



Jaakko Hallenberg

# Raiteen geometrian ja ratalaitteiden kartoitus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

10.11.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Jaakko Hallenberg  
Otsikko: Raiteen geometrian ja ratalaitteiden kartoitus  
Sivumäärä: 38 sivua  
Aika: 10.11.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Maanmittaustekniikka  
Ohjaajat: Lehtori Ilkka Partonen  
Ryhmäpäällikkö Katri Skön

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koostaa selkeä ja helposti sisäistettävä teksti, joka sisältää tarvittavan teoriapohjan sekä käytännön ohjeita raiteita ja ratalaitteita mittaaville ja mittausaineistoa editoiville henkilöille. Työssä keskityttiin takymetrillä tehtävään radan ja ratalaitteiden kartoitukseen sekä mittausaineiston editoimiseen. Työstä rajattiin pois yksittäisten ratalaitteiden tarkoitus, mittausperustan rakentaminen sekä raiteentukemiskoneelle tehtävä nuotinmittaus.

Raiteen ja ratalaitteiden mittausta ohjaavat Väyläviraston mittaus- ja ratatekniset ohjeet. Töissä Sweco Finland Oy:llä on selvinnyt, että mittaajilla on eriäviä työtapoja mittausten suorittamiseen ja aineiston editointiin. Tässä työssä pyrittiin uutta työntekijää varten yhdistämään tarvittava aineisto radan geometrian ja ratalaitteiden kartoitukseen ja samalla selvittämään parhaat mittauskäytännöt.

Opinnäytetyö koottiin haastatteleamalla mittaajia ja raidesuunnittelijoita sekä keräämällä tietoa Väyläviraston ohjeista sekä aikaisemmista opinnäytetöistä. Lisäksi työ pohjautui töissä Sweco Finland Oy:llä opittuihin työtapoihin ja yrityksen sisäisiin dokumentteihin.

Tuloksena syntyi ohjeistus, jossa on mittauksen kannalta tarvittavat teoriatiedot raiteen geometriasta ja ratalaitteista. Aiheen laajuuden vuoksi käytännön mittaus- ja editointiohjeet sekä jätettiin lyhyiksi ja niihin sisällytettiin vain yleisohjeistus.

Avainsanat: raidekartoitus, takymetri, raidegeometria

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Jaakko Hallenberg  
Title: Measuring Track Geometry and Railway Signalling Systems  
Number of Pages: 38 pages  
Date: 10 November 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Land Surveying  
Supervisors: Ilkka Partonen, Senior Lecturer  
Katri Skön, Team Leader

---

The purpose of this thesis was to compile a guide for surveying track geometry and railway signalling systems, and for editing the resulting measurement data. The thesis focused on surveying track geometry and signalling systems using a total station. The thesis also aimed at combining the necessary materials for new employee tasked with surveying track geometry and railway signalling systems. Furthermore, an aim was to identify the best measurement practices.

Although the measurement of tracks and railway signalling systems are governed by measurement and track technical guidelines by the Finnish Transport and Infrastructure Agency, it was observed that surveyors use differing methods for conducting measurements and editing data.

Information for the thesis was collected by interviewing railway surveyors and track designers, as well as by gathering information from the guidelines by Finnish Transport Infrastructure Agency and other literary sources. Additionally, the thesis was based on surveying methods described in the internal documents of a company.

The thesis resulted in a guide that includes the necessary theoretical information on track geometry and railway signalling systems in terms of surveying. Due to the vast scope of the topic, the practical measurement and editing instructions are brief, containing only general guidance.

Keywords: rail track surveying, total station, track geometry

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rautatiet Suomessa	2
2.1	Radan geometria	2
2.1.1	Vaakageometria	3
2.1.2	Pystygeometria	6
2.2	Raiteen asema	6
2.3	Ratakilometrijärjestelmä	8
2.4	Vaihteet	9
2.5	Ratalaitteet	10
3	Radan ja turvalaitteiden kartoitus	12
3.1	Rautatiealueella työskentely	15
3.2	Mittausperusta	17
3.3	Takymetrimittaus	20
3.4	Vaihtopisteet	20
3.5	Käytettävä kalusto	21
3.6	Laadunvarmistus	22
4	Mittauskohteet	23
4.1	Suorat	23
4.2	Kaarteet	24
4.3	Vaihteet	26
4.4	Sillat, rummut ja tasoristeykset	27
4.5	Muita huomioitavia kohteita	27
5	Mittausaineiston editointi	30
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

## Lyhenteet

- 3D-Win: Novatron Oy:n mittausohjelmisto.
- EJ: Etujatkos. Vaihteen osa.
- GNSS: *Global Navigation Satellite System*. Satelliittipaikannusjärjestelmä.
- KSK: Kiskon selän korkeus.
- Kv: Korkeusviiva. Määrittelee raiteen korkeuden aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kiskon kulkureunan kohdalla.
- RATO: Väyläviraston julkaisemat ratatekniset ohjeet.
- RSU: Ratatyön suojaulottuma. Pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella työskentely edellyttää ratatyöluvan, turvamiestoiminnan käytön tai RATSU-laitteiston käytön.
- SA: Siirtymäkaaren alku.
- SL: Siirtymäkaaren loppu.
- TG: Tangenttikaari.
- TJ: Takajatkos. Vaihteen osa.
- TURO: Radanpidon turvallisuusohjeet. Väyläviraston julkaisu.

# 1 Johdanto

Radan geometrian ja ratalaitteiden mittaukset ovat tärkeä osa rautateiden kunnossapitoa ja radan rakentamista. Radalle tehtävä suunnittelu edellyttää tuoreita lähtötietoja, joista radan ja ratalaitteiden kartoitus on yksi tärkeimpiä. Kartoituksen tuloksena saadaan aineisto, josta tehdään uusi geometria radalle, mikä taas toimii mallina raiteen tukemistyölle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on, että se toimii ohjeistuksena radan geometriaa ja ratalaitteita mittaaville henkilöille. Työssä käydään läpi radan geometriaa, sen mittauksen eri toimenpiteitä sekä mittauksen yhteydessä usein tehtävää ratalaitekartoitusta. Raiteen geometrian ja ratalaitteiden mittaukseen vaadittavaa teoriapohja esitellään ensin. Sitten käydään läpi käytännön mittauskohteita ja lyhyesti mittausaineiston editointia luovutettavaksi aineistoksi.

Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjeessa listataan radan ja radan turvalaitteiden mittauskohteita ja kerrotaan, kuinka niitä tulee mitata ja millä mittalaitteilla. Mittausohjetta tulkitaan tässä työssä eri kohteiden kartoituksen ja koodauksen osalta. Työ on rajattu käsittelemään takymetrillä tehtävää raiteen geometrian ja ratalaitteiden kartoitusta. Yksittäisten ratalaitteiden tarkoitusta ei käydä läpi, vaan ratalaitteita käsitellään niiden kartoituksen näkökulmasta. Mittaperustan rakentaminen ja raiteentukemiskoneelle tehtävä nuotinmittaus on rajattu opinnäytetyöstä pois. Mittaperustaa käydään läpi opinnäytetyön aiheen näkökulmasta.

Työ pohjautuu töissä Sweco Finland Oy:llä opittuihin mittaustapoihin sekä Väyläviraston ratateknisiin ohjeisiin (RATO) ja aiheeseen liittyviin opinnäytetöihin. Lisäksi opinnäytetyötä varten haastatellaan sekä mittaajia että raidesuunnittelijoita. Haastatteluista saatua tietoa hyödynnetään työn teoriaosuudessa sekä käytännön mittausohjeiden laadinnassa.

## 2 Rautatiet Suomessa

Suomessa liikennöidyn rataverkon kokonaispituus oli vuoden 2023 lopussa 5915 kilometriä. Tämä muodostuu 5201 kilometristä yksiraiteista rataa ja loput 714 kilometriä puolestaan kaksi- tai useampiraiteisesta radasta. Kaikista radoista 2710 kilometriä oli sähköistetty. Väylävirasto vastaa rataverkon ylläpidosta, kehittämisestä ja kunnossapidosta. Kunnossapitoon käytetään vuosittain 300 miljoonaa euroa. (1.) Rataverkko on jaettu 12 kunnossapitoalueeseen. Kunnossapitoalueet kilpailutetaan viideksi vuodeksi kerrallaan. Lisäksi rataverkko on jaettu neljään aluehallintayksikköön, joilla jokaisella on nimetty rataisännöitsijä. (2, s. 5.) Tasoristeyksissä rautatie- ja ajoneuvoliikenteelle tarkoitettu väyläristeävät samassa tasossa. Tasoristeyksiä on Suomen valtion rataverkolla 2468 kappaletta. (3.)

Väyläviraston julkaisemissa ratateknisissä ohjeissa määritellään radan rakenne. Rautatiejärjestelmän rakenne koostuu radan päällysy- ja alusrakenteesta, sähköradasta, turvalaitteista, merkeistä, silloista, laitureista ja muista rakenteista. Muihin rakenteisiin kuuluvat esimerkiksi tukimuurit, opasteet ja asemarakennukset (4, s. 19).

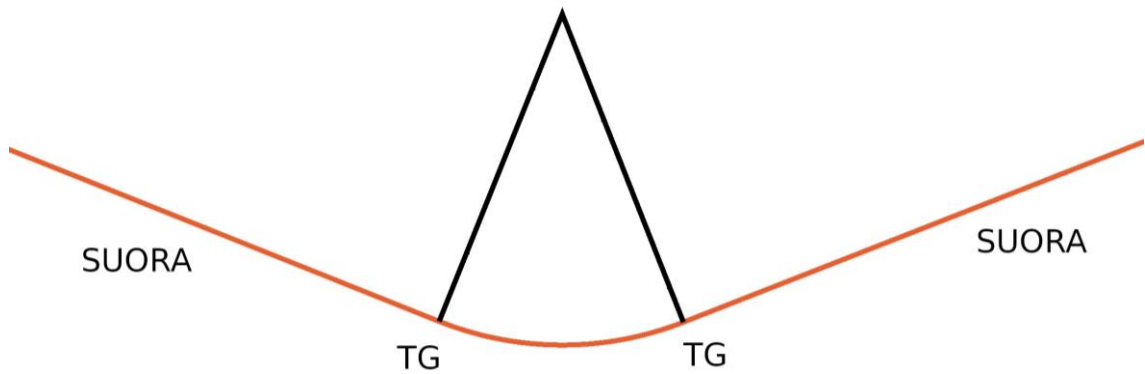
### 2.1 Radan geometria

Radalla sallittava junien nopeus ja junien kulkudynamiikka määräytyvät radan geometrian perusteella. Kulkudynamiikalla on merkitystä radan kuormituksen kannalta, mikä vaikuttaa raiteen kulumiseen, kunnossapitotarpeisiin ja elinkaari-kustannuksiin. (5.)

