



**RADAN KUNNOSSAPIDON OHJAUS
RATATIEDON
HALLINTAOHJELMISTON AVULLA**

Olli Ervelä

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Rakennustekniikka
Infratekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

ERVELÄ, OLLI:

Radan kunnossapidon ohjaus ratatiedon hallintaohjelmiston avulla

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2014

Tässä työssä esiteltiin radan kunnossapidon suunnittelussa käytettäviä ratatiedon hallintaohjelmistoja. Tarkoituksena oli hankkia tietoa, kuinka radalta kerättyjen mittaustulosten järjestelmällisellä hallinnalla, ratatiedon analyysiohjelmalla, voidaan tehostaa kunnossapitosuunnittelua. Lisäksi työssä käsiteltiin yleisellä tasolla radan kunnossapito- ja tarkastustoimintaa. Tilaajana toimi Roadscanners Oy, jonka yhtenä toimialana on rautatiekonsultointi. Sivutavoitteena oli kouluttaa opinnäytetyön tekijää rautatien kunnossapidon perusteisiin.

Työhön valittiin kolme radan kunnossapidon päätöksenteon tukena käytettävää ohjelmaa. Ohjelmista esiteltiin niiden toimintaperiaatteet, jotka perustuvat ennaltaehkäisevään kunnossapitoon, ja esimerkinomaisesti tutustuttiin muutamiin toimintoihin ohjelmien kapasiteetin havainnollistamiseksi. Selvitys tehtiin kirjallisuustutkimuksena.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tavoitteet saavutettiin ja työstä käy ilmi, kuinka ratatiedon hallintaohjelmistoilla pystytään tehostamaan kunnossapidon hallintaa ja suunnittelua. Niiden sisäänajo on kuitenkin vaativa prosessi, mutta myös palkitseva, sillä hallintaohjelmiston avulla kunnossapidon resurssit on mahdollista optimoida ja saada kokonaiskuva kunnossapidon tarpeista rataverkolla.

Asiasanat: radan kunnossapito, tarkastus, ratatiedon hallintaohjelma, ennaltaehkäisevä kunnossapito.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Option of Civil Engineering

ERVELÄ, OLLI:

Railway Maintenance's Control with Railway Data's Management Software

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 2 pages

April 2014

This thesis presented some of the railway data's management softwares used in maintenance controlling and planning. Idea was to search information how the use of these kind of programs can help to maximize the effectiveness of maintenance planning. In addition this work covered some basic concepts of railway's maintenance and inspection process. Second goal for the study was to educate its writer in the field of railway maintenance. This thesis was ordered by Roadscanners Ltd whose one field of business is related to railway maintenance.

To this study, three railway maintenance decision support softwares were selected. Their operational principles, which are based on scheduled preventive maintenance, were introduced, and some of the features were presented in order to demonstrate capabilities of the programs. Thesis was done as a literature study.

In summary one can say that the set objectives were reached and the work shows how these management softwares can raise the effectiveness of railway's maintenance planning. It should also be mentioned that the transition to the new system is laborious process but at the same time rewarding as maintenance resources are optimized and one gets whole picture of the needs of railway maintenance.

Key words: railway's maintenance, inspection, railway data's management softwares, preventive maintenance.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tausta.....	7
1.2	Työn tavoitteet	7
1.3	Rajaukset.....	8
2	RADAN RAKENNE.....	9
2.1	Sähköistetty rata.....	10
3	KUNNOSSAPITO	11
3.1	Yleistä	11
3.2	Kunnossapitotasot	14
3.3	Tarkastusjärjestelmä	14
4	RADAN TARKASTUS	16
4.1	Radan kunnan seuranta	16
4.2	Tarkastettavia suureita	17
4.3	Rakenteen tarkastusmittaukset.....	21
4.3.1	Tarkastusvaunumittaukset.....	21
4.3.2	Kiskojen ultraäänitarkastukset	22
4.3.3	Raidevoimamittaukset.....	22
4.3.4	Kiihtyvyydsmittaukset	23
4.3.5	Aukean tilan ulottuman mittaus	23
4.3.6	Jatkosrakojen tarkastusmittaus.....	23
4.3.7	Vaihteiden tarkastus	23
4.3.8	Ratakiskojen kuluneisuusmittaus	23
4.3.9	Ratakiskojen kulkupinnan mittaus	24
4.3.10	Käsinmittaus.....	24
4.3.11	Maatutkaus	25
4.4	Tarkastuskatselmukset	25
4.4.1	Kävelytarkastus	26
4.4.2	Turvalaitetarkastus	26
4.4.3	Siltatarkastus	26
4.4.4	Tarkastus liikkuvasta kalustosta.....	26
4.4.5	Radan merkkien katselmuks	27
5	RAMSYS, IRISSYS ja OPTRAM	28
5.1	Yleistä	28
5.2	Toimintaperiaatteet	29
5.2.1	Datan keräys.....	29
5.2.2	Tulosten analysointi	30

5.2.3	Kunnossapidon ja saneerauksien suunnittelu.....	31
5.2.4	Kunnossapidon hallinta.....	32
5.3	Näkymät.....	32
5.3.1	Mittausten kohdistaminen ja käsittely.....	33
5.3.2	Laitteet ja rakennelmat.....	35
5.3.3	Kunnossapidon suunnittelu esimerkkinä tuenta.....	38
5.3.4	Radan geometria.....	40
5.3.5	Yksittäisanalyysi	43
5.3.6	Kynnysarvot ja luokat	45
5.3.7	Q-arvo	48
5.3.8	Integroidut analyysit.....	49
5.3.9	Optimointi ja budjetointi.....	52
5.3.10	Jälkiseuranta.....	53
6	YHTEENVETO JA POHDINTA	54
	LÄHTEET.....	56
	LIITTEET	58
	Liite 1. Tarkastukset eri kunnossapitotasolla (RATO 13).....	58
	Liite 2. Ohjelmien referenssit	59

ERITYISSANASTO

ATU	Aukean tilan ulottuma (ATU) on alue radan ympärillä, jonka on oltava tyhjä radalla liikkuvan kaluston esteettömän kulun varmistamiseksi
IRISSYS	Radan kunnossapidon päätöksenteon tuen ohjelma (International Railway Inspection and Services System)
OPTRAM	Radan infrastruktuurin hallintaohjelma (Railway Infrastructure Management Software))
Q-arvo	Radan geometrian laatua kuvaava indeksi
RATO	Ratatekniset ohjeet
RAMSYS	Radan kunnossapidon päätöksenteon tuen ohjelma (Railway Maintenance Decision Support System)
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TQI	Radan geometrian laatua kuvaava indeksi (Track quality index)

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Radan kunnossapidolla on merkittävä rooli osana sen elinkaarta. Kunnossapidon tärkein tehtävä on varmistaa liikenteen turvallinen ja esteetön kulku. Hoitamalla radan kunnossapitotehtävät hyvin sekä ajoittamalla korjaustoimenpiteet oikein radanpitäjä voi käyttää kunnossapitoon varatut resurssit parhaalla mahdollisella tavalla, jolloin radan kunto pystytään ylläpitämään liikenteellisen palvelutason vaatimassa kunnossa mahdollisimman pitkään.

Radan kunnan seuraaminen ja liikennöitävyyden varmistaminen on iso osa kunnossapitoa. Jotta junien turvallisesta liikennöinnistä radalla voidaan varmistua, joudutaan radan ja sen laitteiden kunnosta keräämään monenlaista tietoa. Tietoa syntyy valtavat määrät ja niiden hallinta ja analysointi onkin erittäin tärkeää hoitaa sekä huolellisesti että järjestelmällisesti. Tässä opinnäytetyössä perehdytään ratatiedon hallintatapoihin. Siihen liittyen esitellään kolme maailmalla käytössä olevaa kunnossapidon päätöksenteon tueksi kehitettyä ohjelmistoa, ja pohditaan niiden hyviä ja huonoja puolia. Työn alussa esitellään radan rakennetta, koska sen kunnossapito on tutkimuksen keskeinen osa, ja jotta lukijan olisi helpompaa ymmärtää miten eri rataelementit voivat korreloida keskenään. Tutkimuksen alussa kerrotaan myös mitä radan kunnossapidolla tarkoitetaan sekä käydään läpi radan tarkastustoimintaa ja –tapoja. Työn keskeisimmässä osiossa esitellään aiemmin mainitut ohjelmat ja niiden toimintoja. Lopuksi pohditaan ratatieto-ohjelmien hyötyjä, mahdollisuuksia ja ongelmia kunnossapitoprosessissa.

1.2 Työn tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on tarkastella maailmalla käytössä olevia ratatiedon hallintaohjelmistoja ja esitellä niistä kolmea. Suomessa ei ole käytössä ratatiedon hallintaohjelmistoja vaan tietoa kerätään lukuisiin eri rekistereihin, joista niitä tarkastellaan erillisillä lomakkeilla tai ohjelmilla. Virallisia rekistereitä on käytössä 31. Perehtymällä ratatiedon hallintaohjelmiin saadaan tietoa, kuinka radalta kerättyjen

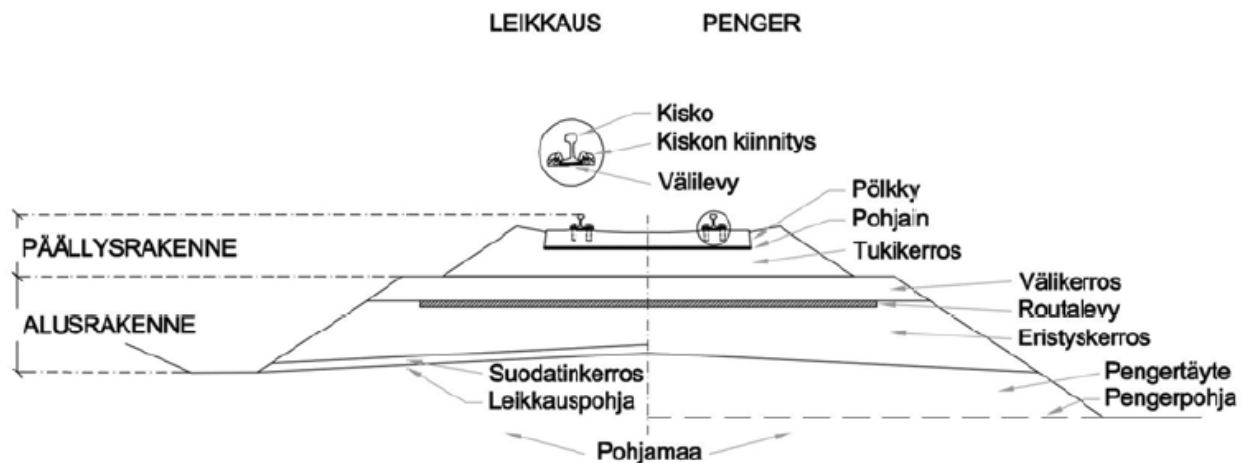
mittaustulosten järjestelmällisellä hallinnalla voidaan tehostaa kunnossapitosuunnittelua. Sivutavoitteena on kouluttaa työntekijää radan kunnossapidon perusteisiin. Tilaajana toimii Roadscanners Oy, jonka yhtenä toimialana on rautatiekonsultointi.

1.3 Rajaukset

Työ rajataan RAMSYS-, IRISSYS- ja OPTRAM-ohjelmistoihin sekä Suomen rekisteripohjaiseen ratatiedon hallintatapaan. Radan kunnossapidon päätöksenteon tueksi on olemassa muitakin ohjelmia, esimerkiksi EcoTrack ja Pater, mutta niitä ei käsitellä tässä työssä. Tutkimuksessa ei perehdytä ohjelmien käyttäjäystävällisyyteen vaan niiden perustoimintojen esittelyyn.

2 RADAN RAKENNE

Jotta ymmärretään radan kunnossapidon tarpeet, on tärkeää ymmärtää kuinka rautatien rakenne toimii. Kuvassa 1 on esitetty radan rakenteen nimitykset. Rata rakennetaan yleensä leikkaukseen tai penkereelle, mutta ideaalitapauksessa 0-tasaukselle, jolloin se voidaan rakentaa suoraan maanpinnalle johon on tehty ainoastaan pintamaan poisto.



Kuva 1 Radan rakenneosat (Peltokangas, Luomala & Nurmikolu 2013)

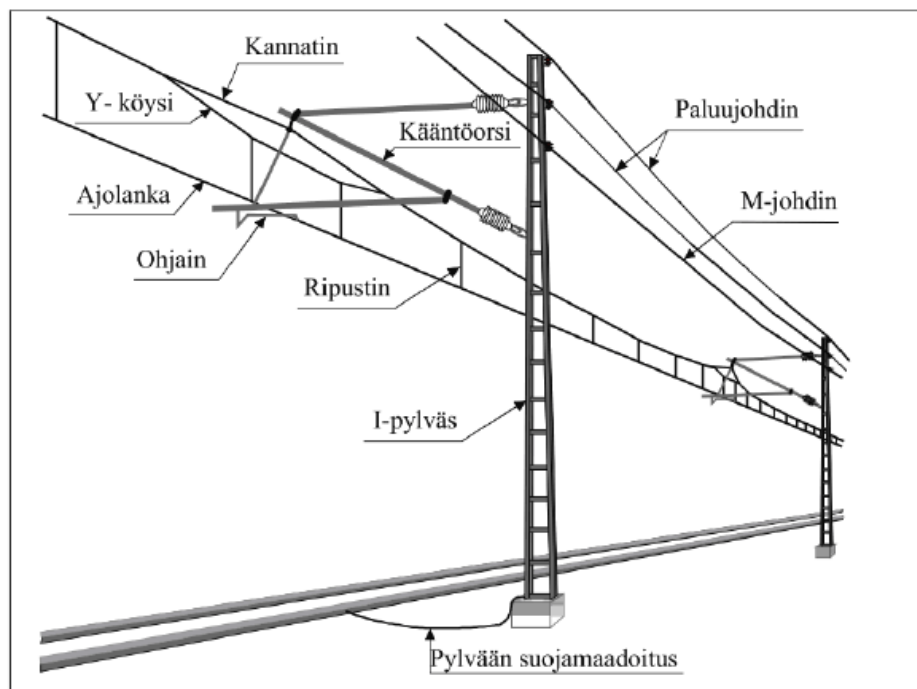
Radan rakenne koostuu päällys- ja alusrakenteesta ja mahdollisesta pengertäytteestä. Päällysrakenteeseen kuuluu raide ja tukikerros. Raide sisältää ratapölkkyt, mahdolliset pohjaimet, kiskot, ja niiden kiinnitys- ja jatkososat sekä välilevyt. Myös vaihteet ym. raiteen erikoisrakenteet katsotaan osaksi raidetta (RATO 3 2008, 6). Ratakiskon tehtävänä on ohjata rautateillä kulkevaa kalustoa tasaisesti eteenpäin (Peltokangas ym. 2013, 16). Tukikerroksen tehtävänä puolestaan on muodostaa raiteelle tasainen ja tukeva alusta, säilyttää raiteen oikea geometrinen asema ja asento, ja jakaa kuormat alusrakenteelle (RATO 3 2008, 7).

Päällysrakenteen alapuolella on alusrakenne. Sen muodostavat välikerros, mahdollinen routalevy, eristyskerros sekä joskus suodatinkerros. Välikerros on tukikerroksen alapuolinen kerros ja sen tehtävänä on muodostaa tukikerrokselle tasainen ja kantava alusta ja estää tukikerroksen sekoittumisen eristyskerrokseen (RATO 3 2008, 7). Jos maakerrosten routimisen odotetaan olevan ongelma, niin routalevy sijoitetaan tähän väliin rakennetta eli välikerroksen pohjalle. Routalevyjä asennetaan myös paljon tukikerroksen vaihdon tai puhdistuksen yhteydessä, jos on todettu routaongelmia.

Tällöin ne asennetaan suoraan tukikerroksen alle. Välikerroksen alla olevan eristyskerroksen tarkoituksena on parantaa ratarakenteen kantavuutta ja vähentää routimista. Sen tehtävänä on lisäksi siirtää kuormat tasaisesti pohjamaahan sekä estää kapillaarinen veden nousu (RATO 3 2008, 7). Joissain tapauksissa alusrakenteen pohjimmaisiksi kerrokseksi rakennetaan suodatinkerros, jolla estetään eristyskerroksen sekoittuminen pohjamaahan. Alusrakenteen alapuolella on pohjamaa, paitsi paikoissa joissa rata on rakennettu penkereelle, jolloin siinä on pengertäyte.

2.1 Sähköistetty rata

Suomen rataverkon pituus on 5 944 kilometriä. Tästä yli puolet, 3 073 km, on sähköistetty. Sähköistetyn radan päällyys- ja alusrakenne on edellä esitetyn mukainen, mutta sen lisäksi rataan on rakennettu sähköistyksen vaatimat laitteet ja rakenteet. Kuvassa 2 on esitetty sähköradan rakenteen näkyvimmit osat ja niiden nimitykset.



