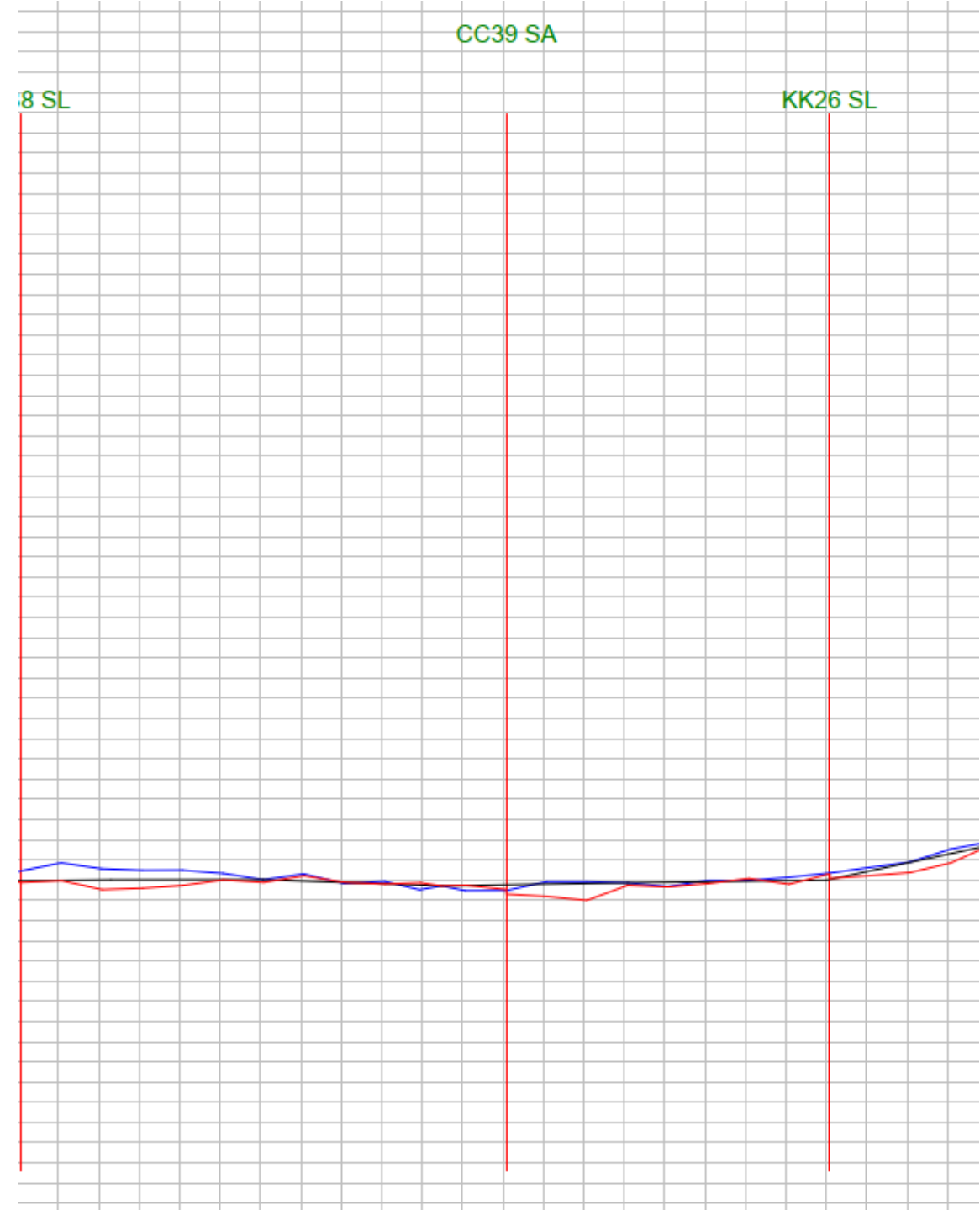
Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

Yhteisenä tavoitteena saada
parempi ja sujuvampi
raidegeometria!