Suomessa raideleveyden nimellismitta on 1524 mm. Raideleveys mitataan kiskojen kulkureunojen välistä, 14 mm kiskoprofiilin korkeimman kohdan eli kiskon selän alapuolelta. Säteeltään 200 metriä jyrkemmissä kaarteissa käytetään raideleveyden levitystä. (6, s. 9.)

### 2.1.1 Vaakageometria

Raiteen vaakageometrian muodostavia elementtejä ovat suorat, ympyränkaarret, siirtymäkaaret ja vaihteet. Ympyränkaarta (kuva 1) käytetään siirtymäkaarien kanssa tai yksinään ympyränkaarena. (7, s. 19–22.)

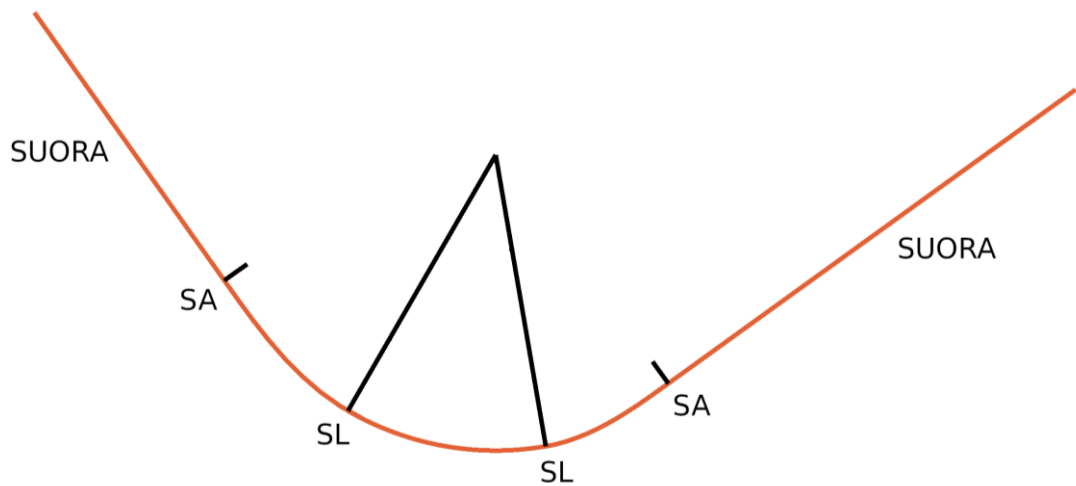


Kuva 1. Esimerkki ympyränkaaresta ilman siirtymäkaaria. Ympyräkaaren tangenttipisteet TG merkitty.

Jos kyseessä on pienikulmainen raiteen yhdensuuntaissiirto tai pieni suunnanmuutos, se voidaan toteuttaa suurisäteisillä ympyränkaarilla, ilman siirtymäkaaria. Tällöin kaaren säde on 16000–40000 metriä nopeuden mukaan. (6, s. 24.)

Siirtymäkaaren eli klotoidin käytöllä vältetään äkkinäiset pistemäiset muutokset raiteen kaarevuudessa ja kallistuksessa. Toisin sanoen kaarevuus ei muutu ympyränkaaren alkupisteessä ympyränkaaren kaarresäteeksi, eikä raiteen kallistus muutu äkkinäisesti, vaan tämä muutos tapahtuu siirtymäkaaren matkalla. Siirtymäkaaren kohdalla keskipakovoima muuttuu suoraviivaisesti. Kuvassa 2 on havainnollistettu ympyräkaari siirtymäkaarilla. (7, s. 24–25.)

Siirtymäkaaren alusta käytetään lyhennettä SA ja lopusta SL. SA sijaitsee aina sillä puolella siirtymäkaarta, jolta raide jatkuu suorana tai jossa kaarresäde on suurempi. Aina, jos kaarteessa on kallistusta, käytetään siirtymäkaaria. Näin raiteeseen kohdistuvat voimat pienenevät ja matkustusmukavuus paranee. Kaarteissa, joissa ei ole kallistusta, voidaan myös käyttää siirtymäkaaria. (6, s. 30.)

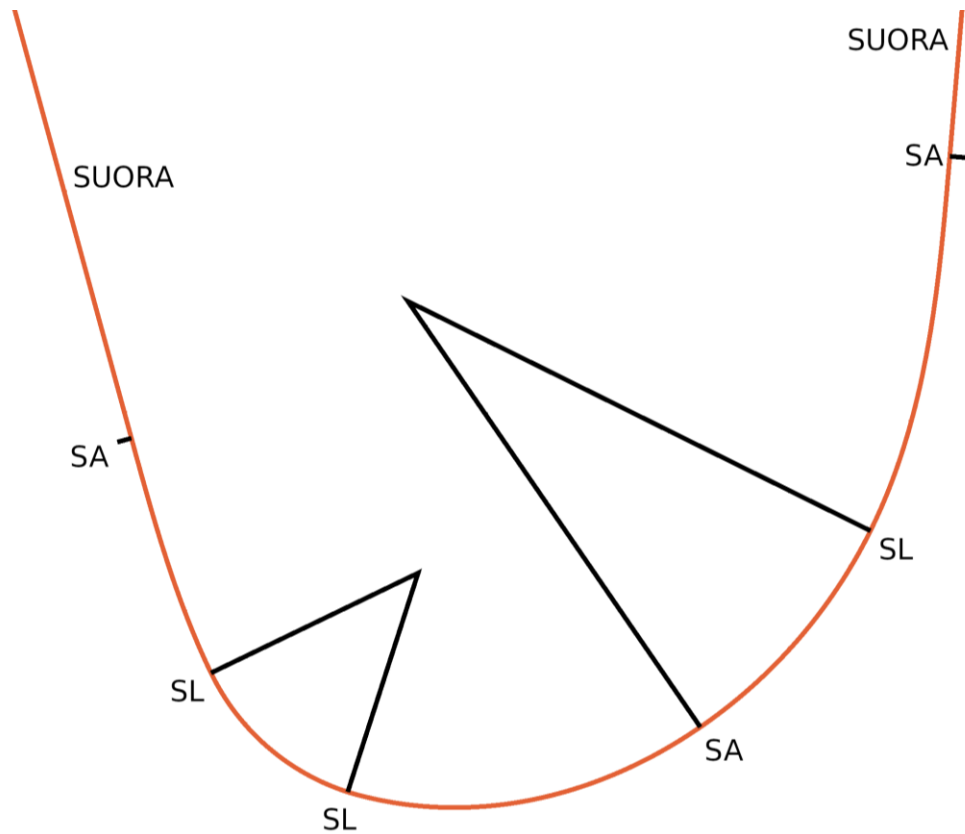


Kuva 2. Ympyränkaari siirtymäkaarien kanssa. Siirtymäkaarien alut ja loput nimetty.

Radan vaakageometria ja kallistus liittyvät toisiinsa. Sivukiihtyvyyttä voidaan vähentää junien nopeuksia laskemalla tai kaarresäteitä kasvattamalla (5). Sisäkaarten raide on raiteen korkeusaseman määräävässä korkeudessa ja kaaren ulkoraide on kallistuksen verran korkeammalla. (6, s. 26.)

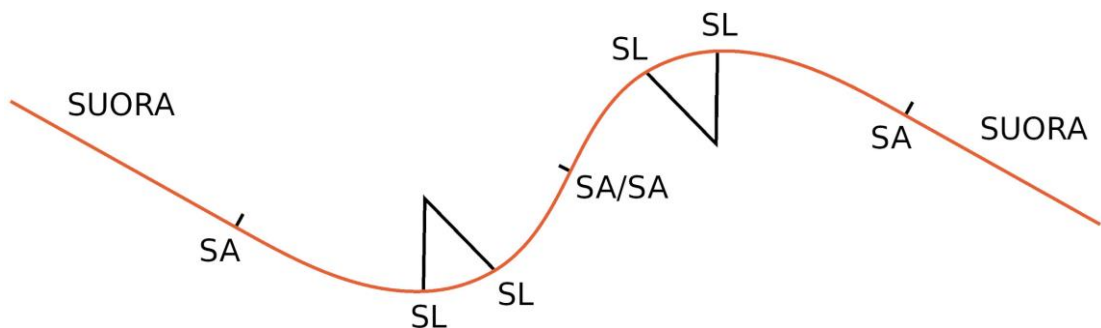
Suomen rataverkolla käytetään kahta siirtymäkaaren muotoa, joita ovat yleisimmin käytetty klotoidi sekä Helmertin-siirtymäkaari, joka tunnetaan myös 4. asteen siirtymäkaarena tai Q-kaarena (8, s. 12).

Korikaareksi kutsutaan kahden tai useamman samaan suuntaan kääntyvän kaaren yhdistelmää. Korikaaren eri ympyränkaarien välissä voi olla klotoidin osan muotoisia siirtymäkaaria. (6, s. 36.) Siirtymäkaarellisissa korikaarissa siirtymäkaaren alku eli SA on suurempisäteisen ympyränkaaren puolella siirtymäkaarta ja loppu eli SL pienempisäteisen ympyränkaaren puolella siirtymäkaarta. Tämä on havainnollistettu esimerkissä kuvassa 3.



Kuva 3. Esimerkki siirtymäkaarellisesta korikaaresta. Siirtymäkaarien alut ja loput nimetty.

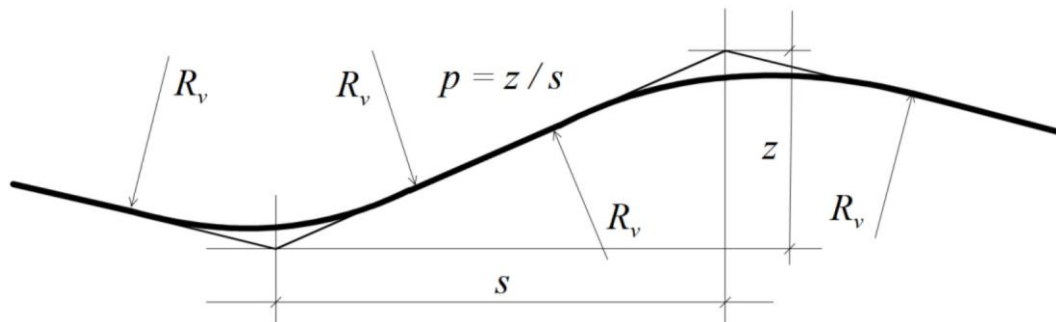
S-kaari (kuva 4) on kahden vastakkaisesti suuntiin kääntyvän kaarten yhdistelmä (6, s. 38). Yksinkertaisin S-kaaren muoto on kaksi ympyränkaarta ilman siirtymäkaaria. S-kaareissa voi olla siirtymäkaaria ja lyhyitä suoria. Vastakkaisesti suuntiin kääntyvien siirtymäkaarien välinen tangentialipiste merkitään SA/SA, ympyräkaarien TG/TG.