Kuva 2 Ratajohto avoradalla, 25 kV järjestelmä (RATO 5 2013)

3 KUNNOSSAPITO

3.1 Yleistä

Radan tarkastukset ovat osa sen kunnossapitoa, johon kuuluu tarkastusten lisäksi määräaikaishuollot, vikojen korjaukset ja lumityöt. Säännöllisellä kunnossapidolla varmistetaan, että radan eri osat pysyvät liikennöitävinä niiden elinkaaren alusta loppuun saakka. (Liikennevirasto 2013) Kunnossapidon tärkeimmät tehtävät ovatkin liikenneturvallisuuden varmistaminen ja radan kunnon tunteminen. Kunnon tunteminen on tärkeää, jotta kunnossapitotyöt osataan ajoittaa taloudellisesti oikeaan aikaan (RATO 15 2000, 9).

Toimenpiteitä tehdään useille radan osille. Näitä ovat päälly- ja alusrakenne, taseisteykset ja sillat, liikenteenohjaus- ja turvalaitteet, sähkörata- ja vahvavirtalaitteet sekä maa-alueet. Radan kunnon seuranta ja sen toteuttamiseksi tehtävät tarkastukset paljastavat kunnossapitäjälle korjaustoimenpiteiden tarpeen, ja siten rataverkon palvelutaso ylläpidetään vaatimusten mukaisessa kunnossa. (Liikennevirasto 2013)

Kunnossapitaja tekee päätökset toimenpiteiden käynnistämisestä mittaustuloksien tulkintojen perusteella. Analysoimalla yksittäisen mittauksen tuloksia voidaan tehdä vain korjaavaa kunnossapitoa eli toimenpiteet käynnistetään vasta kun vika on havaittu konkreettisesti. Tekemällä useita peräkkäisiä mittauksia ja niiden tulosten integroidulla tarkastelulla pidemmällä aikavälillä voidaan havaita kulumistrendejä, joiden avulla pystytään ennustamaan rataomaisuuden käyttäytymistä ja siten suunnitella kunnossapitotoimenpiteitä ennen kuin viat ehtivät ilmetä. (Mermecgroup) Tällainen kuntoon perustuva, ennaltaehkäisevä ja oikein ajoitettu kunnossapito mahdollistaa suuria säästöjä radan hoidossa.

Kunnossapitotyöt voi hoitaa monella eri tavalla ja näistä esitellään nyt kolme strategiaa, joita ovat:

1. Uudelleenrakentaminen elinkaaren päätyttyä
 - Tämän strategian ajatus on uudelleen rakentaa rakenteet kun ne on ensin käytetty aivan loppuun. Strategiassa vältetään ennakoivia ja elinikää pidentäviä toimenpiteitä. Strategiaa ei voida varsinaisesti pitää

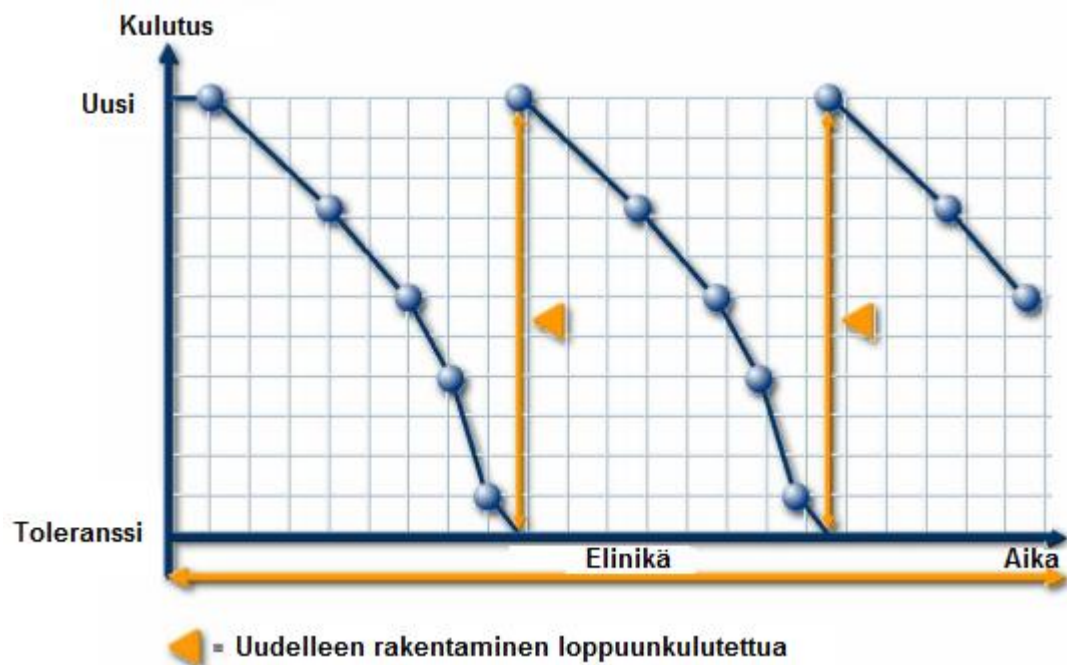
kunnossapitona, eikä se ole optimaalinen saati suositeltava. (ERDMANN-Software 2013, 6) Kuvassa 3 on esitetty tämä idea.

2. Kynnysarvoihin perustuva ylläpito

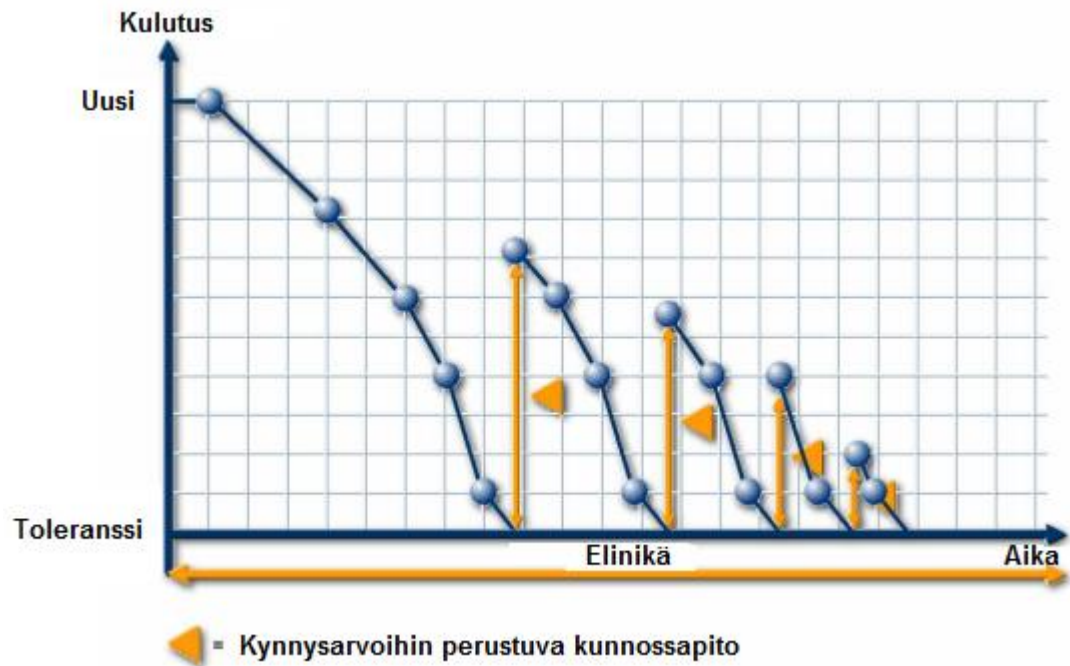
- Korjaustoimenpiteet suoritetaan vasta kun rakenteiden kunto on päässyt jo kriittiseen tilaan ja kynnysarvot ylittyvät. Tämä tapa ei ole kovinkaan kustannustehokas, koska strategialla ei saavuteta rakenteille maksimaalista elinikää. (ERDMANN-Software 2013, 6) Kuvasta 4 nähdään menetelmän periaate visualisoituna.

3. Aikataulutettu ennaltaehkäisevä kunnossapito

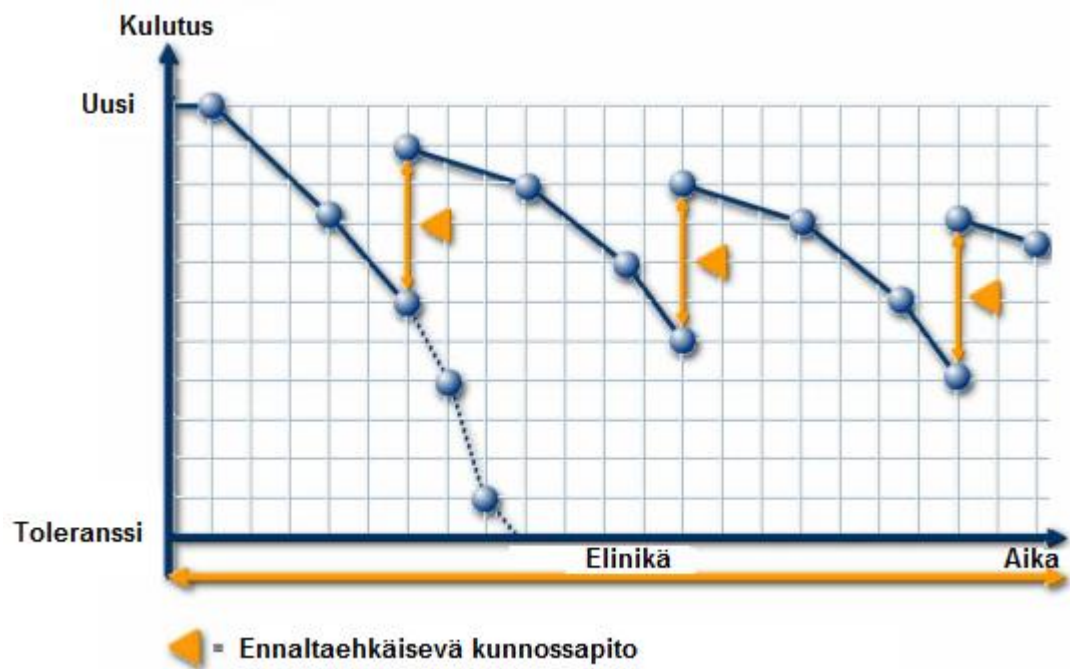
- Toimintamalli pyrkii optimoimaan omaisuuden arvon säilyttämisen pitkällä aikavälillä. Tällöin saadaan rataomaisuudelle pitkä elinikä ja pienet kokonaiskustannukset. Haasteena on päättää koska ja mitä toimenpiteitä on kulloinkin tehtävä. (ERDMANN-Software 2013, 6) Kuvassa 5 on esitetty ennaltaehkäisevän kunnossapidon strategia visualisoituna.



Kuva 3 Uudelleen rakentaminen elinkaaren päätyttyä (ERDMANN-Software 2013)



Kuva 4 Kynnysarvoihin perustuva ylläpito (ERDMANN-Software 2013)



Kuva 5 Aikataulutettu ehkäisevä kunnossapito (ERDMANN-Software 2013)

Näiden kolmen strategian lisäksi mainittakoon vielä liikennekuormitukseen perustuva kunnossapitomalli, jonka mukaan kunnossapitotoimenpiteet tehdään kun asetettu tonnimäärä on kulkenut radan yli. Menetelmän haittapuolena on, että se ei huomioi rakenteiden todellista kuntoa lainkaan. (ERDMANN-Software 2013, 6)

3.2 Kunnossapitotasot

Liikennevirasto määrittelee radoille kunnossapitotasot. Ne määräytyvät liikenteellisten tarpeiden, päällysrakenteen ja maksiminopeuden perusteella. Tasoja on yhteensä 8 (1AA, 1A, 1, 2, 3, 4, 5, 6) ja ne määräävät millaisia tarkastusmenetelmiä kyseisen luokan radalla tulee käyttää ja kuinka usein. (RATO 13 2004, 15-16) Taso 1AA on korkein taso, jolle tarkastuksia täytyy tehdä usein. Taso 6 on alhaisin tasoista. Liitteessä 1 on taulukoitu tarkastuksia ja vaatimuksia eri kunnossapitotasoilla.

3.3 Tarkastusjärjestelmä

Jotta kunnossapidon tavoitteet saavutettaisiin, on Suomessa käytössä radan tarkastusjärjestelmä. Rautateiden tarkastustoimintaa organisoii Liikennevirasto, joka tilaa radantarkastuspalveluita palvelun tuottajilta ja solmii näiden kanssa radantarkastussopimuksia (RATO 13 2004, 15).

Tarkastusjärjestelmän tarkoitus on antaa hyvissä ajoin tietoa puutteista ja virheistä, jotka kehittyessään muodostaisivat liikenteelle turvallisuusriskejä tai rajoittaisivat radan käytettävyyttä. Muita järjestelmän tehtäviä on varmistaa liikenteellisen palvelutason täyttävän sille asetetut kriteerit sekä huolehtia kunnossapitotöiden taloudellisuudesta. (RATO 13 2004, 15)

Tarkastusjärjestelmällä varmistetaan, että rataa tarkastetaan ja kunnossapidetään säännöllisesti, ja että tarkastukset sekä tehdyt kunnossapitotoimenpiteet raportoidaan oikein. Järjestelmän ajatus on hyvä ja toimiva, mutta sen hallinnointi nykyisellä menetelmällä on haastavaa, sillä tulokset kerätään 31 eri rekisteriin, joista monet suunnittelijat suunnittelevat kunnossapitoa useilla eri sovelluksilla tai pelkästään pdf-tiedostoja analysoimalla. Nykykäytäntöä tehokkaampaa voisi olla käyttää ratatiedon hallintaan kehitettyjä ohjelmia ja kerätä tarkastustulokset keskitetysti tällaiseen sovellukseen kymmenien rekisterien sijasta. Ratatieto-ohjelmia esitellään luvussa 5.

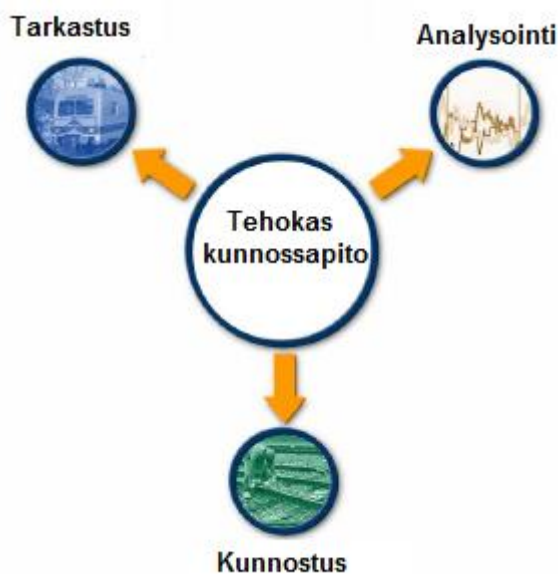
Suomessa on meneillään Ratapurkki-projekti, joka tulee keskittämään ratatiedon hallintaa. Ratapurkki on radalta kerättävän tiedon varasto ja se toimii internet-selaimen kautta extranet-pohjalla. Sen tarkoituksena on jakaa alan toimijoille niiden tarvitsemää

tietoa helposti ja keskitetysti. Muun muassa ratarekisterit kerätään Ratapurkkiin ja tarkoituksena on, että niitä voisi päivittää purkin liittymän kautta. Rekisterien lisäksi sinne tuodaan erilaisia raportteja. Ratapurkin tarkoitus ei ole korvata kunnossapidon päätöksenteon tuen ohjelmia, mutta siihen voidaan tuoda näissä tehdyt analyysit erikoisraportteina. Projektin ensimmäinen versio otettiin käyttöön 2010 (Haapalahti, Seppä & Lane 2010, 6).

4 RADAN TARKASTUS

4.1 Radan kunnan seuranta

Radan kunnan varmistamiseksi kunnossapitäjä suorittaa erilaisia tarkastusmittauksia ja -katselmuksia. Näitä esitellään kappaleissa 4.3 ja 4.4. Pelkästään tarkastusmittaukset ja -katselmuksukset eivät itsessään riitä, vaan niistä saatu tieto pitää käsitellä ja analysoida, jotta tarvittavat korjaustoimenpiteet voidaan priorisoida ja aikatauluttaa. Kuvassa 6 on esitetty tehokkaan kunnossapidon avainelementit. Niitä ovat tarkastus, analysointi ja kunnostus. Kunnossapitäjä tarkastaa rataa, jotta varmistutaan turvallisesta liikennöinnistä radalla. Tarkastustuloksia analysoimalla paikannetaan ratarakenteiden ongelmat, jolloin kunnostukseen varatut resurssit pystytään kohdistamaan ja kunnostustoimenpiteet käynnistämään.