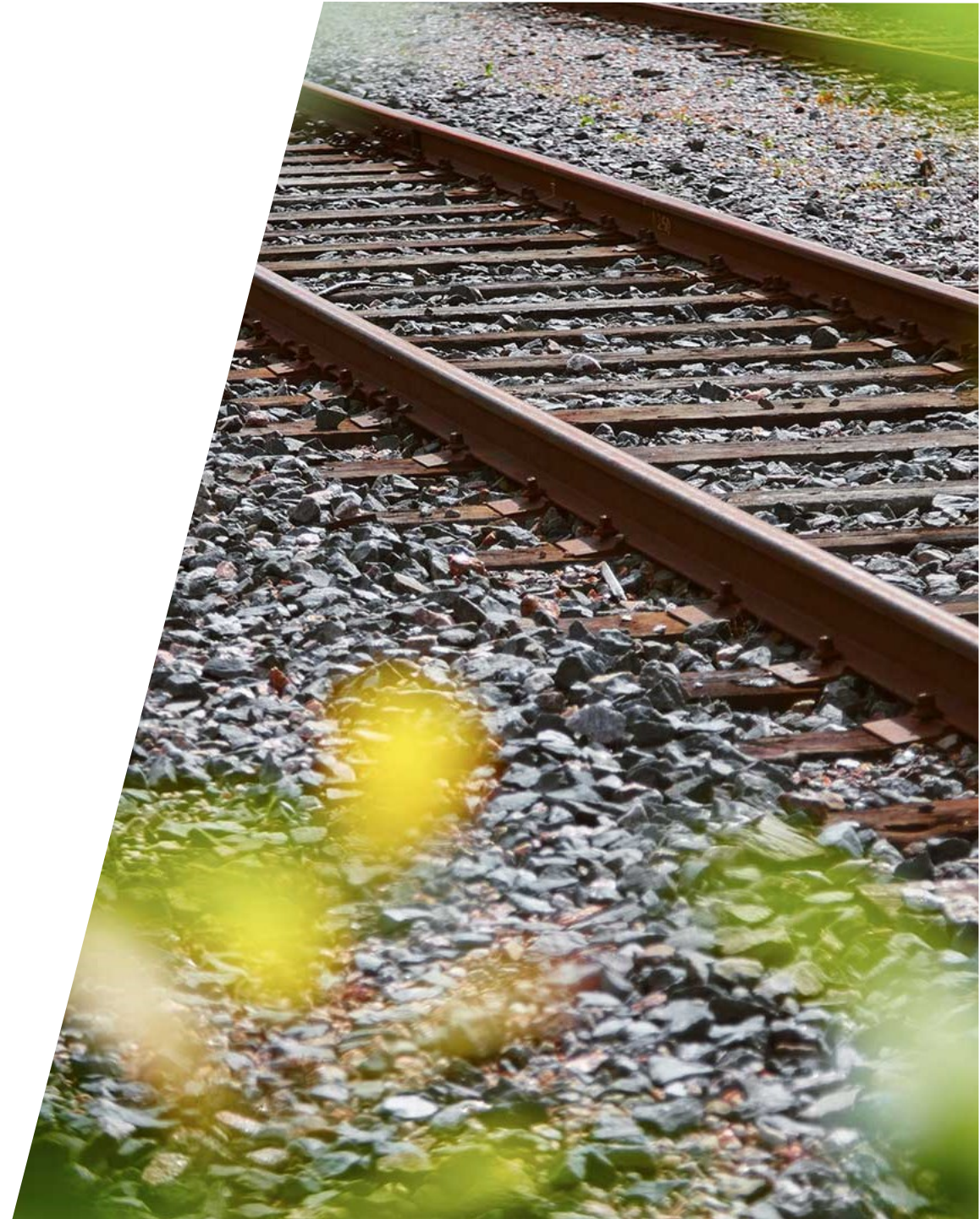
Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

- Raiteen tukemisen jälkeen suoritetaan tarkemittaus
 - Varmistetaan siirto- ja nostoarvojen toteutuminen
 - Mittauksen aikataulu 2 viikkoa tukemisesta (Rato23)
 - Kartoitus yhtä tiheästi kuin nuotitus
- Tarkedokumentointi/analysointi
 - Verrataan nuotituksen siirto- ja nostoarvoihin sekä raiteen suunniteltuun geometriaan (Rato23)
 - Kunnossapidossa tarkeanalyysi ollut yleinen malli
 - Pituusleikkaus -mallinen
 - Nosto ja vaaka pituusleikkaukset erikseen
 - Suunniteltu nuotti ja tarkemittaus näkyy verrattuna suunniteltuun
 - Rakentamisessa lopputarke vertailu suunniteltuun



Nuotinmittaus, nuotin laskenta ja tuennan tarkemittaus ja -laskenta

- Kehitysaskeleet:
 - Tarkemittauksen analysointiin mahdollisesti lisätyökalua (3D Win)
 - Muut ohjelmistot myös mukaan kehittämään analysointia ja nuotitusta
- Mikä olisi hyödyllinen tarkemittaus?
 - Tarkemittaus heti tukemisen jälkeen kauden alussa ja edetessä → tärkeää tietoa tukemiskoneelle
 - Tarkemittausta ei tehtäisi samassa 2vk aikaikkunassa koko tukemismäärästä
 - Lopputarkemittaus suoritettaisiin myöhemmin tukemiskauden aikana
 - Tietoa myös geometriassa pysymisestä





Väylävirasto
Trafikledsverket