Kuva 4. S-kaari, jossa yhdistyy kaksi vastakkaisesti suuntiin kääntyvää siirtymäkaarellista kaarta.

### 2.1.2 Pystygeometria

Raiteen pystygeometria määrittelee sen sijainnin korkeussuunnassa. Pystygeometria muodostuu taitepisteistä, jotka kuvaavat raiteen pituuskaltevuuden muutoksia. Suorat kaltevuusjaksot ja ympyräkaaren muotoiset kaltevuustaitteen pyöristyskaarresäteet muodostavat raiteen korkeutta kuvaavan viivan. Pyöristyskaarresäteet ( $R_v$ ) on ilmoitettu samalla tavalla kuin vaakageometriassa ympyräkaarilla. Tämä on esitetty kuvassa 5, jossa on lisäksi havainnollistettu pituuskaltevuuden laskentakaava. (6, s. 17.)



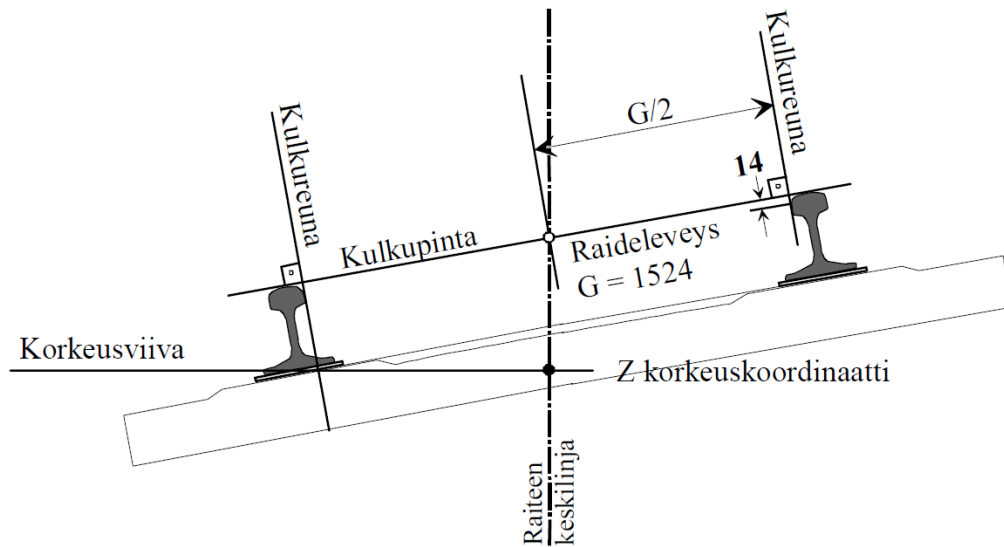
Kuva 5. Raiteen pyöristyskaarresäteet ja pituuskaltevuuden laskentakaava (6, s. 17).

## 2.2 Raiteen asema

Raiteen keskilinjän etäisyys nimellismittaisessa raiteessa molempiin kiskoihin on sama eli 762 mm suoralla. Raiteen keskilinjän sijainnilla kuvataan raiteen asema vaakatasossa. Raiteen asema määritetään paikallisesti yleisesti käytössä olevan koordinaatti- ja korkeusjärjestelmän mukaisesti. Raiteen korkeusviivan ( $k_v$ ) sijainnilla kuvataan vastaavasti raiteen pystysuuntainen asema käyttäen korkeusjärjestelmää (6, s. 10).

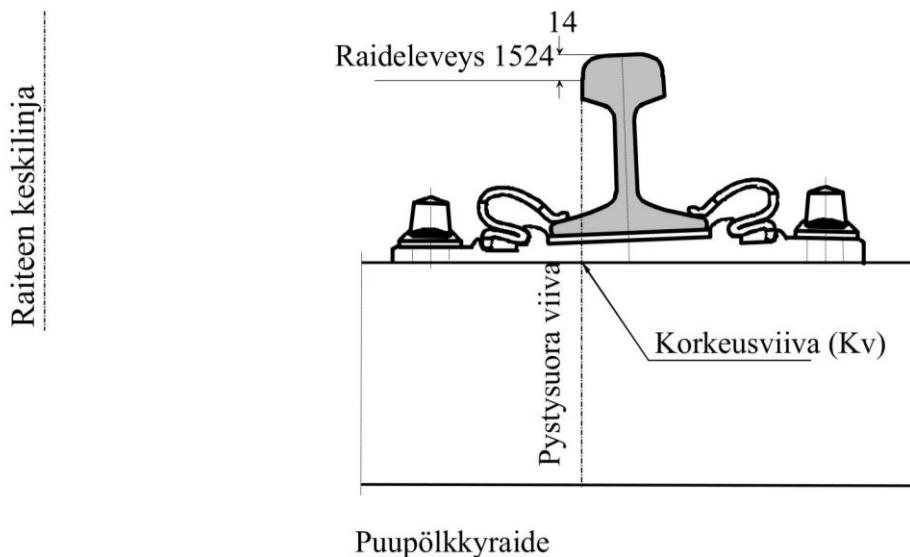
Korkeusviivan määrittämiseen voidaan suoralla ja kallistamattomassa raiteessa käyttää kumpaa kiskoa tahansa. Riippuen eri tekijöistä on radassa usein kallistukset. Kallistuksella tarkoitetaan sisä- ja ulkokiskon välistä korkeuseroa. Sisäkurvin puoleinen kisko määrittelee korkeusviivan alempana kiskona

kallistetuissa kaarteissa. Kuvassa 6 on kuvattu raiteen korkeusviiva ja raiteen keskilinja kaarteessa. (6, s. 9–10.)



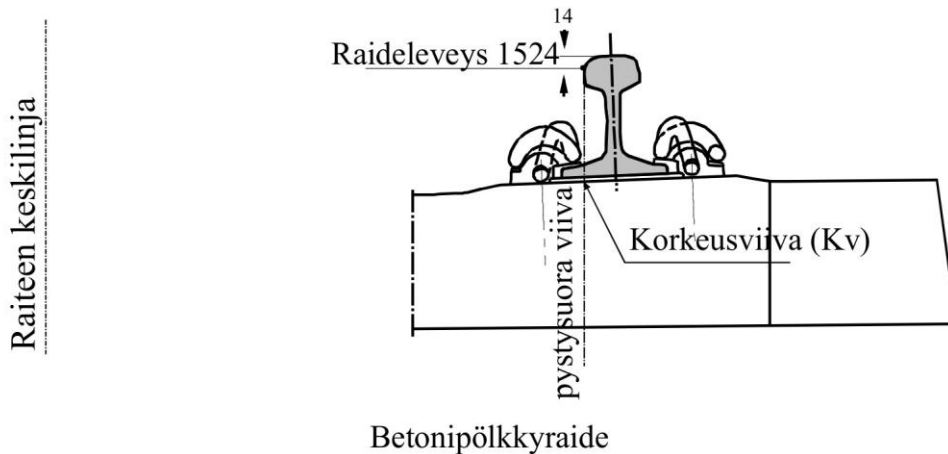
Kuva 6. Kallistetun raiteen korkeusviiva ja keskilinja (6, s. 11).

Raiteen korkeusviiva (kv) on viiva, joka kulkee kiskon aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kulkureunan kohdalla. Kuvissa 7 ja 8 on kuvattu korkeusviiva kallistamattomassa puu- ja betonipölkkyraiteessa. (6, s. 10.)



Kuva 7. Kallistamattoman puuratapölkkyraiteen korkeusviiva. Aluslevy kiskon ja puupölkyn välissä. (6, s. 12.)

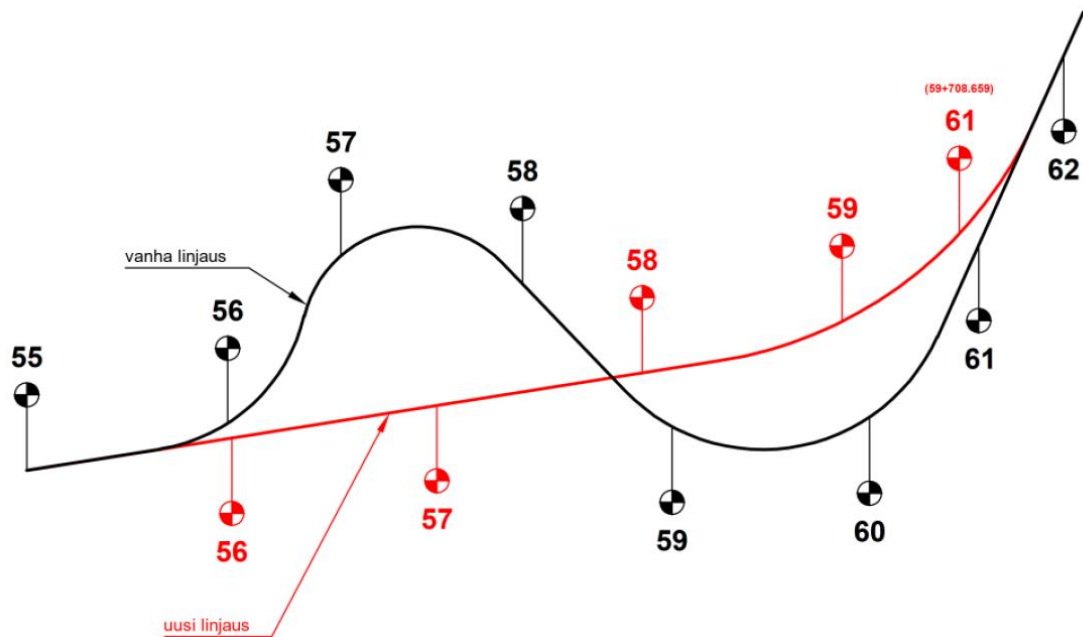
Kiskonselänkorko eli KSK tarkoittaa korkeutta kiskon päältä kiskon kulkupinnasta kulkureunan kohdalta kuvan 6 mukaisesti. KSK eroaa kv-korosta kiskon ja aluslevyn yhteenlasketun korkeuden verran.



Kuva 8. Kallistamattoman betoniratapölkkyraiteen korkeusviiva. Välilevy kiskon ja betonipölkyn välissä. (6, s. 12.)

### 2.3 Ratakilometrijärjestelmä

Suomen rautateillä käytetään yleisenä paalutuksena ja paikan ilmoittamisessa ratakilometrijärjestelmää. Ratakilometrillä tarkoitetaan kahden kilometripylvään välistä matkaa. Rataverkkoon on tehty oikaisuja, eikä kilometripylväiden paikkoja ole vuosien saatossa muutettu. Tämän takia jokainen ratakilometri on oma mittausjaksonsa, jonka pituus saattaa vaihdella. Ratakilometrin tunnus voi jäädä kokonaan pois suurempien radan oikaisujen seurauksena (kuva 9). Ratakilometreistä suurimman osan pituus on lähellä 1000:tta metriä. Kohteen sijainti suhteessa raiteeseen ja ratakilometriin ilmaistaan km+m-lukemalla. Kilometri-merkki radan ulkopuolella merkitsee tasakilometripistettä. Kun puhutaan oikeasta ja vasemmasta kiskosta, katsotaan raidetta aina kasvavaan kilometrilukemaan päin. (6, s. 67–70.)