Kuva 6 Kunnossapidon avainelementit (ERDMANN-Software 2013)

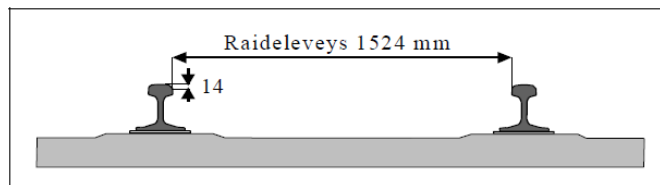
Suomessa mittauksilla kerätyt tiedot päivitetään rekistereihin. Rekistereistä tietoa tarvitsevat tahot lataavat tarvitsemansa aineistot ja jatkokäsittelevät niitä tarpeidensa mukaan. Rautatien kunnossapitosuunnittelijan voi olla vaikeaa saada kokonaiskuvaa radan kunnosta, koska tieto on pilkottu lukuisiin erillisiin rekistereihin. Maailmalla onkin käytössä kunnossapidon päätöksenteon tueksi kehitettyjä ohjelmistoja, jotka helpottavat tietojen käsittelyä ja kokonaiskuvan hahmottamista. Ohjelmistojen toiminta perustuu pitkälti kaiken erillisen mittausdatan integroimiseen samaan

paikkakoordinaatistoon ja sen visualisointiin analysoinnin helpottamiseksi. Näistä ohjelmistoista kerrotaan lisää luvussa 5. Suomessakin on kehitetty tähän tarkoitukseen ohjelmisto, Railway Data Management System (RDMS), joka on Road Doctor Designer-ohjelmiston rautatiesovelluksiin luotu versio. Kyseisen ohjelman on kehittänyt tämän työn tilaaja, Roadscanners Oy.

4.2 Tarkastettavia suureita

Jotta lukijan olisi helppo ymmärtää seuraavassa kappaleessa käsiteltäviä asioita, on tärkeää hallita muutamia radan peruskäsitteitä. Joten ennenkuin siirrytään radan tarkastusmittauksiin ja –katselmuksiin tutustutaan tässä muutama radasta tarkastusvaunuilla mitattaviin perussuureisiin. Käsiteltävät suuret ovat raideleveys, raiteen kallistus, korkeuspoikkeama, kierous, nuolikorkeus ja –poikkeama sekä ajolangan kaltevuus ja siksak.

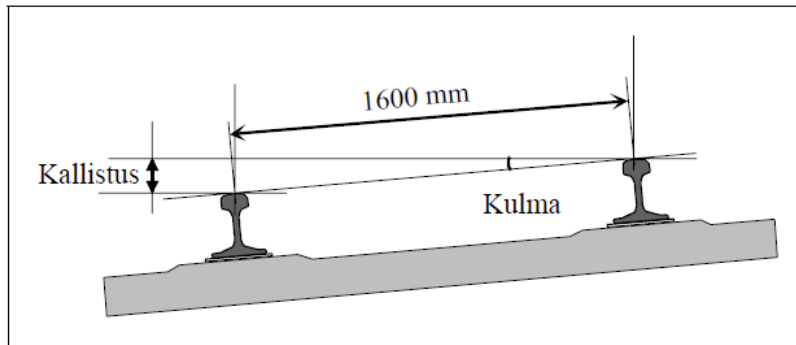
Raideleveys kuvaa kiskojen kulkupintojen välistä lyhintä etäisyyttä ja se on esitetty kuvassa 7. Raideleveyttä tarkaillaan, sillä sen kasvaessa tai pienentyessä liiallisissa määrin juna suistuisi raiteiltaan.



Kuva 7 Raideleveys (RATO 13 2004)

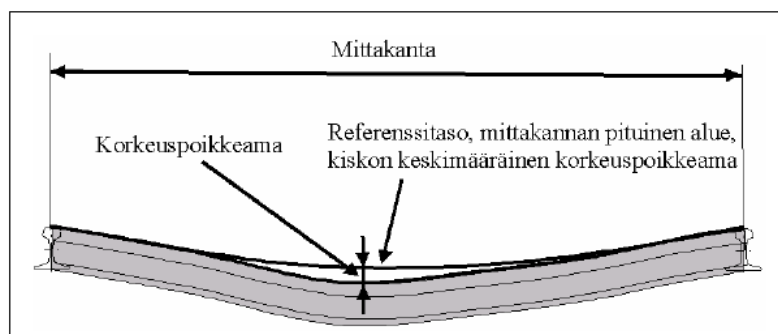
Raiteen kallistuksella tarkoitetaan kiskojen kulkupinnan ja vaakasuoran horisontin välistä kulmaa (RATO 13 2004, 7). Junan kulkiessa kaarteessa matkustajiin kohdistuu poikittaiskiihtyvyyttä. Suurin osa ihmisistä kokee poikittaiskiihtyvyyden epämiellyttävänä tunteena, joten raide kallistetaan matkustusmukavuuden parantamiseksi. Raiteeseen jätetään silti pieni kallistuksenvajaus, vajaus tasapainokallistukseen nähden, jolloin matkustajille jää tunne, että mennään kaarteessa. Kallistuksenvajaus suunnitellaan tietylle nopeudelle. Jos se halutaan mitoittaa esimerkiksi nopean matkustajajunan mukaan, pitää ottaa myös huomioon rataa mahdollisesti käyttävät raskaat ja hitaammin kulkevat tavarajunat. Kuvasta 8 näkyy, mikä mitta kuvaa kallistusta.

Rakenteiden routuminen on yksi kallistusvirheitä synnyttävä tekijä. Siitä aiheutuvia ongelmia ovat haitallisen poikkittaiskiihtyvyyden kasvu ja uusien ongelmien kuten nuolikorkeuspoikkeamien muodostuminen.



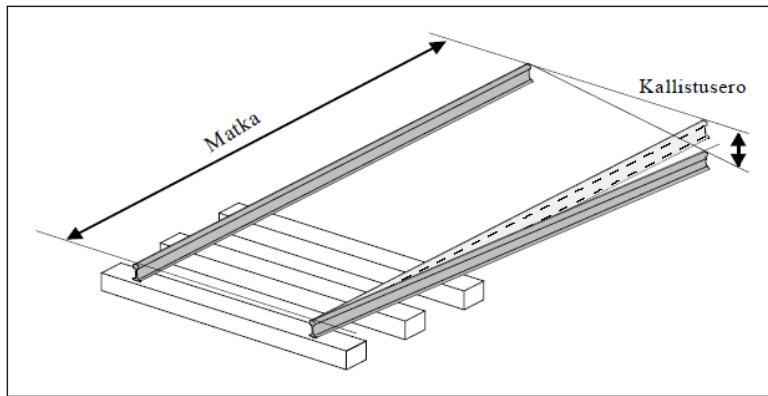
Kuva 8 Raiteen kallistus (RATO 13 2004)

Korkeuspoikkeama (kuva 9) on korkeussuuntainen poikkeama kiskon kulkupinnassa verrattuna referenssitasoon eli keskimääräiseen raiteen korkeustasoon (RATO 13 2004, 8). Korkeuspoikkeama on yksi suureista, joiden avulla selvitetään routimisen vaikutuksia. Muut routimisen kannalta tärkeät suureet ovat kallistus ja kierous. Poikkeamat johtavat nopeusrajoitusten asettamisiin ja yleensä ne havaitaan Emma-vaunun mittaustuloksista. (Soininen 2013, 40)



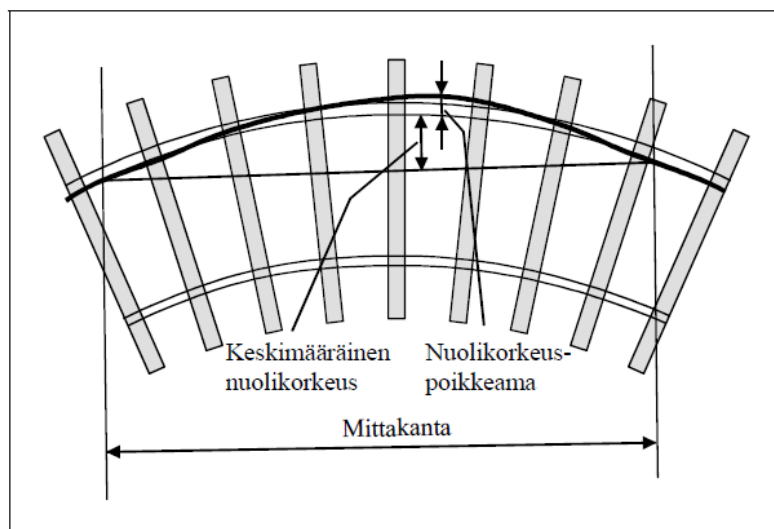
Kuva 9 Korkeuspoikkeama (RATO 13 2004)

Kierous kuvaa vierekkäisten kiskojen kallistuseroa (kuva 10). Kiskojen iso kierous varsinkin kaarteissa voi nostaa vaunun pyörän kiskon päälle, pyörän laipan ja kiskon välisen kitkan vaikutuksesta, suistaen junan (Taimela 2011, 91). Rataturvallisuuden varmistamiseksi kierous onkin pidettävä hyvin kontrolloituna.



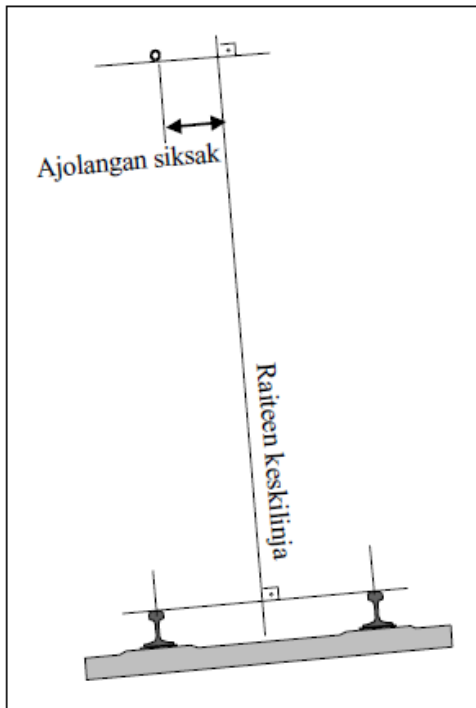
Kuva 10 Kierous (RATO 13 2004)

Nuolikorkeus on kiskon suurin sivuttaissuuntainen poikkeama mittakannan pituisesta suorasta jänteestä (RATO 13 2004, 9). Nuolikorkeuspoikkeama on poikkeama keskimääräisestä nuolikorkeudesta, kuten kuva 11 näyttää. Yleensä routanousut aiheuttavat nuolikorkeusvirheitä ja poikkeamien kasvaessa liian suuriksi, tämä johtaa nopeusrajoitusten asettamisiin. (Helaja 2010, 12).



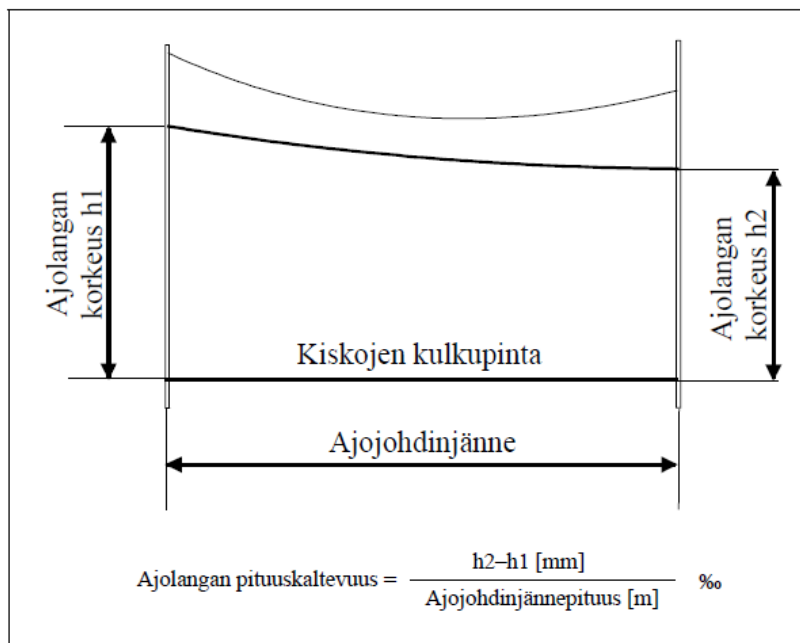
Kuva 11 Nuolikorkeus ja -poikkeama (RATO 13 2004)

Ajolangan siksak tarkoittaa langan kohtisuoraa etäisyyttä radan keskipisteeseen (kuva 12). Virroittimessa olevan kontaktihiilen tasaisen kulumisen saavuttamiseksi ajolanka asennetaan siksak-kuvion muotoon (Saarinen 2009, 9).



Kuva 12 Ajolangan siksak (RATO 13 2004)

Ajolangan pituuskaltevuus (kuva 13) on kahden peräkkäisen ripustuspisteen välinen korkeusero. Pituuskaltevuutta mitataan ELLI-mittausvaunulla, josta kerrotaan lisää kohdassa 4.3.1 Tarkastusvaunumittaukset. (Saarinen 2009, 33)



Kuva 13 Ajolangan pituuskaltevuus (RATO 13 2004)

4.3 Rakenteen tarkastusmittaukset

Radan kunnossapidämiseksi radalle suoritetaan monenlaisia tarkastuksia. Seuraavaksi esitellään liikenneviraston hallinnoimilla radoilla tehtäviä tarkastusmittauksia.

4.3.1 Tarkastusvaunumittaukset

Tarkastusvaunuilla tarkastetaan koneellisesti raiteen ja sähköistetyllä radalla ajolangan geometrinen kunto sekä suhteellinen asema. Raiteen ja ajolangan geometrisen kunnan tulee täyttää niille asetetut turvallisuusvaatimukset. Tarkastusvaunun raiteesta keräämät suuret ovat raideleveys, kallistus, korkeuspoikkeama, kierous ja nuolikorkeus. Ajolangasta saadaan tietää korkeus, siksak ja langan pituuskaltevuus. (RATO 13 2004, 19)

Radan geometriaa mittaa pääasiassa Emma-tarkastusvaunu (Plasser-Theurer EM-120), jonka mittaustiheys on radan kunnossapitotasosta riippuen vähintään kaksi kertaa vuodessa. Toinen käytössä oleva tarkastusvaunu on Elli, jonka tarkastustiheys on kerran vuodessa ja sillä keskitytään mittaamaan sähköistettyä rataa. Elli mittaa ajolangan lisäksi kiskojen kuluneisuutta. (Hämeen Sanomat 2007) Alla on kuva Emma ja Elli-vaunuista (kuva 14). Kuvassa keltainen vaunu on Emma ja sininen Elli.



Kuva 14 Emma ja Elli-mittausvaunut (Hämeen Sanomat 2007)

4.3.2 Kiskojen ultraäänitarkastukset

Kiskojen ja vaihteiden sisäiset viat paljastetaan ultraäänitarkastuksella (kuva 15). Tästä saatujen tulosten avulla kiskojen kunnostus ja vaihto voidaan onnistuneesti suunnitella. Tarkastus tehdään joko kävellen tai mittausajoneuvolla, jonka aikana tarkastaja dokumentoi viat ja merkitsee vikakohtat esimerkiksi vedenpitävällä liidulla kiskoon. Useimmat viat eivät johda kiskojen murtumaan välittömästi. Vikojen murtumaan johtavaan kasvuun vaikuttavat liikennekuormituksen suuruus ja kiskoissa olevien jännitysten vaihtelu. Tarkastustiheys määräytyy monista tekijöistä, yhtenä raiteen kunnossapitotaso. Tarkastukset on kuitenkin tehtävä vähintään 5 vuoden välein ja joissain paikoissa jopa kerran vuodessa. (RATO 13 2004, 28-31)



Kuva 15 Ultraäänitarkastus (Hassi 2012)

4.3.3 Raidevoimamittaukset

Liikkuva kalusto aikaansaa rataa pysty- ja vaakasuuntaisia voimia. Näitä voimia voidaan mitata erityisellä mittauspyöräkerralla ja tätä kutsutaan raidevoimamittaukseksi. Raidevoimia mitataan liikkuvan kaluston kulkuominaisuuksien selvittämiseksi sekä radan geometrian laadun varmistamiseksi esimerkiksi silloin, kun epäillään matkustusmukavuuden heikkenemistä. (RATO 13 2004, 24)

4.3.4 Kiihtyvyydsmittaukset

Kiihtyvyydsmittausten tarkoituksena on mitata liikkuvan kaluston kulkuominaisuuksia. Pysty- ja poikittaiskiihtyvyyttä mitataan vaunun koriin ja teliin kiinnitetyillä kiihtyvyyssantureilla. Kiihtyvyydsmittaukset paljastavat paljon myös radan geometrian laadusta, kuten radan sivu- ja korkeussuunnan poikkeamia sekä kaarresäteen epätasaisuutta. (RATO 13 2004, 23)

4.3.5 Aukean tilan ulottuman mittaus

ATU:n eli aukean tilan ulottuman mittauksen tarkoituksena on varmistaa ettei sille varatulla alueella ole esteitä. Näin varmistutaan, että liikkuva kalusto pääsee kulkemaan turvallisesti. (RATO 13 2004, 27) ATU-mittaukset tehdään laserkeilainlaitteistolla.

4.3.6 Jatkosrakojen tarkastusmittaus

Vääränmittaiset jatkosraot voivat edesauttaa hellekäyrien syntymistä, jatkospölkkyjen rikkoutumista ja lisätä sidekiskopulttien ja –reikien murtumista. Jatkosrakojen tarkastusmittauksella tarkistetaan, että jatkosraot ovat tarpeeksi suuret kiskoissa tapahtuvalle lämpölaajenemiselle. (RATO 13 2004, 27)

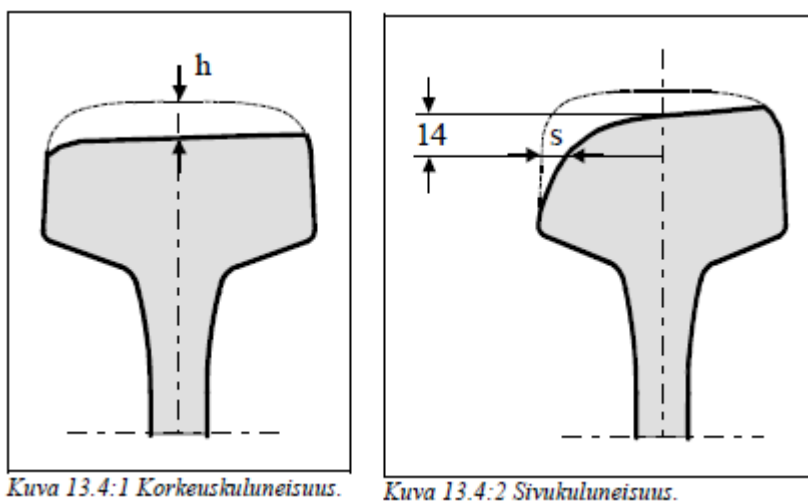
4.3.7 Vaihteiden tarkastus

Koska vaihteet ovat erittäin keskeisiä laitteita radalla liikennöinnin kannalta, on niiden tarkastustoimintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. RATO 14 ”Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito” määrittelee yksityiskohtaiset ohjeet vaihteiden tarkastuksille.

4.3.8 Ratakiskojen kuluneisuusmittaus

Kiskoista mitataan korkeus- ja sivukuluneisuus, kun niiden kuluneisuutta on syytä epäillä (RATO 13 2004, 32). Kuvassa 16 on havainnollistettu, mitä kiskojen

kuluneisuudella tarkoitetaan. Kuluneisuus voidaan havaita esimerkiksi kävelytarkastuksessa tai kun muiden mittaustulosten käsittelyn yhteydessä havaitaan raidelevyyden kasvua, jonka voidaan epäillä johtuvan kiskon kuluneisuudesta (RATO 13 2004, 32).



Kuva 16 Kiskon kuluneisuus (RATO 13 2004)

4.3.9 Ratakiskojen kulkupinnan mittaus

Kiskojen kulkupintaa mitataan koneellisesti ja sen perusteella päätetään kiskojen profiloinnin tarpeesta. Profilointimenetelminä on käytössä höyläys ja hionta. (RATO 13 2004, 35)

4.3.10 Käsinmittaus

Kun geometrian kunnon ja raiteen liikennöitävyyden varmistamiseksi ei ole muita keinoja tarjolla, voidaan käyttää käsinmittausta. Käsinmittauksella tarkoitetaan alle 25 kN rataa kuormittavan mittavälineen käyttöä. Samalla tehdään silmämääräistä tarkastelua, jossa kiinnitetään huomiota muun muassa tukikerroksen muotoon ja riittävyteen. (RATO 13 2004, 36)

4.3.11 Maatutkaus

Kaikki aiemmin mainitut tarkastusmittaukset on lueteltu RATO:ssa. Niiden lisäksi maatutkaus on yksi toimiva menetelmä kunnossapidon hallinnassa. Sitä käytetään radan kunnossapito- ja saneeraussuunnittelussa. Tutkaustuloksista voidaan laskea esimerkiksi tukikerroksen hienontuneisuus ja nähdä rakennekerrosten paksuus sekä selvittää radan geometriaongelmien syitä (Silvast, Nurmikolu, Wiljanen & 2013, 1). Kuvassa 17 Roadscanners Oy on suorittamassa maatutkamittauksia kesällä 2013. Maatutkauksen yhteydessä kerätään yleensä myös paikkatietoa, videokuvaa sekä laserkeilausaineistoa.



Kuva 17 Maatutka-, ratavideointi- ja laserkeilauslaitteisto asennettuna TKA-7 ratakuorma-autoon

4.4 Tarkastuskatselmukset

Seuraavaksi esitellään liikenneviraston hallinnoimilla radoilla tehtäviä katselmuksia. Ratakiskojen luokittelukatselmus ja ratapihan tarkastus on rajattu pois.

4.4.1 Kävelytarkastus

Kävellen tehtävä tarkastus on näköhavaintoihin perustuva tarkastusmuoto, jonka apuna voidaan käyttää mittalaitteita. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota päällysrakenteeseen (pölkkyt, kiskot, tukikerros), geometriaan, rumpuihin, alusrakenteeseen, laitteisiin ja merkkeihin, ympäristöön, rakennelmiin sekä vaihteisiin. Tarkastaja dokumentoi havainnot. (RATO 13 2004, 39)

4.4.2 Turvalaitetarkastus

Turvalaitteille tehdään määräaikaistarkastuksia, jotta saadaan selville ne huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet, joita on tehtävä määräaikaishuollon lisäksi turvalaitteiden tavoitetason säilyttämiseksi. Samoin kuin muidenkin tarkastusten, tämänkin tarkastuksen tehtävänä on varmistaa radalla kulkevan liikenteen turvallisuus. (Härkönen 2012, 4)

4.4.3 Siltatarkastus

Silloille tehtäviä tarkastuksia ovat kävely-, vuosi-, yleis- ja erikoistarkastukset. Tarkastukset ovat pääosin silmämääräisiä, poikkeuksena erikoistarkastukset jolloin käytössä on oltava riittävät tutkimuslaitteistot. (RATO 8 2013, Liite 4B) Tarkastukset raportoidaan ja viat valokuvataan.

4.4.4 Tarkastus liikkuvasta kalustosta

Tarkastus liikkuvasta kalustosta tarkoittaa aistinvaraista tarkastusta liikkuvasta kalustosta käsin. Tällöin pyritään havaitsemaan raidevirheitä sekä muita kunnossapitoon ja turvallisuuteen vaikuttavia asioita kuten opastimien näkyvyys, kuivatuksen toimivuus tai tasoristeysnäkemä. (RATO 13 2004, 39)

4.4.5 Radan merkkien katselmus

Merkit tarkastetaan kävelytarkastuksen ja liikkuvasta kalustosta tehtävän tarkastuksen yhteydessä. Huomiota kiinnitetään merkkien sijoitukseen, maali- ja heijastuspintojen kuntoon, tolppien suoruuteen ja kiinnityksiin. (RATO 13 2004, 40)

5 RAMSYS, IRISSYS ja OPTRAM



5.1 Yleistä

Tämä luku käsittelee radan kunnossapidon päätöksenteon tueksi kehitettyjä ohjelmia ja pohtii, mistä tarpeet kyseisille ohjelmistoille ovat syntyneet. Esiteltävät ohjelmat ovat RAMSYS, IRISSYS ja OPTRAM. RAMSYS on käytössä muun muassa Australiassa, Ranskassa ja Italiassa. OPTRAM:ia käytetään esimerkiksi Ruotsissa, USA:ssa ja Iso-Britanniassa. IRISSYS taas on käytössä Hollannissa, Sloveniassa ja Norjassa. Tarkempi lista ohjelmien referensseistä on liitteessä 2.

Kaikilla rautatieorganisaatiolla on oikeastaan samat tavoitteet, jotka ovat:

- liikenneturvallisuuden parantaminen eli onnettomuuksiin johtavien riskien pienentäminen
- rataverkon käytettävyyden maksimoiminen
- kunnossapitokustannuksien pienentäminen ja rataomaisuuden käyttöään pidentäminen. (Mermecgroup)

Jotta nämä tavoitteet saavutettaisiin radan kunnossapitäjä tarvitsee sopivat työkalut kunnossapidon ja saneerauksien suunnitteluun ja hallintaan (Mermecgroup). RAMSYS, IRISSYS ja OPTRAM ovat tähän tarkoitukseen luotuja ohjelmistoja.

RAMSYS:ta kuvaillaan radan kunnossapidon ja rakenteen parantamisen suunnittelun ja hallinnan perustana (Mermecgroup). IRISSYS taas kiteytetään kunnossapitoprosessin työkaluksi, joka tukee käyttäjää aina radan tarkastuksista lähtien niiden analyysiin ja tarvittaviin toimenpiteisiin (ERDMANN-Software 2013, 3). Bentleyyn OPTRAM:in puolestaan mainostetaan pystyvän parantamaan kunnossapidon strategioita ja suunnittelua kustannustehokkaammaksi sekä varmistamaan radalla liikennöinnin turvallisuuden säilyttämisestä (Bentley).

Nämä kolme tarkasteltavaa ohjelmistoa ovat hyvin samankaltaisia. Jokaisen kunnossapitostrategia perustuu ennaltaehkäisevään kunnossapitoon. Tämä strategia vaatii rautatiesysteemin tarkastelun kokonaisuutena ja kulumistrendien laatimista. Kulumistrendien pohjalta voidaan määrittellä milloin ja mitä toimenpiteitä radalle tulisi tehdä jotta ongelmilta vältytään.

5.2 Toimintaperiaatteet

IRISSYS-ohjelman keskeisenä ajatuksena on tarkastella rautatiesysteemia kokonaisuutena, jolloin tuloksena saadaan kaikki rautatietä kuluttavat tekijät ja niiden keskinäiset riippuvuudet voidaan tunnistaa ja arvioida (ERDMANN-Software 2013, 3). Samaa ajatusmallia soveltavat myös RAMSYS ja OPTRAM.

Kuten aiemmin mainittu, rautatieorganisaatiolla ympäri maailmaa on samat tavoitteet. Koska RAMSYS, IRISSYS ja OPTRAM ovat luotu samoja tarpeita vastaamaan ovat ne toiminnoiltaan muodostuneet samankaltaisiksi.

Jokainen ohjelmisto esittelee toimintaperiaatettaan 3- tai 4-vaiheisena. Vaiheet ovat datan keräys ja hallinta, analysointi, suunnittelu ja jälkiseuranta. Jokainen kuvaa tietysti vaiheita hieman eri tavoin. Esimerkiksi RAMSYS-ohjelmassa painotetaan toimenpiteiden jälkiseurantaa ja OPTRAM:ssa ei eritellä analysointia ja suunnittelua.

Seuraavaksi esitellään RAMSYS-ohjelman toimintaperiaatteen vaiheet tarkemmin. OPTRAM ja IRISSYS jätetään tässä läpikäymättä, perusteena ohjelmien samankaltaisuudesta aiheutuvan toiston minimointi.

5.2.1 Datan keräys

Kaikissa päätöksentekoprosesseissa olemassa olevan datan arvioinnilla ja puuttuvien tietojen keräyksellä on ratkaiseva merkitys. Mittausvaunuista, tuentakoneista yms. saatu aineisto voidaan ladata suoraan analysointiohjelmiston tietokantaan säästäten aikaa ja

vaivaa sekä tarpeetonta tiedostojen siirtelyä ja useaan kertaan eri paikkoihin syöttämistä näin ollen nopeuttaen tiedonkulun prosessia. (Mermecgroup)

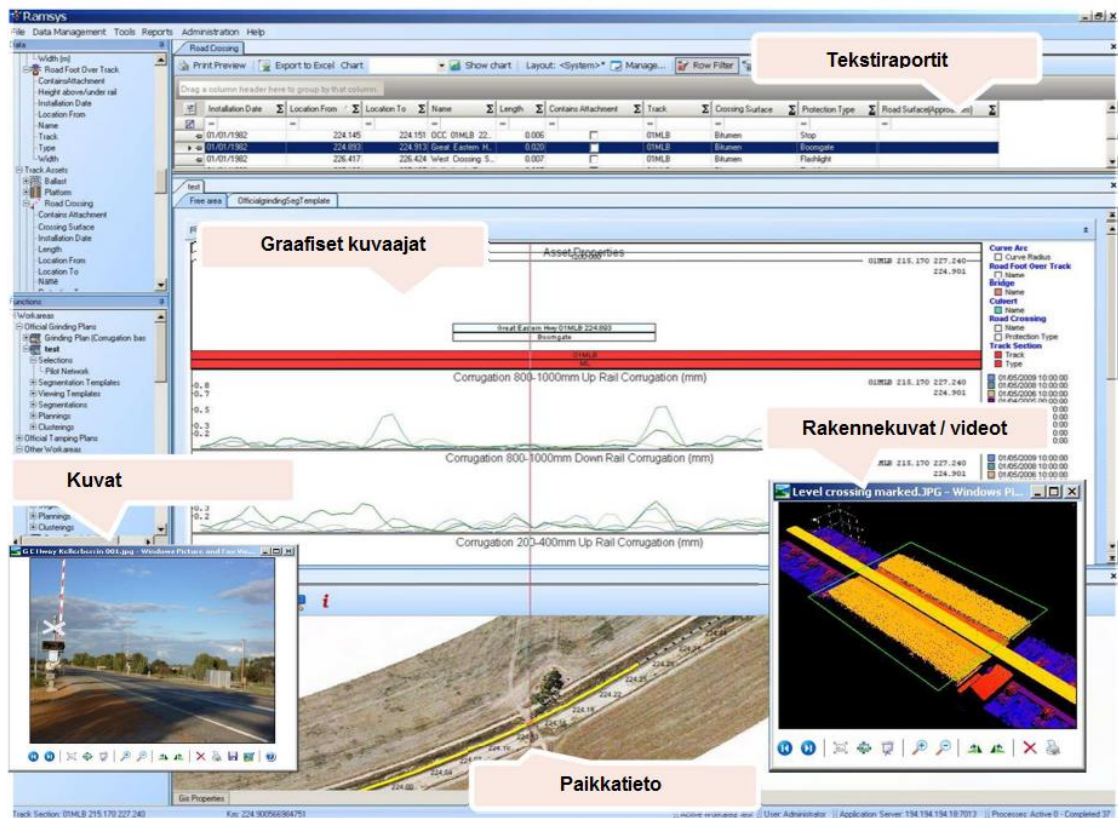
Tietojen syöttö on automatisoitu niin pitkälle kuin mahdollista, jotta toimenpiteeseen tarvittava aika olisi mahdollisimman lyhyt sekä inhimillinen virhe pieni. Tietojen tullessa varmentamattomasta lähteestä ne todennetaan ennen käyttöönottoa. Myös tietojen todentaminen on automatisoitu. (Mermecgroup) Ennen analysointia ohjelmaan syötettyä aineistoa joudutaan yleensä esikäsittelemään. Esimerkiksi äärimmäisen tärkeää on mittaustulosten kohdistaminen. Datan kohdistamista käsitellään myöhemmin kappaleessa 5.3.1.