Kuva 9. Oikaistun radan ratakilometrit (6, s. 69).

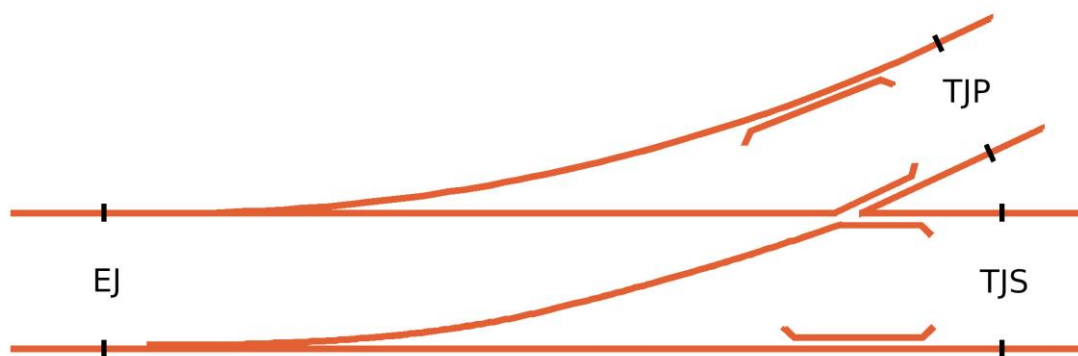
Maantieteellisten koordinaattijärjestelmien käyttö rautateillä yleistyy vähitellen. Ratakilometrijärjestelmää ei tulla kuitenkaan kokonaan korvaamaan, koska mitaukset, vanhat suunnitelmat, rekistereissä oleva tieto ja tutkimukset on sidottu ratakilometrijärjestelmään. (5.)

## 2.4 Vaihteet

Vaihteet ovat yksinkertaisimmillaan laitteita, joilla liikkuvaa kalustoa voidaan ohjata raiteelta toiselle. Vaihteita on Suomen rataverkolla yli 9500 kappaletta. (5.)

Neljä Suomessa käytössä olevaa vaihdetyyppiä ovat

- yksinkertainen vaihde (kuva 10)
- kaksoisvaihde
- risteysvaihde
- raideristeys. (9, s. 10.)



Kuva 10. Vasenkätinen yksinkertainen vaihde. Etu- ja takajatkokset nimetty.

Raiteen kartoituksen osalta vaihteen tärkeimmät osat ovat sen kiinnityskohtat raiteeseen eli etu- ja takajatkokset. Kuvassa 10 on kuvattu vasenkätinen yksinkertainen vaihde. Etu- ja takajatkokset vaihteen suoralta (TJS) ja poikkeavalta (TJP) puolelta on kuvassa nimetty. Vaihteen alue on vaihteen etu- ja takajatkosten väliin jäävä alue. Vaihdealue on vaihteen jatkosten ulkopuolella olevat alueet, joiden pituus on vähintään 50 metriä tai  $V/2$  metriä, jossa  $V$  on suurin sallittu nopeus raiteella yksikössä km/h. (9, s. 16.)

## 2.5 Ratalaitteet

Ratalaitteet käsittävät asetinlaitteisiin, suojustusjärjestelmiin, varoituslaitteisiin sekä junien kulunvalvonta-, kauko-ohjaus- ja laskumäkijärjestelmiin liittyviä laitteita. Näitä ovat esimerkiksi

- asetinlaitteet
- opastimet (kuva 11)
- akselinlaskijat
- vaihteiden ohjaus- ja valvontalaitteet.



Kuva 11. Opastin tunnuksella E, kaapelikanava, kaapelikaivo ja turvalaitekaappi radan oikealla puolella. Baliisit radan keskellä.

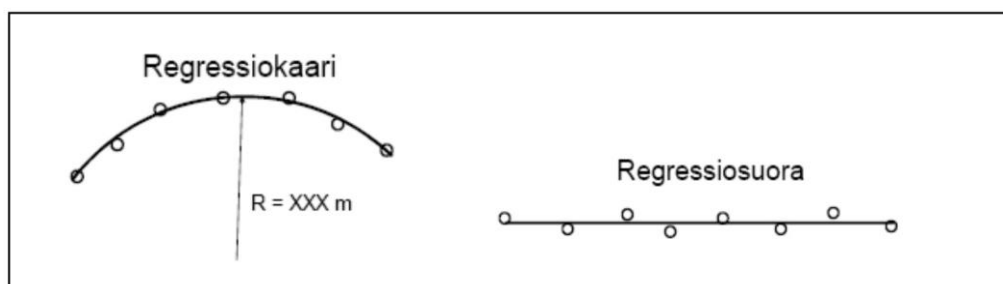
Ratalaitteiden muodostama järjestelmä takaa rautatieliikenteen turvallisuuden noudattaen liikennöinnistä annettuja määräyksiä ja samalla ylläpitää radan liikenteenvälityskykyä (10, s. 21). Käytännössä ratalaitteilla taataan junien turvallinen kulku, ja siksi niillä on suuri merkitys rataverkolla liikennöintiin.

### 3 Radan ja turvalaitteiden kartoitus

Raidegeometria ei ole staattinen. Liikenteen kuormitus ja rakennekerrosten rouhiminen aiheuttavat siinä muutoksia. Tästä syystä raidegeometria mitataan aika-ajoin ja lasketaan vastaamaan todellisuutta.

Raiteiden suunnittelua varten tarvitaan ajantasaiset kartoitustiedot, jotka kattavat olemassa olevat raiteet ja muut suunnittelualueella sijaitsevat kohteet (7, s. 139). Erilaisia mahdollisia suunnittelua edellyttäviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi rataoikaisut, radan kallistuksen muutokset nopeudennostoa varten ja siirtymäkaarien pidennykset.

Raidesuunnittelija sovittaa raiteen geometrian kartoituksesta saatuun mittausaineistoon sopivan raidegeometrian regressiolaskennalla käyttämällä pienimmän neliösumman menetelmää (kuva 12). Suunnittelija pyrkii suunnittelemaan geometrian yksinkertaisen selkeäksi, jolloin yritetään välttää lähellä toisiaan olevia pieniä elementtejä. (7, s. 140; 11, s. 47.)



Kuva 12. Regressiokaari ja regressiosuora (7, s. 141).

Raiteen lisäksi kartoitetaan muut raiteistoon liittyvät rakenteet ja ratatekniset kohteet, kuten pylväät, sillat, rummut, laiturit ja kaapelikourut- ja reitit, sekä kaikki muut geometrian suunnittelussa tarvittavat kohteet (7, s. 140). Turvalaitteita kartoitetaan, kun suunnitellaan muutoksia rataan tai kun turvalaittejärjestelmiä ollaan parantamassa.

Tasoristeys muodostaa aina turvallisuusriskin juna- ja tieliikenteelle. Tasoristeys on poistettu viime vuosina Suomen rataverkolta ja jäljelle jäävien

turvallisuutta parannettu osana ratojen perusparannustöitä tai erillisinä projekteina. Tasoristeysten poistaminen perusparannushankkeissa on perustunut rataosien liikenteellisiin tavoitteisiin, kuten mitoitusnopeuteen, junaliikenteen määrään ja laatuun, tasoristeysten määrään ja näkyvyysolosuhteisiin. Myös risteävien teiden geometria, kuten risteyskulma, sekä paikalliset maankäytön tavoitteet ja suunnitelmat ovat vaikuttaneet valintoihin. (12, s. 6.) Tasoristeysten kartoitus on olennainen osa näitä tasoristeyksille tehtäviä toimenpiteitä.

Takymetrillä ja kulmaraudalla raidetta mitattaessa ei pystytä suoraan mittaamaan raiteen keskilinjaa. Sen sijaan mitataan yhtä kiskoa kv-korolla. Mitattaessa kv-korkoa jo asennetulle raiteelle, tulee havaita tarkasti, mitä kiskoprofiilia mitattava raide on. Kiskopainon tunnistaa maastossa kiskon varteen valssatusta merkinnästä tai sen saa selville kiskon korkeuden mittaamalla. Eri kiskoprofiileilla on eri korkeudet. Kv-korkeus riippuu myös siitä, ovatko käytössä puu- vai betonipöllit, koska käytössä ovat tällöin eri korkuiset aluslevyt taulukon 1 mukaan. Kiskoprofiilin tunnus ilmaisee kyseisen kiskon likimääräisen massan kilogrammoina metriä kohden. Uusissa raiteissa käytetään pääsääntöisesti 60 E1- tai 54 E1-kiskoprofiileja. (13, s. 29.)

Mitattaessa tulee prismakorkeuteen lisätä kiskon ja aluslevyn korkeus taulukon 1 mukaan. Esimerkiksi 54 E1-kiskoprofiilin kiskoa betonipöilleillä mitatessa lisätään prismakorkeuteen yhteensä 165 mm eli kiskon korkeus 159 mm ja aluslevyn korkeus 6 mm.

Taulukko 1. Kiskoprofiilien ja aluslevyjen korkeudet pölkkytyyppien mukaan (14, liite A).

Kisko- tyyppi	Kiskon korkeus (mm)	Pölkky- tyyppi	Pölkyn korkeus (mm)	Aluslevyn korkeus (mm)	Tukiker- rosmateri- aali
K 30	120	Puu	160	20	Sora
K 43	140	Puu	160	22	Sora
K 43	140	Puu	160	22	Sepeli
K 43	140	Betoni	200	6	Sepeli
54 E1	159	Puu, BP17	160	22	Sepeli
54 E1	159	Betoni	200	6	Sepeli
54 E1	159	B86, B88, BP89, B97, BP99	225	10	Sepeli
K 60	165	Puu	160	22	Sepeli
60 E1	172	B86, B88, B89, BP97, BP99	225	10	Sepeli
60 E1	172	B86, B88, BP89, B97, BP99 +pohjain	235	10	Sepeli

Kiskonpaino- ja pöllityypin vaihtumiskohdat mitataan raiteesta. Mittauksen kommenttiin lisätään kasvavan ratakilometrin suunnan mukaan kiskopaino- ja pöllityypin vaihtuminen, esimerkiksi P54/B60, kun raide muuttuu kiskopainosta 54 puupölleillä kiskopainoon 60 betonipölleillä. (15.)