5.2.2 Tulosten analysointi

Rautatieinfrastruktuuriomaisuus on joko pistemäistä (pyörät, hitsausaummat) tai lineaarista (kiskot, pölkkyt, sepeli, alusrakenne). Lineaarille omaisuudelle on ominaista sen pituus ja jatkuvuus ja sen analysointi on monimutkaisempaa kuin pistemäisen omaisuuden, sillä jatkuvan omaisuuden olosuhteet ja käyttäytyminen voivat vaihdella eri kohdissa rataa esimerkiksi pohjamaan ominaisuuksien vaihtelusta johtuen. (Mermecgroup)

Selvittäessä lineaarisen omaisuuden paikallisia eroja, voidaan mittausaineisto jakaa lyhyempiin osiin analysoinnin hallinnoitavuuden mahdollistamiseksi. Analysointiohjelmistojen avulla aineistosta voidaan segmentoida dynaamisesti lineaariset objektit ja analysoida pistemäisen ja lineaarisen omaisuuden päällekkäisyyksien vaikutuksia. Ohjelman tyypillinen data-analysointi sisältää (kuva 18):

- mittausten paikallistamisen ja tietojen varmentamisen
- useiden data tyyppien kohdentamisen keskenään
- integroidun datan visualisoimisen käyttäen GIS (Geographic Information System) temaattista-, teksti-, visuaali- ja lineaarigraafista moodia
- uusien parametrien laskemisen datasta, vikojen etsinnän ja määrittelyn
- aikaan sidotun radan kunnan analysoinnin. (Mermecgroup)



Kuva 18 Aineistonäkymä RAMSYS-ohjelmasta, Kuvaan on merkitty eri aineistolajit. (Evangelisti 2012)

Analysointiohjelmiston avulla voidaan suorittaa useita erilaisia radan kuntoon liittyviä analyysejä, rakenteen kulumisnopeuden mallintamiseksi ja kunnossapidon optimoimiseksi. Tällöin saavutetaan optimaalinen tieto kunnossapidon- ja saneeraussuunnittelun toimenpiteistä ja ajankohdista. Ohjelmistoihin voi asettaa myös kynnysarvoja ja muita sääntöjä, joiden määrittämisen jälkeen ohjelma suorittaa automaattisia parametrilaskelmia annetuilla spesifikaatioilla. Tällainen toimintamalli vaatii vähemmän aikaa ja on selvästi tehokkaampi kuin manuaaliset tulkinnot. Menetelmä mahdollistaa myös perusteellisia analyysejä ratainfrastruktuuriomaisuudesta ja sen käyttäytymisestä ilman riskiä inhimillisistä virheistä. (Mermecgroup)

5.2.3 Kunnossapidon ja saneerauksien suunnittelu

Ennaltaehkäisevän kunnossapidon suurin haaste on määrittellä missä ja milloin radan tarkastukset ja kunnossapitotoimenpiteet tulisi tehdä (Erdmannsoftware). Ratatiedon hallintaohjelmisto tukee kunnossapidon päätöksentekoprosessia seuraamalla erilaisia parametreja ja niihin pohjautuvia kulumismalleja. Näitä analysoimalla se ennustaa

milloin radalle asetut sallitut rajat ylittyvät, ja ehdottaa tarvittavia toimenpiteitä tai tarkastuksia. Kun ohjelmaan on syötetty tarvittavat lähtötiedot, se pystyy automaattisesti tuottamaan priorisoituja työjärjestyslistoja, osoittaen tarkasti missä ja milloin kunnossapitotoimenpiteitä tarvitaan. (Mermecgroup)

5.2.4 Kunnossapidon hallinta

Kunnossapidon hallinta on iso osa kunnossapitotoimintaa, jota ei sovi unohtaa. Kunnossapidon hallintaan kuuluu muun muassa toimenpiteiden onnistumisen arviointi, tulevien toimenpidetarpeiden ennustaminen ja vaihtoehtoisten toimenpideratkaisujen arviointi. Pelkästään kriittisten osien kuten vaihteiden kunnossapidon kontrollointi ei riitä, vaan rautatieoperaattorien täytyy jatkuvasti pitää kunnossapito kokonaisvaltaisesti kontrolloituna. (Mermecgroup)

Suunnittelun lopputulokselle on suuri vaikutus sillä, miten päätöksentekoon liittyvät säännöt ja ehdot määritellään ja miten kynnyksarvot asetetaan. Näiden määrittely onkin haastavaa eikä sen avuksi voida antaa suoraviivaisia, yleismaailmallisia ohjeita, vaan jokaisen rautatieoperaattorin on tutkittava ja sovellettava omaan rataverkkoonsa sopivat rajat ja ehdot simuloimalla erilaisia kunnossapitostrategioita ja päätöksentekoehtoja sekä -sääntöjä. (Mermecgroup) Kynnyksarvoille Euroopan alueella Euroopan Unioni on määrännyt omat spesifikaationsa, joita ei saa ylittää.

Päätöksenteon automatisoimiseksi tarvittavien ehtojen ja sääntöjen luominen on äärimmäisen monimutkainen ja vaikea tehtävä. Ratatiedonhallintaohjelmistoihin on kehitetty toimintoja, joiden avulla käyttäjä pystyy tekemään hienostuneita simulaatioita ja kehittämään sekä löytämään parempia sääntöjä ja ehtoja päätöksentekoprosessin automatisoimiseksi.

5.3 Näkymät

Tämä kappale käsittelee ohjelmien erilaisia toimintoja ja näkymiä. Erilaiset ominaisuudet esitellään omissa alakappaleissaan. Kappaleissa ei esitetä samaa toimintoa

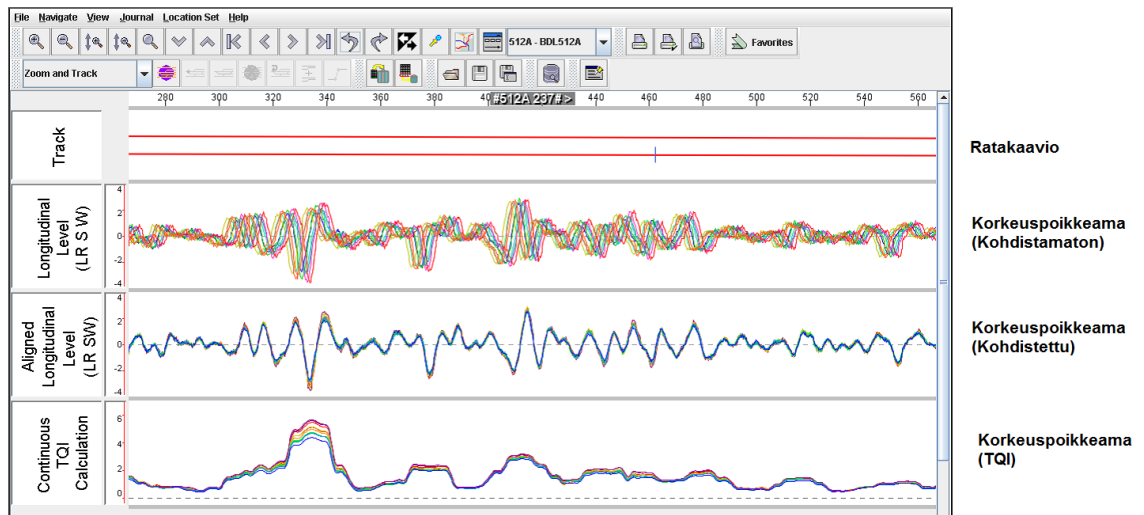
jokaisesta ohjelmasta, vaan esittelyyn on otettu kuva tai kuvia ohjelmasta, jossa kyseinen toiminto voidaan esittää selkeästi ja helposti ymmärrettävästi.

5.3.1 Mittausten kohdistaminen ja käsittely

Luotettavien analyysien aikaansaamiseksi, mittausten tarkka kohdistaminen on tärkein perustoiminto. Mittausten alustava sijoittaminen tehdään mittauksen aikana tallennetun GPS- tai ratametritiedon perusteella, jonka jälkeen ohjelma kohdistaa ne tarkasti vertaamalla uusia mittaustuloksia vanhoihin. (Erdmannsoftware) Jos mittauksia ei kohdistettaisi keskenään, niin ne eivät olisi vertailukelpoisia, eikä tällöin pystyttäisi seuraamaan esimerkiksi eri elementtien kulumisnopeuksien kehitystä yms. Kuvassa 19 ja 20 on esitetty, miltä tulokset näyttäisivät ennen kohdistamista ja sen jälkeen.

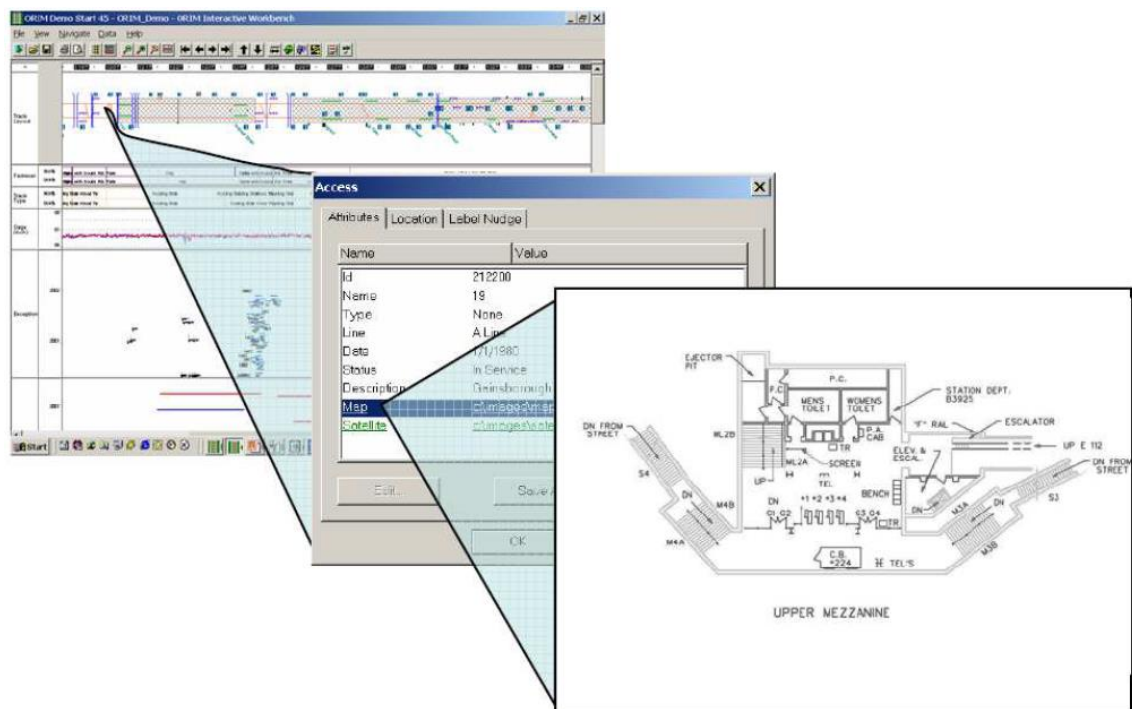


Kuva 19 Datan kohdistaminen (Evangelisti 2012)

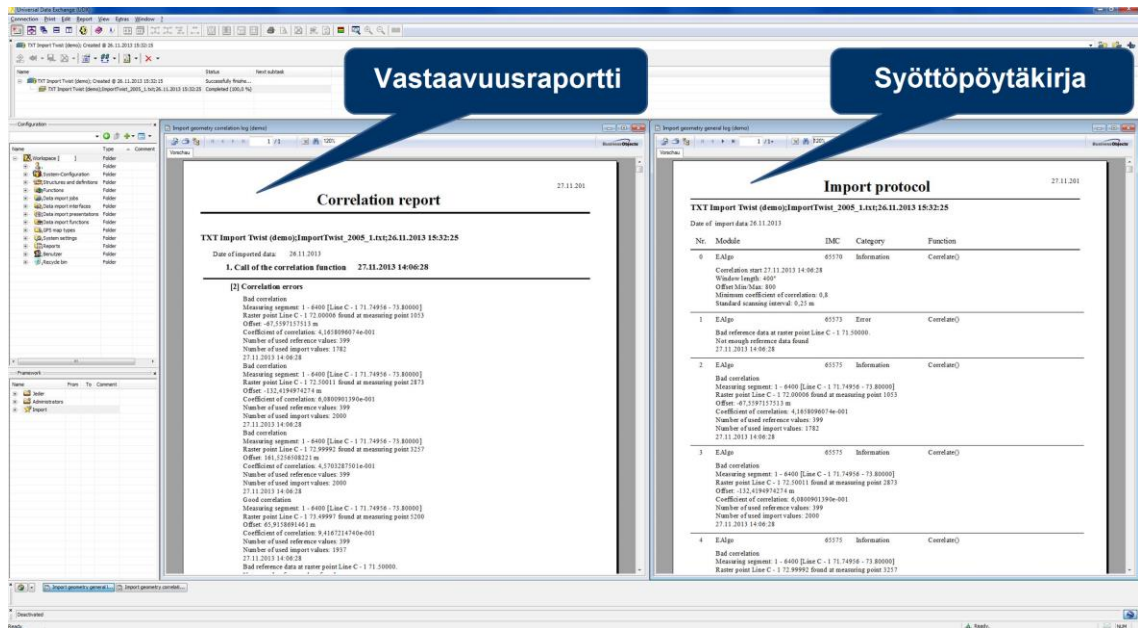


Kuva 20 OPTRAM kohdistaa eri aikaan tehdyt mittaukset (Spännar 2013)

Ennen analysointia ohjelmaan tuodaan mittaustulosten lisäksi muun muassa erilaisia kartoja, video- ja kuvatiedostoja, raporteja yms. ja ne linkitetään oikeisiin paikkoihin ratalinjalla (kuva 21). Ohjelmat myös tarkastavat syötettyjen tietojen laadun (kuva 22). Näin tekee ainakin IRISSYS.



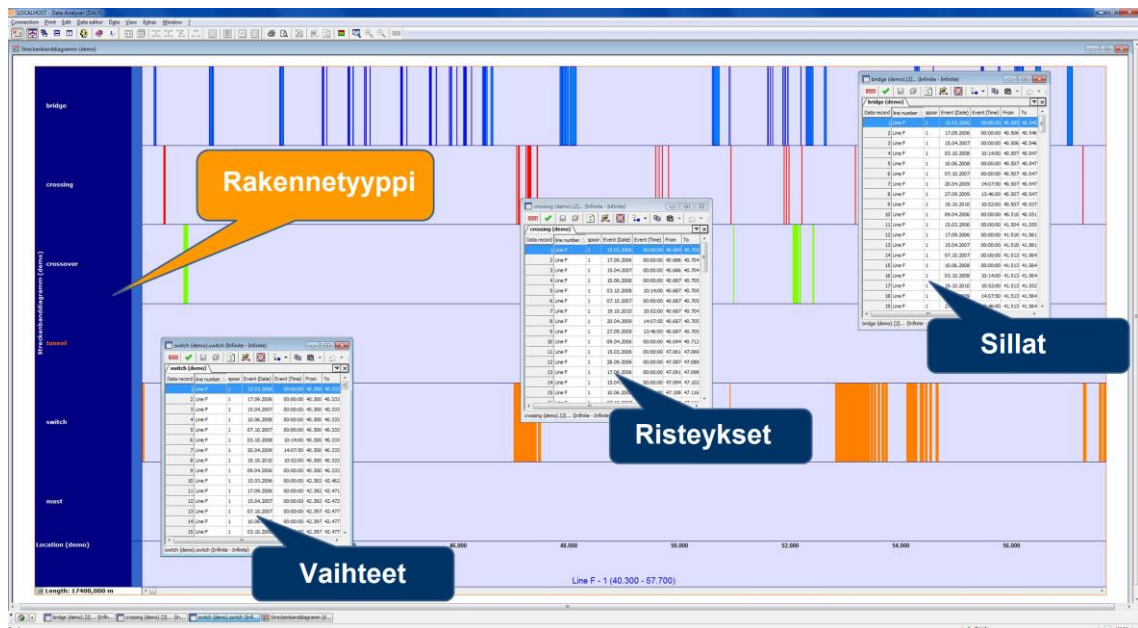
Kuva 21 Linkitys dokumentteihin ja kuviin (Bentley systems 2009)



Kuva 22 Ohjelma varmistaa tietojen laadun (Erdmannsoftware)

5.3.2 Laitteet ja rakennelmat

Pelkkien mittaustulosten esittäminen ei yleensä paljasta, mistä ongelmat johtuvat. Ratainfrastruktuurin rakenteet, kuten sillat, risteykset ja vaihteet ovat usein herkkiä paikkoja geometriavirheille. Näiden esittäminen mittaustulosten kanssa samassa näkymässä voikin auttaa selittämään, mistä ongelmat ovat peräisin. Esimerkiksi huonosti rakennettu siirtymäkiila on mahdollinen syy geometrian epätasaisuuteen. Dataa tulkittaessa onkin hyvä huomata onko ongelmakohtissa rakenteita, jotka saattavat olla vian aiheuttajia tai muutoin hankaloittaa kunnossapitotoimenpiteitä. Kuvasta 23 nähdään kuinka radan rakenteet voidaan havainnollistaa pystypalkein ja värikoodein.



Kuva 23 Rakenteet sidottuna ratakilometreihin (Erdmannsoftware)

Vaihteiden ja risteysten hallintaan on omat toimintonsa. Niille voidaan esimerkiksi laskea keskinäinen tärkeysjärjestys, jonka avulla on helppo päättää mihin kunnossapitoresursseja kannattaisi kohdistaa. Vaihte- ja risteyskohtia pystytään tarkastelemaan niin yksittäisenä pisteenä kuin lineaarisesti. (Mermecgroup) Kuva 24 havainnollistaa, miten vaihteiden tarkastukset voidaan pitää järjestelmällisesti hallinnassa. Kuvasta 25 nähdään esimerkki ratatiedonhallintaohjelman vaihteiden tarkasteluominaisuudesta.

Switch inspection dates
Survey of progress

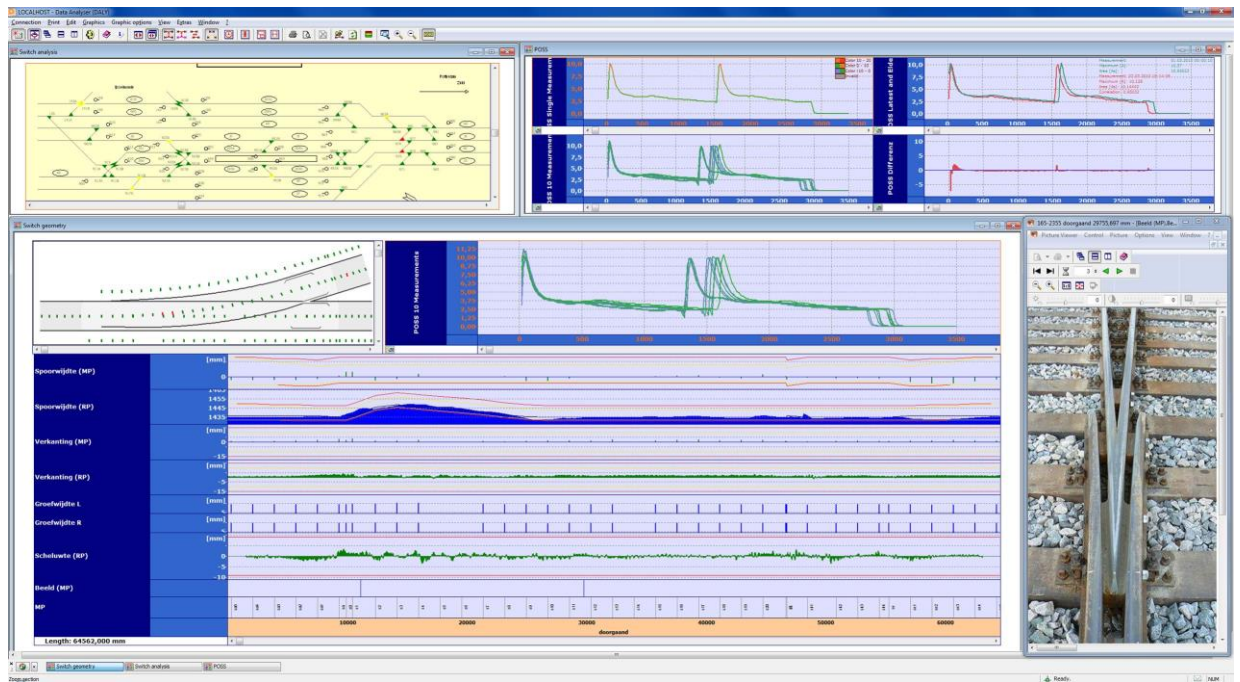
07.05.2009

Switch	Second last inspection				Deadline Progress	Last inspection			Deadline Progress	Next Inspection
	Date	Insp.	KI.			Date	Insp.	KI.		
1023 - 407	03.12.2007	GBG	B	-5m 18d	15.06.2008	GBG	B	-1m 8d	15.06.2009	
1023 - 411	03.12.2007	GBG	B	-5m 18d	15.06.2008	GBG	B	-1m 8d	15.06.2009	
1023 - 423	21.10.2007	GBG	C	-4m 6d	15.06.2008	GBG	C	-1m 8d	15.06.2009	
1023 - 425	21.10.2007	GBG	B	-4m 6d	15.06.2008	GBG	B	-1m 8d	15.06.2009	
1023 - 426					15.06.2008	GBG	B	-1m 8d	15.06.2009	
1023 - 458	21.10.2007	GBG	B	-10m 18d	03.12.2007	GBG	B	+5m 2d	03.12.2008	
1023 - 459	21.10.2007	GBG	B	-9m 28d	23.12.2007	GBG	B	+4m 12d	23.12.2008	

Colour legend:

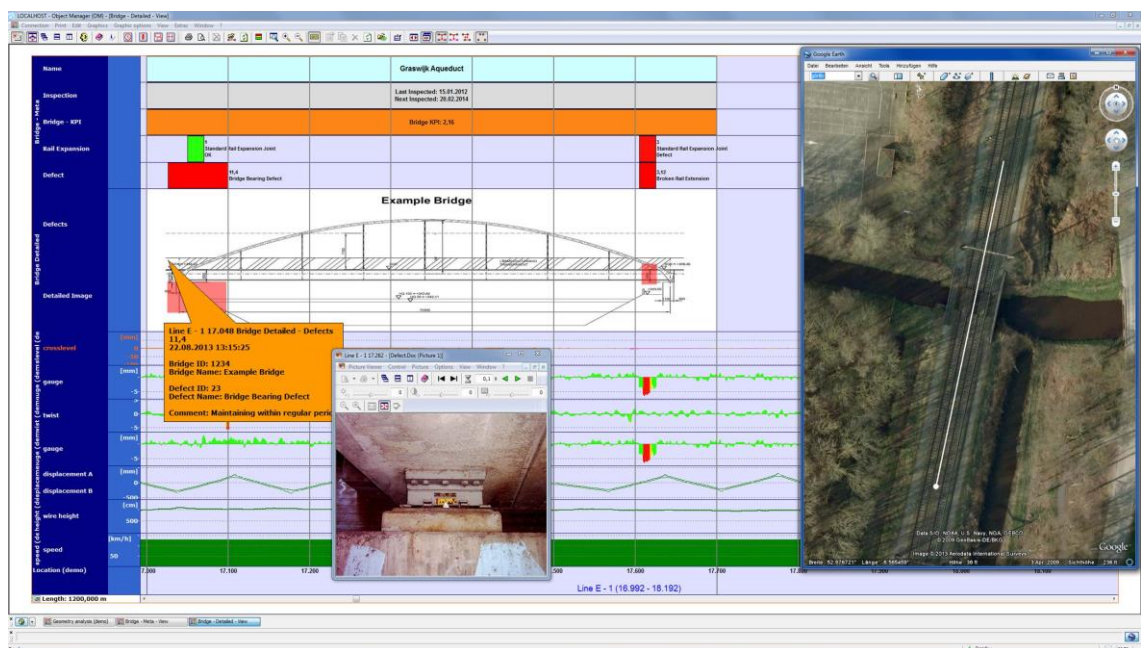
	Elapsed time since date of inspection		Next inspection date within the cycle
	Remaining time until date of inspection		Next inspection date is overdue
	Exceeding of date of inspection		

Kuva 24 Vaihetarkastusten hallinta (ERDMANN-Software 2013)



Kuva 25 Vaihegeometria- ja tulkintäkymä (Erdmannsoftware)

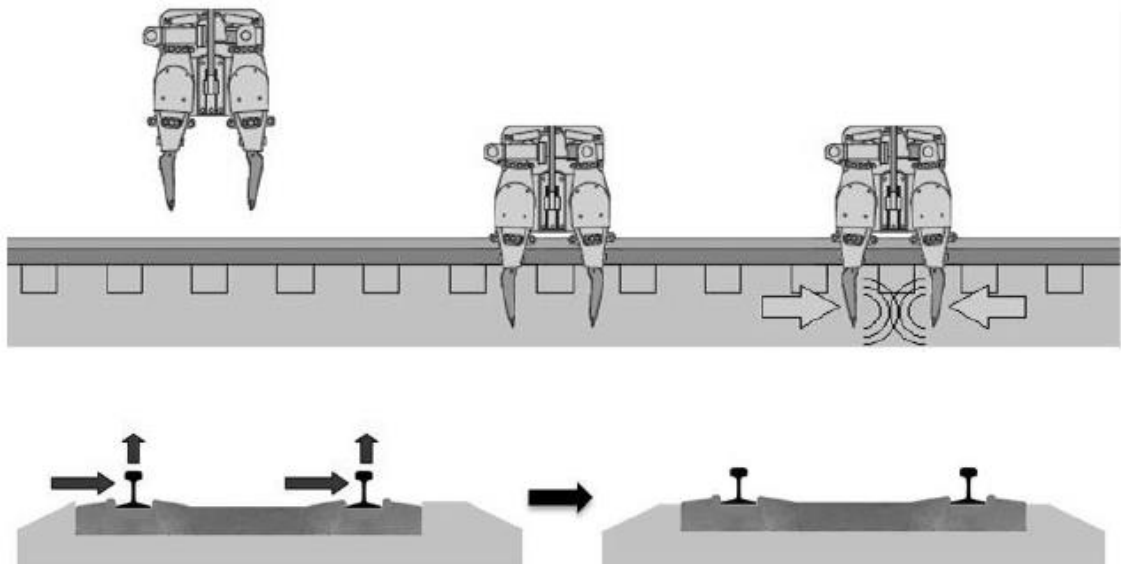
Ohjelmissa on työkalut myös siltojen ja muiden rakennelmien kunnossapidon hallintaan. Tunnistus, sijainti, kuntoluokka, historiatiedot toimenpiteistä ja vioista, kuvat sekä raportit on mahdollista käsitellä ohjelmassa keskitetysti (kuva 26). Huollon suunnittelun avuksi rakenteiden parametreille voidaan asettaa kynnsarvoja ja sääntöjä, jonka jälkeen ohjelma pystyy automaattisesti tekemään useita toimintoja kuten esimerkiksi laatia kulumistrendejä ja määrittellä seuraavien kunnossapitotoimenpiteiden tai tarkastusten ajankohtia. (Mermecgroup)



Kuva 26 Sillan kunnossapito (Erdmannsoftware)

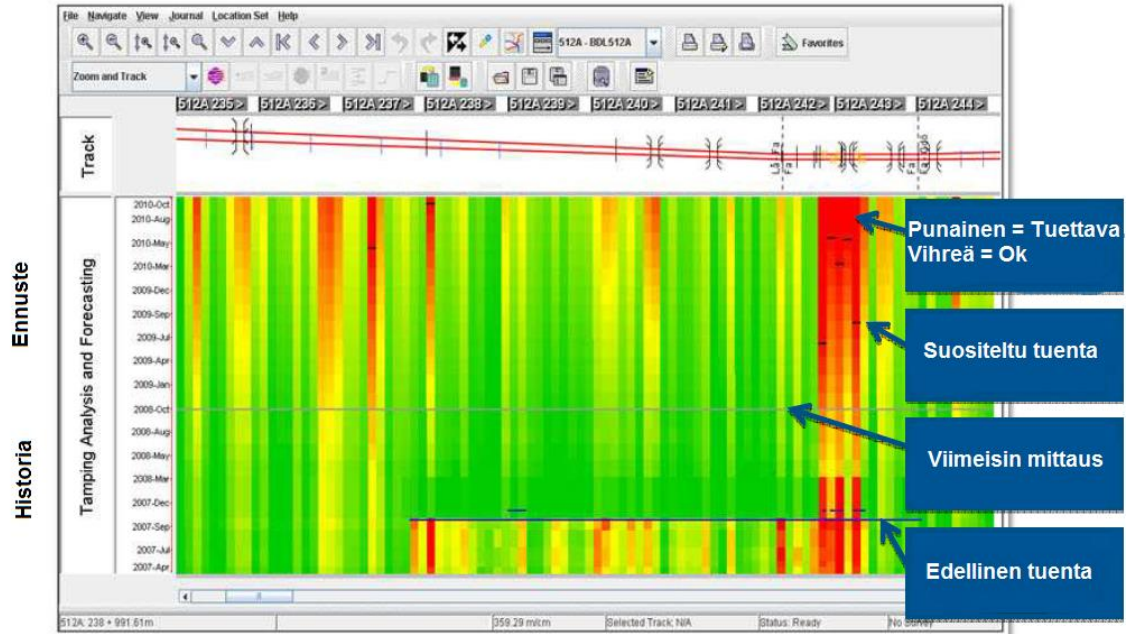
5.3.3 Kunnossapidon suunnittelu esimerkkinä tuenta

Raiteen tuenta on radan yleisin kunnossapitoimenpide ja sillä korjataan geometrian poikkeamia. Raitteen tuenta tarkoittaa tukikerroksen tiivistämistä ratapölkyn ympäriltä ja alta. Toimenpide vahvistaa pölkyn asemaa, ottaen vastaan liikennekuormituksen vaikutuksesta pölkyn asemaa liikuttavat voimat. Kuvassa 27 on havainnollistettu raitteen tuennan periaate. Tuentakone liikkuu kiskoilla ja työntää piikit pölkyn molemmin puolin. Piikeissä on tärytin, joka tiivistää tukikerroksen pölkyn ympäriltä. Samalla kun tukikerrosta tärytetään tuentakone ottaa kiskoista kiinni ja säätelee niiden asemaa geometriavirheiden korjaamiseksi. Riippuen tuentakoneen tyypistä työnopeus vaihtelee 500 – 2200 metriin tunnissa. (Lander & Petersson 2012, 13-15)



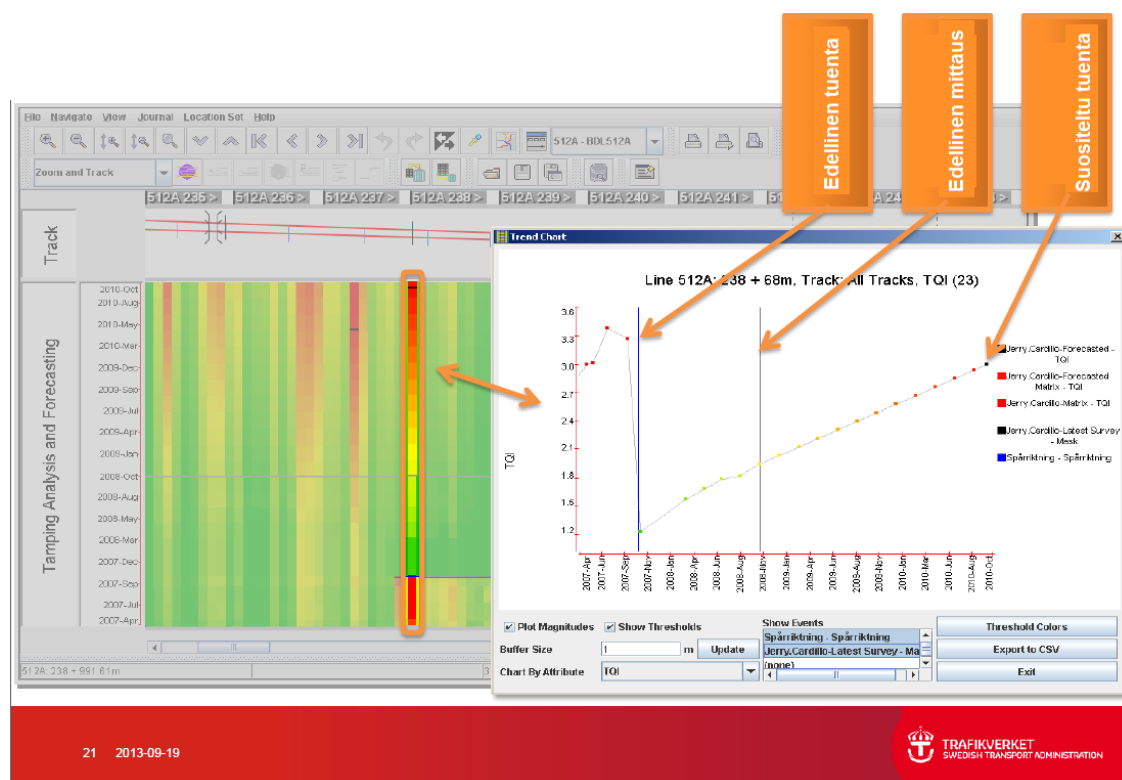
Kuva 27 Raitteen tuennan periaate (Lander & Petersson, 2012)

Kuvassa 28 on esitetty tarkastusvaunumittauksien tulokset visualisoituna. Punaiset kohdat indikoivat ongelmista geometriassa eli asetettu kynnyсарvo ylittyy. Aiempien mittausten ja tuentojen jälkeisen seurannan avulla on arvioitu geometrian heikkenemisnopeutta ja ennustettu, milloin seuraavan kerran olisi syytä tehdä raitteen tuenta. Kuvasta voidaan arvioida edellisen tuentakerran onnistumista ja huomataan, että ratakilometreillä 242-243 tuennasta ei ollut juurikaan hyötyä. Muilta osin tuenta tuotti halutun tuloksen.



Kuva 28 Raiteen tuennan historia ja ennuste (Bentley systems 2009)

Kuva 29 havainnollistaa selkeämmin kuinka seuraavan tuentakerran tarvetta ennustetaan. Sininen pystyviiva kuvaa edellisen tuennan ajankohtaa. Tuennan havaitaan onnistuneen, sillä radan geometriaindeksi parani yli kaksi yksikköä. Harmaa viiva näyttää milloin viimeisin geometriamittaus on tehty. Kuvaajasta havaitaan myös kuinka geometrian virheet ovat lähteneet kasvuun. Kasvun oletetaan olevan lineaarista, joten piirtämällä suora edellisten mittausten väliin ja katsomalla koska se ylittää tietyn raja-arvon nähdään seuraavan tuentakerran ajankohta. Menetelmän ansiosta tiedetään ennakkoon koska tuenta tulisi tehdä, joten tuentakone pystytään varaamaan etukäteen ja radalle voidaan anoa työaikaa kunnossapitotoimenpiteen suorittamista varten.