Radan ja ratalaitteiden kartoitus tehdään vuonna 2017 päivitetyn Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -Mittausohjeen ohjeistuksen mukaan. Ohjeessa on koodiluettelo kartoituksessa käytettävistä koodeista sekä havainnekuvat mittausohjeineen valikoiduista mittauskohteista. Lisäksi on kerrottu kullekin kohteelle soveltuvat mittaukset, käytettävät pintatunnukset, tarkkuusvaatimukset ja topologia. Topologiavaihtoehdot ovat

- piste
- viiva
- sulkeutuva viiva
- 3D-viiva. (16, liite 1.)

Liikenneviraston mittausohjeessa (16, s. 26) on raiteen kartoitukselle kerrottu tarkkuusvaatimukset:

Radan keskilinjän ja korkeusviivan taso- ja korkeuskoordinaattien maksimivirheeksi on annettu +/- 20 mm, jolloin mittauksen keskivirhe saa olla enintään 8 mm suhteessa lähimpiin mittausperustan pisteisiin.

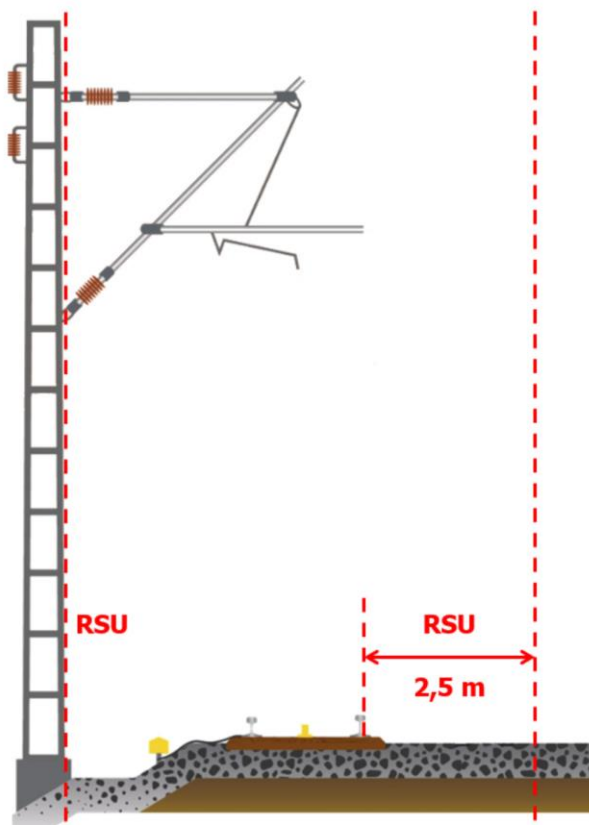
### 3.1 Rautatiealueella työskentely

Väyläviraston Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO) määrittelee keskeiset turvallisuusvaatimukset ja käytännöt, joita tulee noudattaa työskenneltäessä ja liikuttaessa rautatiealueella.

Ratatyön suojaulottuma (RSU) määritellään ohjeessa seuraavasti (17, s. 21):

Pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella työskentely edellyttää ratatyöluvan tai työ voidaan tehdä tietyin edellytyksin turvamiestoinnalla tai RATSUa käyttäen.

RSU:n tarkat määritykset löytyvät Väyläviraston Radanpidon turvallisuusohjeista (TURO:sta). Kuvassa 13 on kuvattuna RSU yksiraiteisella sähköistetyllä radalla.



Kuva 13. RSU yksiraiteisella sähköistetyllä radalla (17, s. 22).

Sekä ratatyöluvalla työskentely että turvamiesmenettely tehdään rautatieliikenteen ehtoilla. Radalla työskentelevillä ja liikkuvilla tulee olla voimassa ratatyöturvallisuuspätevyys työtehtävien niin edellyttäessä. (17, s. 30.)

Turvamiesmenettelyssä turvamies varoittaa turvattavia henkilöitä lähestyvistä yksiköistä ja valitsee sijaintinsa niin, että hän havaitsee raideliikenteen kaikista tulosuunnista. Turvamiehen etäisyys turvattaviin henkilöihin ei saa olla yli 100 metriä. Turvamiesmenettely ei ole sallittua, mikäli suurin sallittu nopeus rataosalla on yli 140 km/h. Esteetön ja turvallinen väistöalue on turvamiestoiminnan edellytys. Tunnelleissa ja muissa kohteissa, kuten kallioleikkauksissa, joissa ei ole väistötilaa, turvamiesmenettelyä ei saa käyttää. (17, s. 119.) Turvamiehenä työskentely edellyttää turvamiespätevyyttä.

Rataosilla, joissa suurin sallittu nopeus on yli 140 km/h, on käytettävä ratatyölu-pamenettelyä. Lisäksi menettelyä on käytettävä silloin, kun turvamiesmenette-lyä ei voida käyttää.

### 3.2 Mittausperusta

Mittausperusta ja raidegeometria ovat toisistaan riippuvaisia. Ilman laadukkaasti tehtyä mittausperustaa ei raidegeometriaa pystytä mittaamaan. Epätarkan mit-tausperustan virheet siirtyvät mittauksiin. Mittaperustaa ovat Suomen rataver-kolla olleet rakentamassa useat eri toimijat vuosikymmenten aikana (18, s. 15). Aina kun on määritelty uusi mittausperusta, joudutaan raiteen geometria mittaa-maan uudestaan, koska raidegeometria on siirtynyt sen verran, kuin mitä uusi ja vanha mittausperusta eroavat toisistaan (14, s. 13).

Mittausperustan pisteet pyritään rakentamaan mahdollisimman pysyvästi. Hyviä kohteita pisteiden rakentamiselle ovat kallio, maakivet ja pysyvät betoniraken-teet, kuten esimerkiksi siltojen reunapalkkien yläreunat (kuva 14). Maaputkipis-teet eivät ole stabiileja. Maaputkipisteitä joudutaan rakentamaan, kun radan var-rella ei ole parempia kohteita pisteille. (11, s. 47.)



Kuva 14. Mittaperustan piste sillan reunapalkin yläreunassa.

Uudempi tapa merkitä mittausperustan pisteet maastossa ovat pisteen näkövietyspaaluun liimatut tarrat, joissa lukee pisteen numero (kuva 14). Lisäksi käyttöön ovat tulleet sähköratapylväisiin kiinnitettävät kilvet (kuva 15) merkitsemään pylvääseen tehtyä pistettä (19, s. 144).



Kuva 15. Mittauspistemerkintä (19, s. 144).

Sähköratapylvääät toistuvat radalla säännöllisesti ja ovat liikkumattomia, joten ne toimivat hyvin mittaperustan pisteinä. Pisteet voidaan rakentaa esimerkiksi sähköratapylvään pulttiin tai pylvään rungon alareunassa jo olevaan reikään. Pulttiin lyödään pisteiden rakentamisen yhteydessä pieni syvennys, johon prisma-sauva sijoitetaan orientointia varten. Reikään taas kiinnitetään mittausperustan rakentamisen yhteydessä pultilla pitkä mutteri, johon ruuvataan mittauksen ajaksi miniprisma sovitinvartta käyttäen (kuva 16). Uusia reikiä ei sähköratapylväisiin saa porata.

Koska pisteet, joissa miniprisma ruuvataan sähköratapylvään mutteriin ovat alhaalla, lähellä pylvään perustaa, pisteen näkyvyys on kesäkaudella usein ongelma radan varren kasvillisuuden takia. Mikäli pistettä ei saada raivaamalla helposti näkyviin, käytetään tähystä, jonka keskikohtaan asetetaan prisma-sauva.

Miniprismoja käytetään myös tunnelimittauksissa. Tunneleissa mittaperusta on rakennettu tunnelin seiniin kiinnitettäviin pisteisiin. Näihin pisteisiin kiinnitetään mittauksen ajaksi prismat.



Kuva 16. Mittauspiste sähköratapylväässä. Miniprisma ruuvattu kiinni sovitinvartta käyttäen.

Sähköratapylväisiin tehdyt pisteet saavat pistenumeron pylvään numerosta, joten ne on helppo löytää maastossa. Lisäksi takymetrin vapaan asemapisteen sijainnin välimatkaa orientointipisteisiin on helppo arvioida pylväsvälejä laskeamalla.

### 3.3 Takymetrimittaus

Käytännössä takymetrillä radan geometriaa mitatessa käytetään lähes aina vapaan asemapisteen menetelmää. Orientointiin käytetään vähintään kahta perus- tai käyttöpistettä. Useamman orientointipisteen käyttö on suositeltavaa ja parantaa mittausten laatua. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjeessa käyttöpisteiden sallittu väli on 100–400 metriä. Käyttöpistevälin ollessa sallitun välimatkan yläpäässä on useamman kuin kahden orientointipisteen käyttö käytännössä mahdotonta. Mittauksia tulisi välttää aikana, jolloin ilman värreilyä on paljon. Sääolosuhteitten mukaan tulee käyttää lyhyempiä mittausvälejä. Näin saadaan luotettavimpia mittaustuloksia. (16, s. 26.)

Asemapisteen tulisi sijaita liitospisteiden rajaaman kuvion sisäpuolella, lähellä sen painopistettä (16, s. 26). Asemapaikan löytäminen takymetrille vapaan asemapisteen menetelmää käyttäessä radan läheisyydessä voi kuitenkin olosuhteitten mukaan olla haastavaa. Asemapisteeltä tulee näkyä kartoitettava rata ja ratalaitteet. Tämä voi tarkoittaa useampia asemapaikkoja samalta pisteväliltä, jotta kaikki kartoitukseen tuleva saadaan näkyviin.

Takymetrin lämpötilan on hyvä antaa tasautua työlämpötilaan ennen mittausten aloittamista. Tämä tehdään esimerkiksi, kun takymetri tuodaan kuljetuksen aikaisesta lämpimästä autosta kylmään ulkoilmaan.

### 3.4 Vaihtopisteet

Vaihtopisteillä tarkoitetaan vierekkäisten asemapisteen samasta kohdasta mitattuja pisteitä. Vaihtopisteitä käyttämällä taataan mittausten jatkuvuus ja orientointien välinen luotettavuus. Vaihtopisteiden ei tulisi sijaita orientaatiopisteiden ulkopuolella. Mitattaessa vaihtopistettä merkataan sapluunan ulkoreunat

rasvaliidulla kiskoon. Kun mittausta jatketaan seuraavalta kojeasemalta, pisteet mitataan merkkien kohdalta uudelleen koodilla 50. Samalla verrataan pisteen koordinaatteja edelliseltä kojeasemalta mitattuun. Koodin 50 käyttö helpottaa vaihtopisteiden löytämistä editointivaiheessa.

Asemapisteidän välillä voidaan käyttää useampaa kuin yhtä vaihtopistettä, mikäli orientointien keskivirheet ja mittausolosuhteet niin vaativat. Liikennepaikoilla useampaa raidetta mitatessa voidaan käyttää mittausalueen yhdessä päässä useampaa vaihtopistettä eri raiteilla. Näin saadaan tasoitettua mittausvirhettä myös radan poikittaissuunnassa. (20.)

### 3.5 Käytettävä kalusto

Raide voidaan mitata takymetrillä käyttäen raiteenmittausvaunua, raiteen mitaussapluunaa tai prisma-auvaan yhdistettyä kulmarautaa (16, liite 1). Takymetri on riittävän tarkka, että päästään radan mittaukselle Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjeessa asetettuihin tarkkuusvaatimuksiin. Takymetrimittauksen suurin heikkous on sen hitaus. Mittausohjeen mukaan radan turvalaitteita saa mitata reaaliaikaisena GNSS-satelliittimittauksella. Usein turvalaitteet mitataan takymetrillä raiteen mittauksen yhteydessä. Näin mukana ei tarvita kahta eri mittalaitetta. Kalustoon kuuluu lisäksi prismalla varustettu prisma-auva, johon on kiinnitetty ns. kulmarauta (kuva 17).



Kuva 17. Raiteen kartoituksessa käytettävä prisma-sauvaan kiinnitettävä kulma-  
rauta (16, liite 8).

### 3.6 Laadunvarmistus

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjeen ohjeistuksen mukaan laadunvarmistukseksi on jokaisella kojeasemalla orientoinnin jälkeen tehtävä kontrollimittaus tunnettuun kiintopisteeseen ennen ja jälkeen kojeasemalta tehtävää kartoitusmittausta. Kontrollipisteen täytyy olla liikkumaton. Radalla liikkuva kalusto saattaa tärinän ja ilmavirtauksen takia liikuttaa takymetriä mittausten aikana. Siksi kannattaa tarkistaa kontrollipiste merkintämittauksella aina junan mentyä takymetrin ohi. Näin vältetään turhan työn tekemiseltä.

Jos kontrollintarkastus tehdään vasta asemapisteeltä suoritettujen kartoitusmittausten jälkeen ja todetaan kojeen liikkuneen kesken mittausten, joudutaan uusimaan kaikki asemapisteeltä tehdyt mittaukset.

Kontrollipisteen tulisi sijaita yhtä kaukana asemapistestä kuin siltä tehtävät kauimmaiset mittaukset. Asemapisteeltä tehtävän kontrollipisteen viimeisen merkinnän siirtoarvoista saadaan selville, onko koje liikkunut mittausten aikana. Kontrollimittauksesta saatu aineisto tulee tallentaa, ja se toimitetaan tilaajalle mittaustulosten luovutuksen yhteydessä. (15.)

Trimblen takymetreissä orientointitiedot ja kontrollipisteen mittaus ja merkintä tulevat samaan tiedostoon kuin maastomittaukset. Leican takymetreissä orientointi- ja kontrollilokit ovat eri tiedostoissa. (15.)

Takymetrille tulee aika ajoin tehdä kenttäkalibrointi. Kenttäkalibroinnilla määritellään takymetrin kojevirheille korjaukset, jotka koje sen jälkeen huomioi mit-taushavainnoissa. Kalibroinnista tallennetaan raporttitiedosto.

Kenttäkalibrointi tehdään

- ennen tarkkoja mittauksia
- pitkien kuljetusten jälkeen
- jos takymetri on käytössä tai kuljetuksessa saanut iskuja
- yli 10 asteen sisäisen käyttölämpötilan muutoksen jälkeen
- pitkien käyttö- ja säilytyskausien jälkeen. (21; 22, s. 13–14.)

Mittauskalusto tulee huoltaa säännöllisesti. Laittevalmistajan tekemästä huol-  
lostasta saadut tarkastustodistukset kuuluvat projektin tilaajalle toimitettaviin laa-  
dunvarmistusdokumentteihin.

## 4 Mittauskohteet

### 4.1 Suorat

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjeen mukaan raiteen kartoitus-  
väli suorilla on 40 metriä ja kaarteissa 20 metriä. Käytännössä toimitaan kuiten-  
kin tilaajaan ohjeiden mukaan, mikä usein tarkoittaa 20 metrin kartoitusväliä  
suorilla ja 10 metrin väliä kaarteissa ja vaihteissa. (11, s. 65.) Nuotinmittauksen  
yhteydessä raiteeseen voi olla kirjattu tasapaaluluvut, joiden käyttö raiteen

geometrian mittauksessa nopeuttaa mittausta. Muutoin mittausten välisiä välimatkoja arvioidaan askelmitoilla tai ratapölkkyjen välejä laskemalla. 33 ratapölkkyväliä on noin 20 metriä ja 16 ratapölkkyväliä on noin 10 metriä.

Raiteen geometriaa mitattaessa voidaan suorilla mitata kumpaa tahansa kiskoa, toisin kuin raiteentukemiskoneelle nuottia mitatessa, jolloin tukemissuunta määrää mitattavan kiskon suorilla. Kun vaihdetaan mitattavaa kiskoa, mitataan kumpikin kisko samalta kohdalta (15). Raidekilometrin vaihtumiskohta sekä koodilla 287 mitattavat kilometripaalut mitataan aina.

## 4.2 Kaarteet

Kaarteet mitataan yleensä tiheämmillä välimatkoilla kuin suorat, usein 10 metrin välein tai niin kuin projektin tilaaja on ohjeistanut. Tiukat kaarteet esimerkiksi ratapihoilla mitataan 5 metrin välein. Näin kaarteet saadaan mallinnettua paremmin. Mittaukseen otetaan mukaan vaakageometrian muutoskohdat eli siirtymä- ja tangenttikaarien alku- ja loppupisteet tilaajan ohjeistuksen mukaan. Kaaren tiedot eli pituus, säde ja mahdollinen kallistus, lisätään mittauksen kommenttikenttään. Esimerkki siirtymäkaaren alusta mitatun pisteen kommentista: SA/L100R1600h80.

Radalla vaakageometrian muutoskohdat on vanhalla tavalla merkitty raiteeseen kolmella pystyviivalla ja siirtymäkaaren tiedoilla tai siirtymäkaaren tiedot lukevat radan ulkopuolella vanhanmallisessa kaaripaalussa. Aina maastossa merkityt geometrian muutoskohdat eivät pidä tarkasti paikkaansa. Uudempi tapa merkitä raidegeometrian muutoskohdat ovat kiskon jalkaan tai varteen kiinnitettävät kaarre- ja pystytaitemerkintäkilvet (kuva 18) sekä radan ulkopuolelle asennettavat kaarrepaalut. Kaarremerkintälaatan musta pystyviiva merkitsee raidegeometrian muutoskohtaa 100 mm:n tarkkuudella. Taulukossa 2 on esitetty uusien kaarre- ja pystytaitemerkintäkilpien merkinnät. (19, s. 139–142.)



Kuva 18. Kaarrepaalu- ja kaarremerkintä.

Taulukko 2. Uusien merkintäkilpien merkinnät (19, s. 139–140).

Raiteen geometrian merkintä	Selite
D	Raiteen kallistus
L <sub>D</sub>	Kallistusviisteen pituus
L <sub>k</sub>	Siirtymäkaaren pituus
R	Ympyräkaaren säde
R <sub>v</sub>	Pyöristyskaaren säde. Pystytaitemerkintä.
s	Helmertin siirtymäkaari ja S-kallistusviiste

Merkintäkynällä vanhaan tapaan kiskon jalkaan tai varteen kirjoitetut merkinnät eroavat uusista merkintäkilpien merkinnöistä. Merkinnässä on kerrottu, kumpi vaakageometrian muutoskohta on kyseessä, siirtymäkaaren alku vai loppu. Merkinnät on esitetty taulukossa 3. Siirtymäkaaren pituus voi myös olla merkitty suoraan SA tai SL termin jälkeen.

Taulukko 3. Raiteen vaakageometrian muutoskohtien merkinnät maastossa.

<b>Raiteen geometrian merkintä</b>	<b>Selite</b>
D	Raiteen kallistus
h	Raiteen kallistus
L	Siirtymäkaaren pituus
QSA	Q-kaaren eli Helmertin siirtymäkaaren alku
QSL	Q-kaaren eli Helmertin siirtymäkaaren loppu
R	Ympyräkaaren säde
SA	Siirtymäkaaren alku.
SL	Siirtymäkaaren loppu
TG	Ympyräkaaren tangenttipiste

Ympyränkaarista, joissa on kallistusta, mitataan usein kallistuksen tarkastus eli kaarteiden ulkokisko sisäkiskon lisäksi. Mittaus tehdään kaarteiden alusta ja lopusta sekä lyhyissä kaarteissa kaarteiden keskeltä ja pitkissä kaarteissa 100 metrin välein. Kallistuksen tarkastuksen mittaaminen tehdään tilaajan ohjeiden mukaan. (15.)

### 4.3 Vaihteet

Vaihteen tulee kartoittaa yhdeltä asemapisteltä, jolloin parannetaan vaihteen mittauksen sisäistä tarkkuutta. Näin vältetään, ettei vaihteen kohdalle tule vaihtopistettä, joka voi sisältää pienen siirtymän mittauksissa. Vaihteet kartoitetaan 10 metrin välein tai tilaajan ohjeistuksen mukaan (15).

Vaihteista tulee kartoittaa etu- ja takajatkokset, joista käytetään lyhenteitä EJ ja TJ. Koodit 282 etujatkokselle ja 283 takajatkoksille tarkoittavat jatkoksien hit-saussauman tai sidekiskon kohtaa raiteen keskiviivan kohdalta. Mittauksiin lisätään kommenttina vaihteen tunnus. Takajatkoksen kohdalla merkitään kommenttiin myös, onko mitattu piste poikkeavalla vai suoralla raiteella. Eri paksuisia aluslevyjä ei huomioida vaihteita mitatessa, vaan käytetään samaa prisma- korkeutta, kuin mitä kuuluu käyttää ennen ja jälkeen vaihdetta taulukon 1 mukaan (22, s. 9).

#### 4.4 Sillat, rummut ja tasoristeykset

Raide kartoitetaan sillan reunapalkin alku- ja loppukohdasta. Mittaukseen lisätään kommenttina numero 2815 eli raiteen keskilinja sillan kohdalla -koodi. Samoin toimitaan tasoristeyksien lankutuksen kohdalla, lisäämällä kommenttina numero 2814. Rumpujen kohdat mitataan vain yhdellä pisteellä raiteesta, kommenttina 2816 numero. Mittausaineiston editoinnissa löydetään kyseiset pisteet kommenttien avulla. Tekemällä mittaukset siltojen, rumpujen ja tasoristeysten kohdalla varmistetaan, onko raide liikkunut näissä kohteissa tai ennen tai jälkeen niitä.