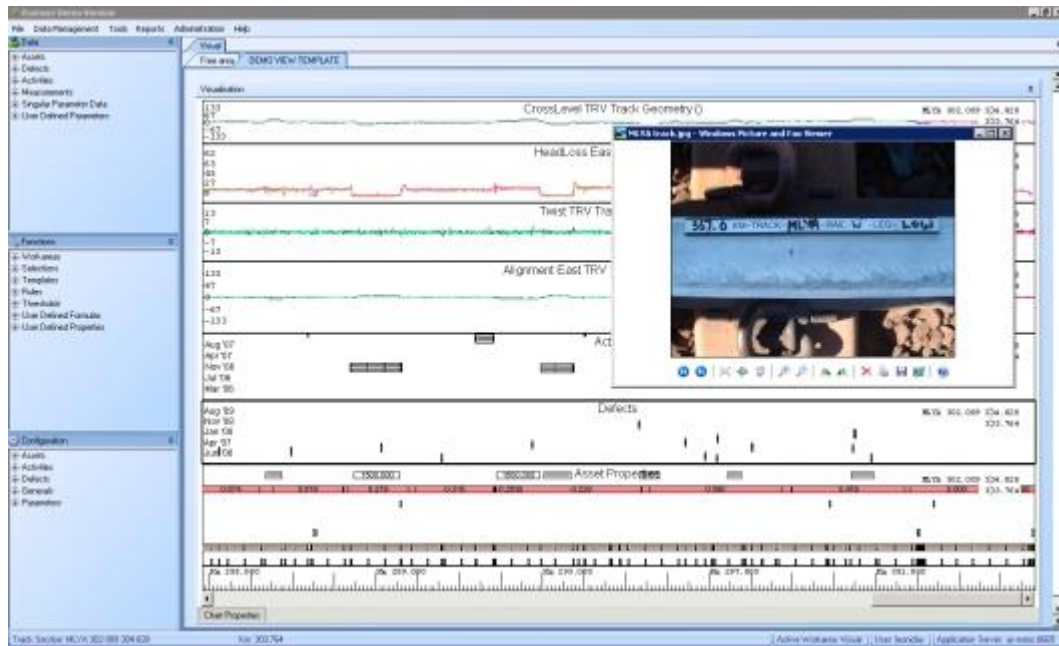


Kuva 29 Raiteen tuennan ennustus (Trafikverket 2013)

5.3.4 Radan geometria

Suurimmat säästöt radan kunnossapidossa saadaan tarkkailemalla jatkuvasti sen komponenttien kulumista ja kulumisen aiheuttavia syitä käyttöään optimoimiseksi. Raiteen geometrian analysointi on eniten käytössä oleva metodi kunnossapitotoimenpiteiden, kuten raiteen tuennan suunnittelussa. Myös muissa komponenteissa havaittavat poikkeamat voivat lyhentää rajusti niiden käyttöikä ja vaikuttaa raiteen geometrian laatuun. (Mermecgroup) Vikojen synty olisikin syytä estää ennaltaehkäisevillä toimenpiteillä, ja jos se ei ole mahdollista niin ainakin korjata alkavat viat nopeasti ennen kuin ne ehtivät kehittyä suuremmiksi.

Kuvassa 30 on ikkuna analysoinnissa käytettävästä perusnäkökymästä. Näkymässä on esitetty muun muassa raiteen kierous ja kuluminen, edelliset kunnossapitotoimenpiteet, geometrian vaaka- ja pystysuuntaiset poikkeamat sekä ongelmakohdat.



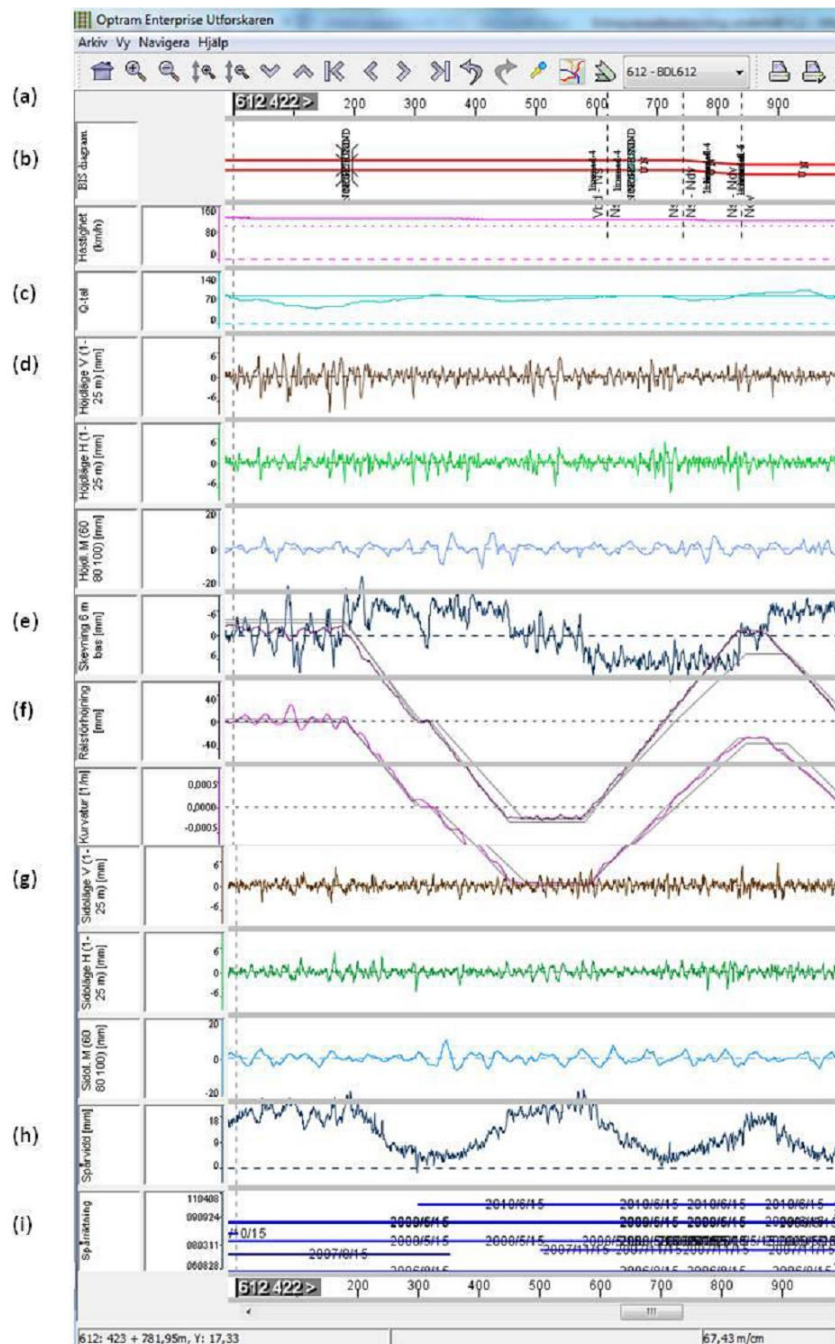
Kuva 30 Perusnäkö (Mermecgroup)

Kuvassa 31 on esitetty OPTRAM-ohjelman geometriamittaustulosten esitystapa. Ohjelman perustoiminto on esittää mitattu data kuvaajina ja näyttää kuinka se korreloi radalle asetettujen standardien kanssa (Lander & Petersson 2012, 17). Radan epätasaisuudet ja niiden suuruudet kuvataan poikkeamana kuvaajan keskilinjasta. Y-akseli kuvaa poikkeamien suuruutta ja X-akseli poikkeaman sijainnin (km + m). (Lander & Petersson, 2012, 17)

Kuvan 31 kohdassa a) nähdään sijainti ratakilometreissä ilmaistuna ja kohdassa b) rataosuudella sijaitsevat rakennelmat, kuten liikennepaikat, tasoristeykset, sillat, vaihteet yms (Lander & Petersson, 2012, 17). Kohdassa c) on esitetty laskettu Q –arvo, joka on yleisesti Euroopassa käytetty suure kuvaamaan radan geometrian tasoa. (Lander & Petersson, 2012, 16) Kuvan tapauksesta nähdään arvon alittavan määritetyn tavoitearvon aina kilometrille 422+800 saakka eli tämän osuuden radan geometriassa on tarpeen tehdä kunnossapitotoimenpiteitä.

Raitteen pysty- ja vaakasuuntaiset poikkeamat esitetään kohdissa d) ja g). Molemmat poikkeamat kuvataan kolmen käyrän avulla. Toinen käyrä kuvaa vasemman raitteen ja toinen oikean poikkeamaa ja kolmas on molempien keskiarvo.

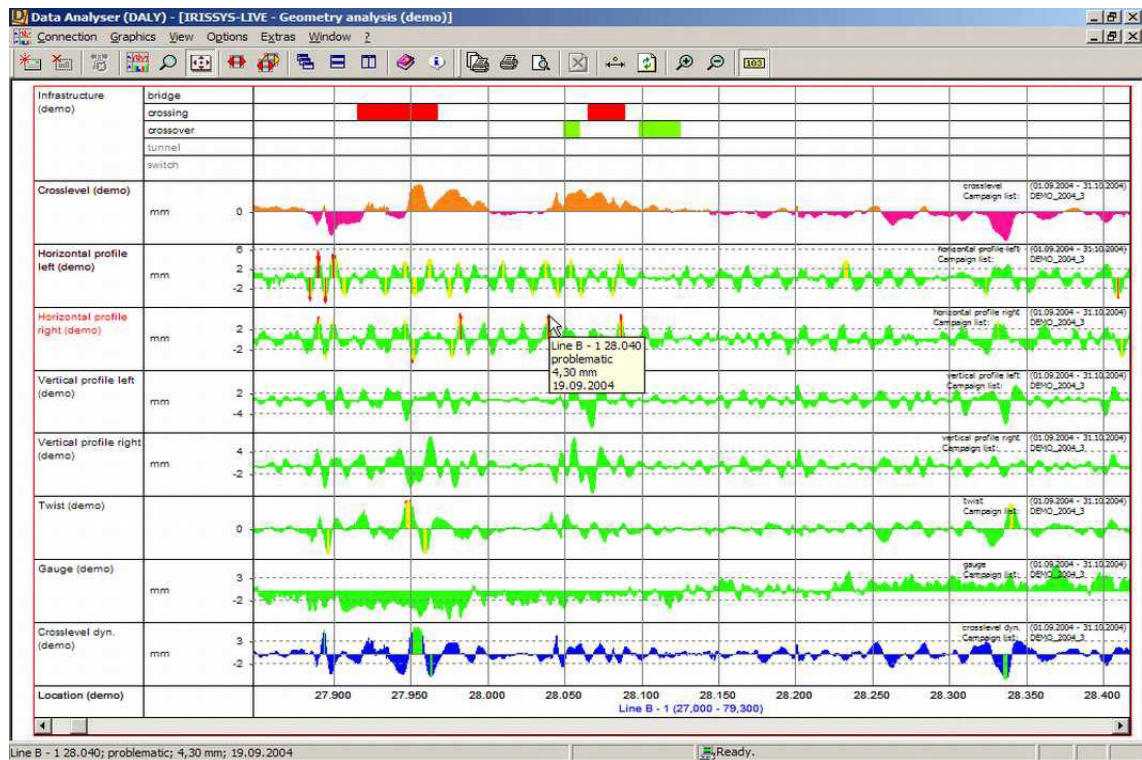
Epätasaiset muutokset pysty- ja vaaka-asemissa voivat aiheuttaa kiskoissa kieroutta. Kaaret ja siirtymäkaaret ovat erityisen herkkiä kieroudelle. Kohdassa e) näkyy hyvin kuinka kierous tässä tapauksessa kasvaa kaarteissa. (Lander & Petersson 2012, 18)



Kuva 31 OPTRAM:in perusnäky (Lander & Petersson, 2012)

Kuvan 31 kohdassa f) on esitetty radan kallistus ja kaarevuus. H –kohdan raideleveys on radan turvallisuuden kannalta tärkeä suure, jota on syytä seurata, sillä sen poikkeamat voivat aiheuttaa junan suistumisen raiteilta. (Lander & Petersson 2012, 18)

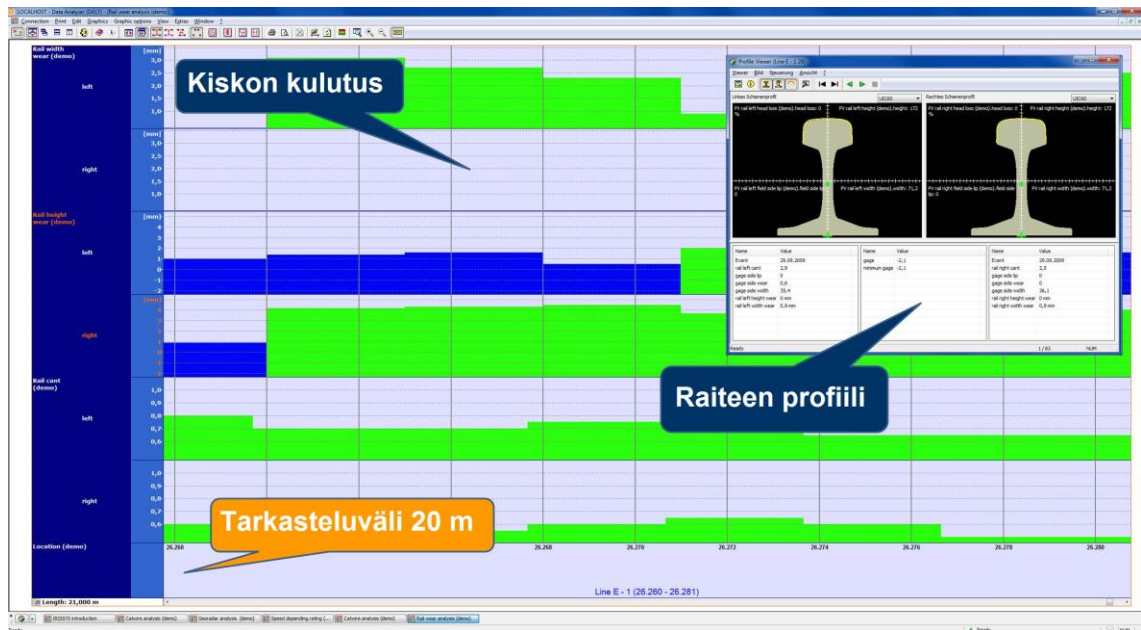
Mitattujen suureiden lisäksi aiemmin tehtyjen kunnossapitotoimenpiteiden historiatiedot ovat hyödyllinen apuväline kunnossapitosuunnittelussa. Historiatiedot on esitetty viimeisessä kohdassa i), josta nähdään, milloin ja mille väleille on tehty raiteen tuentatoimenpide. (Lander & Petersson 2012, 18) Alle on edellisten esimerkkien lisäksi kuva 32 IRISSYS-ohjelmasta, joka muutoin vastaa edellä esitettyä OPTRAM-näkymää lukuunottamatta, että tässä ei ole nähtävillä toimenpiteiden historiatietoja.



Kuva 32 Geometriamittaukset (ERDMANN-Software 2013)

5.3.5 Yksittäisanalyysi

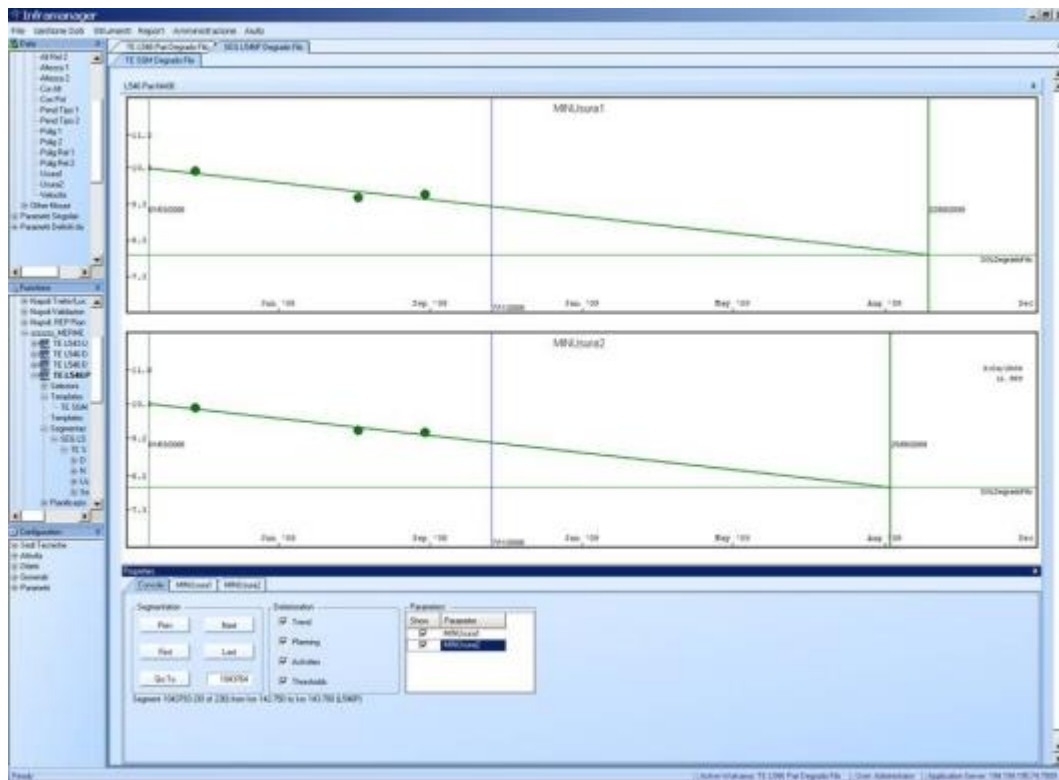
Yksittäisen elementin tarkastelu on tehokas työkalu vika-analyysien tekoon. Yksittäisanalyysillä tarkoitetaan yksittäisen datan kuten ajolangan tai kiskon kuluminen tarkastelua (Erdmannsoftware). Yksittäisanalyysi ei huomioi eri elementtien keskenäisiä korrelaatiota, mutta sitä voi käyttää yksinkertaisten toimenpiteiden suunnittelussa kuten kiskon tai ajolangan vaihdon ajankohtaa arvioitaessa. Kuva 33 esittää kiskon mittaustulokset, joista näkyy sen kuluminen ja profiili.