Tasoristeyksistä mitataan lankutuksen reunan kulmapisteet, tasoristeykselle johtavat tiet 5 metrin matkalta tasoristeyksestä ja varoituslaitteet tilaajan ohjeistuksen mukaan.

#### 4.5 Muita huomioitavia kohteita

Sähköratapylväistä mitataan tasosijainti kolmesta pultista tai pylvään rungon kolmesta symmetrisestä pisteestä. Tärkeää on huomioida pylvästyypin ja käyttää sen mukaista koodausta. Pylvään perustuksen korko mitataan erikseen. Sähköratapylvään perustuksen korko vaatii takymetrimittausta, eikä sitä saa mitata reaaliaikaisella GNSS-mittauksella. Mittauksen kommenttiin lisätään pylvään tunnus. Mikäli pylväessä on ajojohtimien kiristyspaino tai -painot, tulee tämä kirjata myös pisteen kommenttiin. Lisäksi mitataan pylvään tukivaijerin eli haruksen maanpinnan ankkurointipiste.

Turvalaitteet tunneleissa on usein sijoitettu väistöiloihin, joihin on näkyvyys vain väistötilan kohdalta rataa. Tämä tulee huomioida, kun valitaan takymetrille va-  
paan asemapisteen paikkaa.

Laitureissa on tarkat asennustoleranssit. Laitureiden mittaukseen käytetään kul-  
marautasapluunaa, jolla mittaus saadaan tehtyä laiturin rataa lähimmistä koh-  
dista. Mittausväli on 10 metriä, mutta esimerkiksi luonnonkivilaitureissa mittaus-  
väliä joudutaan pienentämään, jotta laiturin muoto paremmin mitattua. Lisäksi  
laitureiden mittaukseen kuuluu maanpinnan koron mittaus laiturin matkalta käyt-  
tään apuviivan koodia 20. Näin saadaan selville laiturin korkeus.

Usein radan kartoitukseen kuuluu radan ylittävien siltojen kannen alapinnan mit-  
taus. Tämä tehdään takymetrin prismatonta mittaukseen käyttäen. Prismaton mit-  
taus soveltuu hyvin myös muihin vaikeapääsyisiin kohteisiin, kuten kojujen  
ylänurkkien ja rautatietunneleiden suuaukkojen mittauksiin. Leikkaukseltaan  
ympyrän muotoiset siltojen pilarit voidaan myös mitata prismattomasti mittaa-  
malla pilarin pinnasta useampi piste.

Erilaisista kaapeista ja kojista mitataan vähintään vastakkaiset ylänurkan pis-  
teet. Näin saadaan laskettua kaapin keskikohta. Kohteen tunnus tulee lisätä mi-  
tatun pisteen kommenttikenttään. Kuvassa 19 on tunnuksella K199 merkitty tur-  
valaitekaappi, joka kuuluu kartoittaa koodilla 743. Kaappien ja kojujen tarkempi  
mittaustapa, jolla saadaan selville kaapin ulottuma, on mitata kolme tai kaikki  
neljä kaapin tai kojun yläreunan pistettä. Lisäksi mitataan maanpinnan korko yh-  
dellä pisteellä kohteen vierestä.



Kuva 19. Turvalaitekaappi

Aidat ja kaiteet siltojen kohdalla mitataan aidan tai kaiteen päältä. Kommenttiin lisätään aidan tai kaiteen korkeus, mikäli se ei tule selväksi esimerkiksi mitatusta sillan reunapalkin yläreunasta, jonka päällä aita tai kaide saattaa sijaita. (15.)

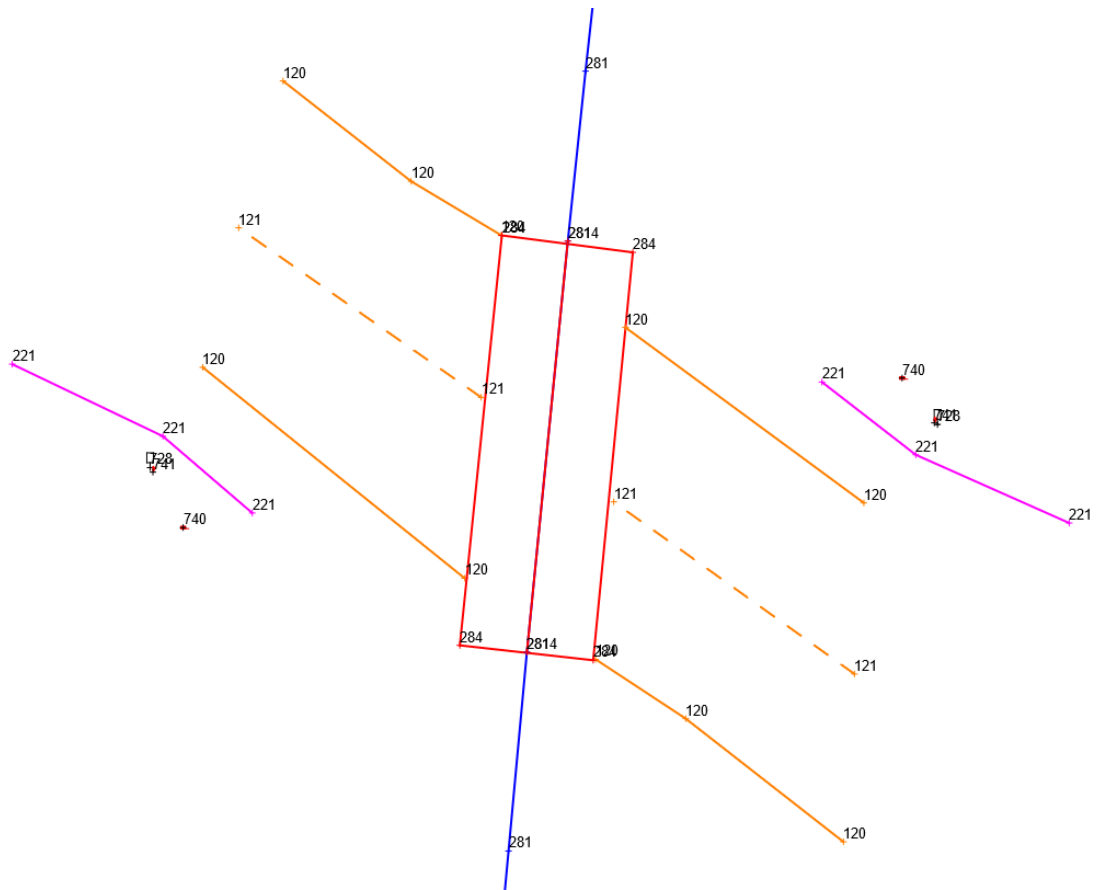
## 5 Mittausaineiston editointi

Swecolla mittausaineiston editointi tehdään 3D-Win-ohjelmalla. 3D-Win on kotimainen Novatron Oy:n omistama mittaus-, paikkatieto-, kartta- ja suunnitteluohjelmisto (23). Radan ja ratalaitteiden mittausaineisto luovutetaan Geonic- eli gt-formaatissa. Editoinnissa tulee tarkastaa, että kaikki mittausaineisto on koodattu oikein, oikeaa pintakoodia käyttäen. Gt-formaatin T2-sarake ei saa jäädä tyhjäksi, vaan siinä tulee olla numero 0 pisteelle tai viivanumero, alkaen numerosta 1.

Vaihtopisteiden kohdalla lasketaan samasta kohdasta eri asemapaikoista mitattujen pisteiden keskiarvo ja viiva editoidaan kulkemaan tämän pisteen kautta. Eri kojeasemilta mitatut viivat yhdistetään yhtenäisiksi. (24.)

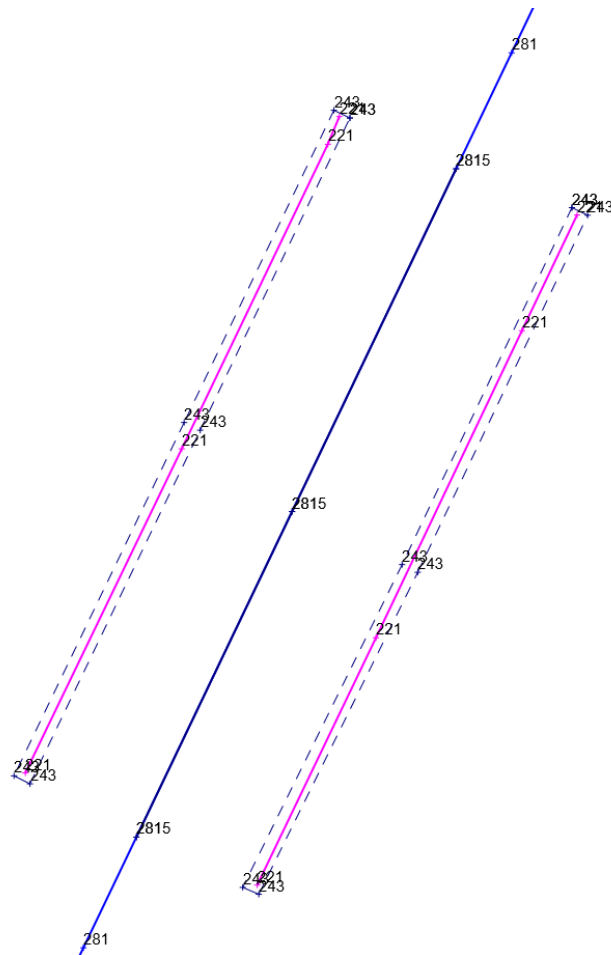
Kv-korkoon mitattu raiteen viiva siirretään viivan kopiointi -työkalulla 762 mm raiteen keskelle raiteen keskilinjaksi, jonka koodi on 281. Raiteen keskilinjaa tai teviivan numeroksi tulee raiteen numero. Mikäli luovutettavaan aineistoon kuuluu tilaajan ohjeistuksen mukaan jäädä rautatiekiskon selkä -viivoja (koodi 280), tulee kyseiset viivat nostaa KSK-korkoon.

Vaihteiden jatkoksissa tehdään raiteen keskilinjaan laskettuun EJ- ja TJ-pisteeseen erillinen piste 282 ja 283 koodeilla. Pisteiden kommenttikenttään laitetaan vaihteen tunnus (16, liite 1). Koodin 2815 viiva silloille ja koodin 2814 viiva tasoristeyksille editoidaan kulkemaan samasta kohtaa raiteen keskilinjaa viivan 281 kanssa kv-korossa (kuvat 20 ja 21). Kuvan 20 mittauksessa ovat lisäksi mukana varoituslaitokset, teräskaitteet, tasoristeyksen lankutus sekä sille johtavat tiet keskilinjoihin viiden metrin matkalta.



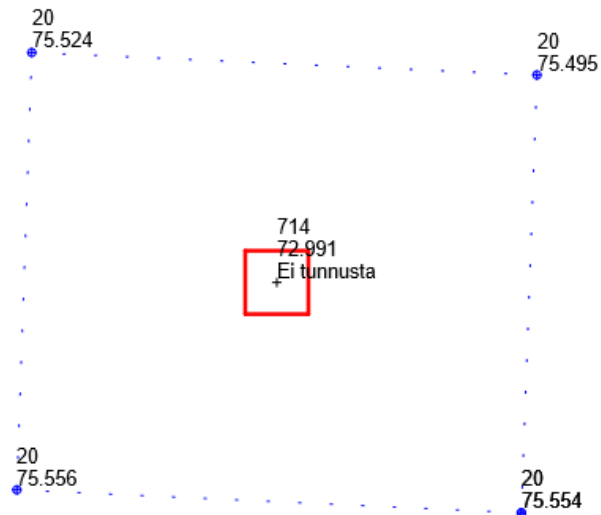
Kuva 20. Editoitu rata tasoristeyksen kohdalla 3D-Win-ohjelmassa.

Sähköratapylväiden keskikohdan tasosijainti lasketaan mitatusta kolmesta pisteestä ympyrälaskennalla. Tälle pisteelle annetaan pylvästyypin koodi ja koroksi pylväsperustasta mitattu korko. Samoin pilareista, joiden pinta on mitattu kolmella tai useammalla pisteellä, lasketaan pilarin keskikohta ja halkaisija ympyrälaskennalla. Pilaripisteelle annetaan erikseen mitattu maanpinnan korko pilarin vierestä mitattuna.



Kuva 21. Editoitu rata sillan kohdalla 3D-Win-ohjelmassa. Sillan reunapalkin yläreuna ja näiden päällä olevat teräskaitteet mitattu.

Kaapeista ja kojuista lasketaan keskipiste. Pisteen koroksi tulee yläreunan korko. Keskipisteen kommenttikenttään lisätään kaapin tai kojun tunnus. Mikäli kaapissa tai kojussa ei ole tunnusta, on hyvä tapa lisätä tällöin ”ei tunnusta” kommenttikenttään. Tarkemmassa mittaustavassa, joka kertoo kaapin tai kojun tarkan ulottuman, tehdään 20-koodilla sulkeutuva viiva kaapin tai kojun yläreunan ympäri (kuva 22). Tällöin kaapin tai kojun keskipisteen koroksi tulee maanpinnan korko. Puuttuvat yläreunan pisteet saadaan selville suorakulmaisella laskennalla. (24.)



Kuva 22. Kaappi ilman tunnusta 3D-Win-ohjelmassa. Kaapin ulottuman määrittävä mittaustapa.

Tiedoston tarkastustoiminto tarkastaa mittausaineiston ohjaintiedoston avulla. Tämän avulla korjataan väärät pintatunnukset ja väärin viivoiksi tai pisteiksi koodatut kohteet. Aineisto lajitellaan eli "sortataan" ja numeroidaan, ja näin kohteet listautuvat järjestyksessä, kun tiedosto kirjoitetaan ulos Geonic- eli gt-formaatissa. (24.)

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ohje uusille ja mahdollisesti myös kokeenemmille raiteen ja ratalaitteiden mittaajille. Työtä varten haastateltiin mittaajia ja raidesuunnittelijoita sekä kerättiin tietoja eri lähteistä, kuten Väyläviraston ohjeista, aikaisemmista opinnäytetöistä sekä Sweco Finland Oy:n sisäisistä julkaisuista. Lisäksi työ pohjautuu töissä Sweco Finland Oy:llä opittuihin työtapoihin.

Radan geometrian ja turvalaitteiden kartoituksessa on paljon yksityiskohtia, joista osan voi oppia vain käytännön työssä. Radalla tehtävät mittaukset vaativat haastavien mittausolosuhteiden ja tarkkojen toleranssien takia paljon ammattitaitoa mittaajilta. Mittaustyö vaatii tietoa raiteen geometriasta, ja sitä on opinnäytetyössä käyty läpi raiteen kartoituksen näkökulmasta. Työhön saatiin koottua tarvittava teoretieto, joka vaaditaan radan ja ratalaitteiden kartoitukseen.

Käytännön mittaus- ja editointiohjeiston kokoaminen havaittiin kuitenkin niin laajaksi kokonaisuudeksi, että työssä päädyttiin yleispiirteisen ohjeistuksen tekoon. Käytännön ohjeista työhön saatiin kerättyä tärkeimmät asiat, jotka pitää ottaa huomioon rataa ja ratalaitteita mitatessa.

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohje havainnollistaa varsin hyvin radalla mitattavia kohteita. Useat ohjeen kohteet eivät tarvitse enempää selostusta kuin mitä ohjeessa jo on, joten näitä kohteita ei ole tässä työssä mainittu. Ratalaitteiden tunnistamisesta näiden mittausta ajatellen olisi kuitenkin hyvä olla olemassa Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjeen kuvallista liitettä yksityiskohtaisemmat ohjeet. Eri ratalaitteista on esimerkiksi olemassa erilaisia variaatioita, joita ei ole kuvattu Väyläviraston mittausohjeessa.

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohje kaipaa haastattelujen perusteella päivityksiä koska siinä on epäselvyyksiä, kuten raiteen keskilinja sillan tai rummun kohdalla. Koodiluettelossa on näiden topologiavaihtoehdoksi annettu vain viiva, mutta kohteiden kuvauksessa on pisteet koodattu hajapisteinä.

Moni yleisesti rataympäristössä esiintyvä kohde jää ohjeessa myös mainitsematta ja näin ne joudutaan kartoittamaan koodilla 290 eli ”muuna radan rakenteena”. Tällöin ne ohjeen mukaan vaativat erillistä kuvausta ja valokuvaa kohteesta. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi erotusjaksomagneetit, auraussuojat, kuumakäynti- ja pyörövoimailmaisimet.

Haastatteluissa tuli ilmi, miten samalla projektilla on usein töissä useampia mittajia, joilla on oma työtapansa. Tällöin on hyvä sopia pienistäkin yksityiskohdista mittauksissa ja mittausaineiston editoinnissa, jotta lopullisesta yhdistetystä luovutettavasta mittausaineistosta tulee yhtenäinen.

## Lähteet

- 1 Rataverkko. 2024. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://vayla.fi/vaylista/rataverkko/>>. Päivitetty 17.9.2024. Luettu 12.10.2024.
- 2 Sirviö, Juho. 2023. Mittaukset radan rakentamisessa. Peruskorjattavan radan mittaukset. Opinnäytetyö. Lapin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Tasoristeykset valtion rataverkolla. 2024. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://vayla.fi/vaylista/rataverkko/tasoristeykset>>. Päivitetty 25.9.2024. Luettu 6.10.2024.
- 4 Tyynelä, Hanna-Leena. 2022. Rautatieliikennepaikkojen alusrakennesuunnittelu. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 5 Erho, Jarno. 2023. Rautatienrakennus ja kunnossapito. Opintomateriaali. Oulun ammattikorkeakoulu.
- 6 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 2. Radan geometria. 2021. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2021-22\\_rato2\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-22_rato2_web.pdf)>. 27.5.2021. Luettu 18.9.2024.
- 7 Taimela, Reijo. Raidegeometrian suunnittelu. 2021. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lts\\_2011-22\\_raidegeometrian\\_suunnittelu\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lts_2011-22_raidegeometrian_suunnittelu_web.pdf)>. Luettu 15.9.2024.
- 8 Liski, Matti. 2022. Siirtymäkaaren optimointi suurnopeusradalla. Diplomityö. Tampereen yliopisto. Trepo-tietokanta.
- 9 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 4 Vaihteet, 2012. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2012-22\\_rato\\_4\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2012-22_rato_4_web.pdf)>. 17.12.2012. Luettu 28.9.2024.
- 10 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 6 Turvalaitteet. 2021. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2021-18\\_rato6\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-18_rato6_web.pdf)>. 30.12.2021. Luettu. 28.9.2024.
- 11 Aronen, Anton. 2017. Raidegeometriamittausten laadunvarmistus. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu. Aaltodoc-tietokanta.
- 12 Tasoristeysten turvallisuuden parantamisen suunnittelu. 2012. Verkkoaineisto. Liikennevirasto.

- <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2012-04\\_tasoris-teysten\\_turvallisuuden\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2012-04_tasoris-teysten_turvallisuuden_web.pdf)>. 16.4.2012. Luettu 16.9.2024.
- 13 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 11 Radan päällysrakenne. 2021. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2024-15\\_rato11\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2024-15_rato11_web.pdf)>. 1.6.2021. Luettu 20.9.2024.
  - 14 Ratatekniset ohjeet (RATO) 23 Raiteen ja vaihteen koneellisen tukemistyön suunnittelu ja toteuttaminen. 2023. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2024-19\\_rato\\_23\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2024-19_rato_23_web.pdf)>. 1.6.2023. Luettu 24.9.2024.
  - 15 Geometrian tarkistusmittaus ohje 2016. 2016. Yrityksen sisäinen aineisto. Sweco Finland Oy.
  - 16 Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje 18/2017. 2017. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2017-18\\_maastotiedot\\_mittausohje\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-18_maastotiedot_mittausohje_web.pdf)>. 4.4.2017. Luettu 1.9.2024.
  - 17 Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). 2023. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-111\\_TURO\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-111_TURO_web.pdf)>. 25.5.2023. Luettu 1.10.2024.
  - 18 Peltokangas, Ossi & Nurmikolu, Antti. Raidegeometrian kunnossapito tukemalla ja tukemiskalusto Suomen rataverkolla. 2015. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121380/lts\\_2015-23\\_978-952-317-093-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121380/lts_2015-23_978-952-317-093-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 20.9.2024.
  - 19 Ratatekniset ohjeet (RATO) 17 Radan merkit ja merkinnät. 2023. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-10\\_rato17\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-10_rato17_web.pdf)>. 25.5.2023. Luettu 15.9.2024.
  - 20 Skön, Katri. 2024. Ryhmäpäällikkö, Sweco Finland Oy, Kouvola. Keskustelu 20.9.2024.
  - 21 Kärkkäinen, Tapio. 2023. Kenttäkalibrointi Trimble S-sarjan-takymetreille. Verkkoaineisto. Geotrim Oy. <[https://geotrim.fi/table\\_tags/kenttakalibrointi](https://geotrim.fi/table_tags/kenttakalibrointi)>. 27.4.2023. Luettu 1.10.2024.
  - 22 Sarjanen, Tinja. 2016. Menetelmäkuvaukset VR Track Oy:n mittauspalveluille Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
  - 23 3D-Win perusohjelma. Verkkoaineisto. Novatron Oy. <<https://3dwin.fi/ohjelmisto>>. Luettu 15.9.2024.

- 24 Maastomallin mittaus ja editointi. 2015. Yrityksen sisäinen aineisto. Sweco Finland Oy.