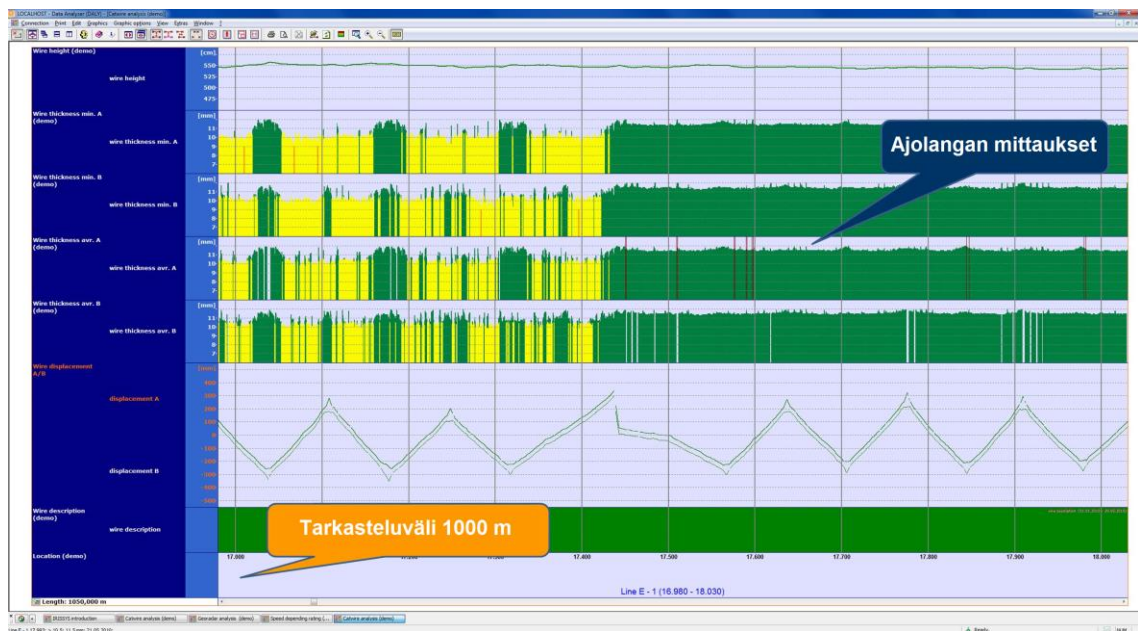
Kuva 33 Kiskon kulumisen ja profiili (Erdmannsoftware)

Ajolangan tarkastukset ja uusimiset tehdään yleensä tietyin väliajoin arvioituaan käyttöikänsä perustuen. Kuntoon perustuva kunnossapito voisikin tuottaa kunnossapitäjällä säästöä tässäkin tapauksessa, jos sillä saataisiin pidennettyä lankojen elinikää vaihtamalla ne vasta, kun kuntoa seuraamalla todetaan todellinen tarve. RAMSYS-ohjelmalla mm. ajolangan paksuutta ja kulumisnopeutta hallinnoimalla kuntoon perustuva huolto on mahdollista. Kuva 34 ennustaa, koska ajolanka saavuttaa kriittisen pisteen. (Mermecgroup)

Ajolangan tulokset IRISYS-ohjelmassa puolestaan voidaan esittää kuvan 35 mukaisesti. Kynnysarvojen ylitykset korostetaan väreillä niiden havaitsevuuden helpottamiseksi. Keltaisella merkityt kohdat osoittavat missä lanka on kulunut jo huolestuttavalle tasolle. Käyttäjä saa itse asettaa ajolangalle haluamansa kynnysarvot ja luokat.



Kuva 34 Ajolangan vaihdon suunnittelu (Mermecgroup)

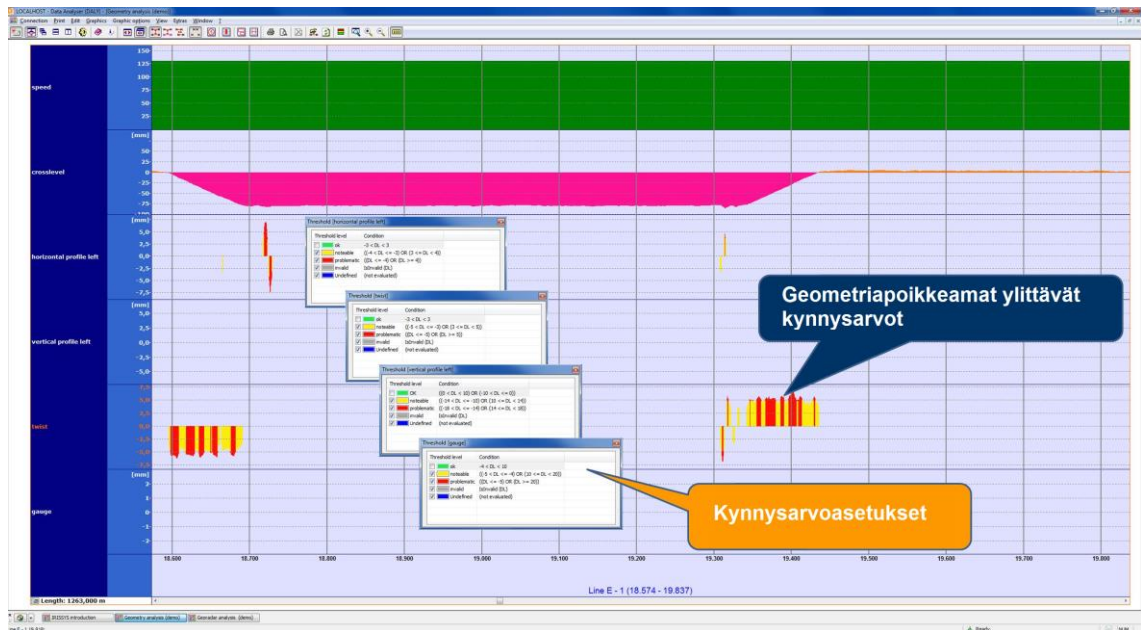


Kuva 35 Ajolangan kuluminen ja asema (Erdmannsoftware)

5.3.6 Kynnysarvot ja luokat

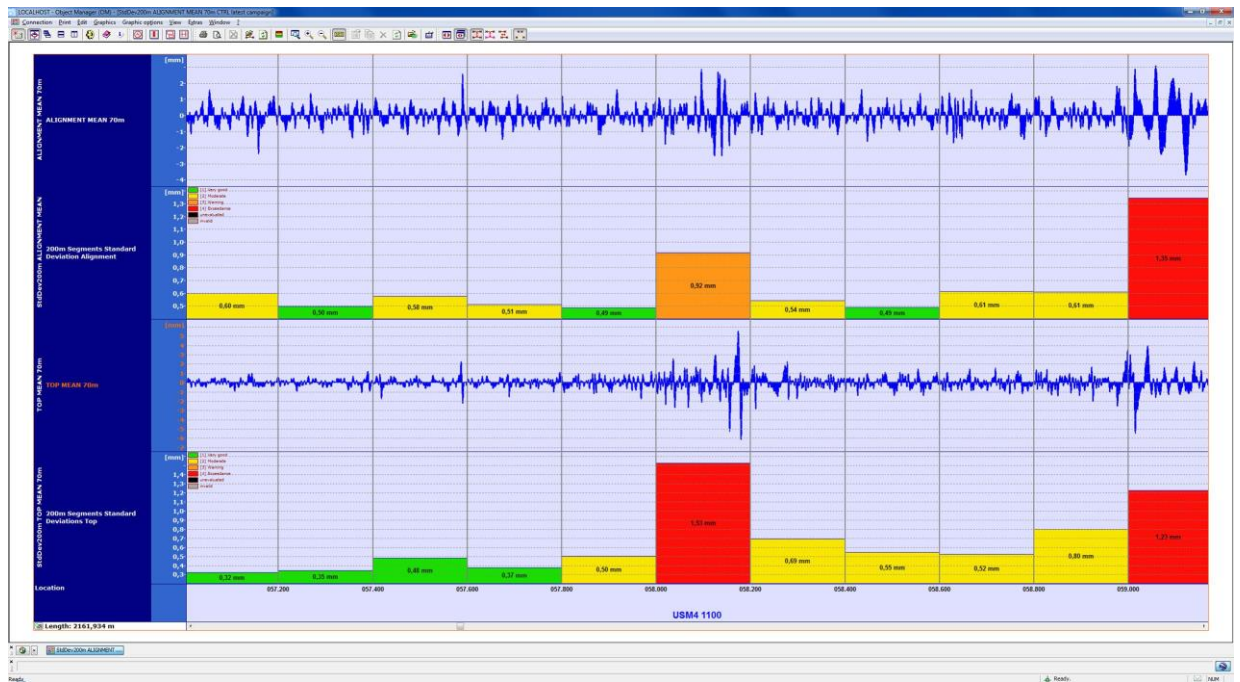
Kynnysarvoille voidaan konfiguroida monimutkaisia sääntöjä. Tällöin kynnysarvo tietyllä parametrilla saattaa vaihdella rataosan mukaan esimerkiksi korkeampien

nopeusrajoitusten vallitessa tai heikomman päällysrakenteen kohdalla käyttäjän niin halutessa. (Erdmannsoftware) Kuvassa 36 on esitetty ylhäältä alaspäin lueteltuina nopeusrajoitus, kallistus, vaaka- ja pystysuuntaiset geometria poikkeamat, raiteen kierous ja raideleveys. Keltaiset pylväät kertovat poikkeamien olevan jo huomattavat ja punaiset pylväät osoittavat, että ne ovat ehtineet muodostua jo ongelmaksi.



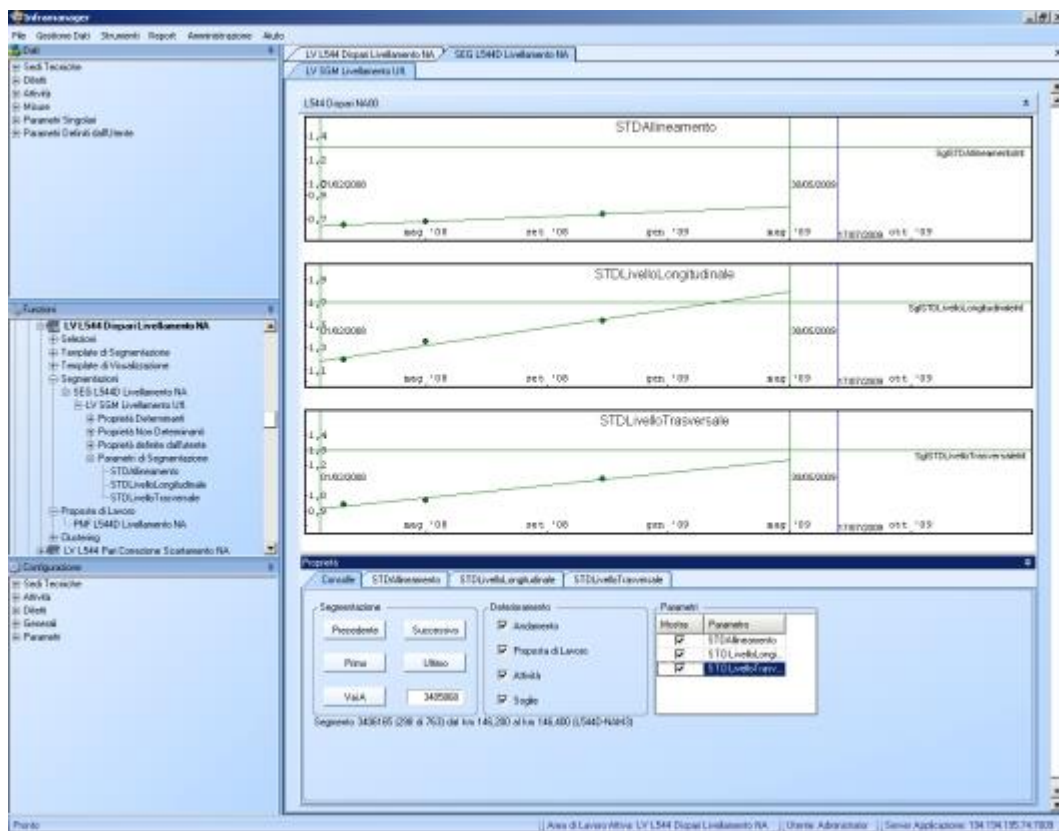
Kuva 36 Poikkeamien havainnollistaminen kynnyksarvojen avulla (Erdmannsoftware)

Rataa halutaan yleensä tarkastella pidemmissä osuuksissa, koska taloudellisempaa on tehdä kaikki tarvittavat korjaustoimenpiteet samalle alueelle kerralla. Näin tehostetaan koneiden ja miehistön tuottavuutta ja vähennetään matkustus- ja siirtelykuluja. Koska kaikkia poikkeamia ei ole kuitenkaan varaa korjata, on rataverkon palvelutason maksimoimiseksi tärkeää keskittää kunnossapitotöitä. Esimerkiksi, jos halutaan parantaa yhteensä 200 metriä rataa on kustannustehokkaampaa korjata radasta 200 metrin yhtenäinen osa kuin kaksi 100 metrin rataosaa. Tästä johtuen geometriapoikkeamien esittäminen 200 metrin keskiarvon mukaan on hyödyllistä kuten kuvassa 37 on tehty. Toisin sanoen radan kokonaiskuva hahmotetaan tällöin paremmin ja nähdään, mitkä osat tulisi priorisoida.



Kuva 37 200 metrin keskiarvoilla lasketut luokitukset (Erdmannsoftware)

Kuva 38 esittää ennusteen, koska geometriaparametreille asetetut kynnsarvot ylittyvät. Tämän perusteella voidaan optimoida kunnossapitotoimenpiteiden ajoitusta.



Kuva 38 Kynnsarvot (Mermecgroup)

5.3.7 Q-arvo

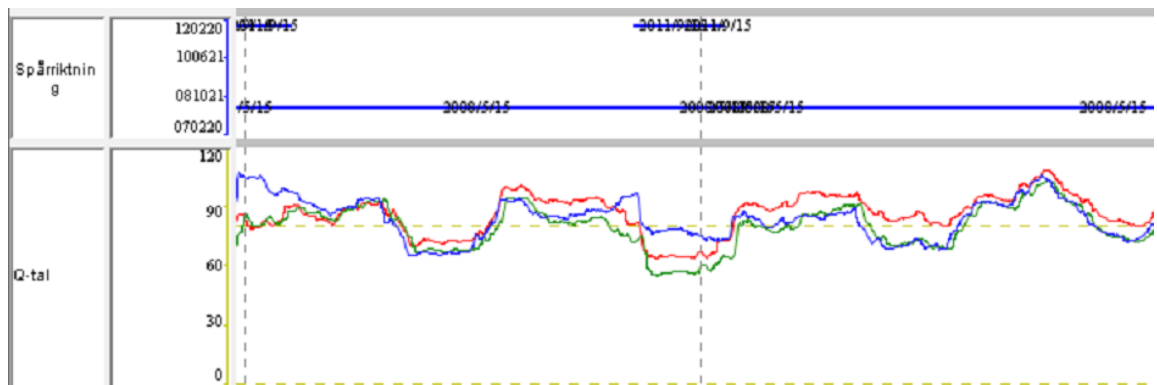
Q-arvo kuvaa radan geometrian laatua ja se lasketaan 200 metrin jakson keskiarvona. Se perustuu raiteen korkeuspoikkeamaan ja sivuttaissuuntaisen poikkeaman ja kallistuksen vuorovaikutukseen. Tämä on yleinen tapa kuvata radan epätasaisuuksia Euroopassa. Q-arvo lasketaan käyttämällä seuraavaa kaavaa:

$$Q = 150 - 100 * \left(\frac{\sigma_H}{\sigma_{Hgr}} + 2 * \frac{\sigma_S}{\sigma_{Sgr}} \right) / 3$$

Missä:	Q	Q-arvo
	σ_H	Korkeuspoikkeaman keskiarvo
	σ_S	Sivuttaissuuntaisen ja kallistuksen poikkeaman vuorovaikutuksesta laskettu keskiarvo
	σ_{Hgr}	Kynnysarvo σ_H :lle
	σ_{Sgr}	Kynnysarvo σ_S :lle (Lander & Petersson 2012, 16).

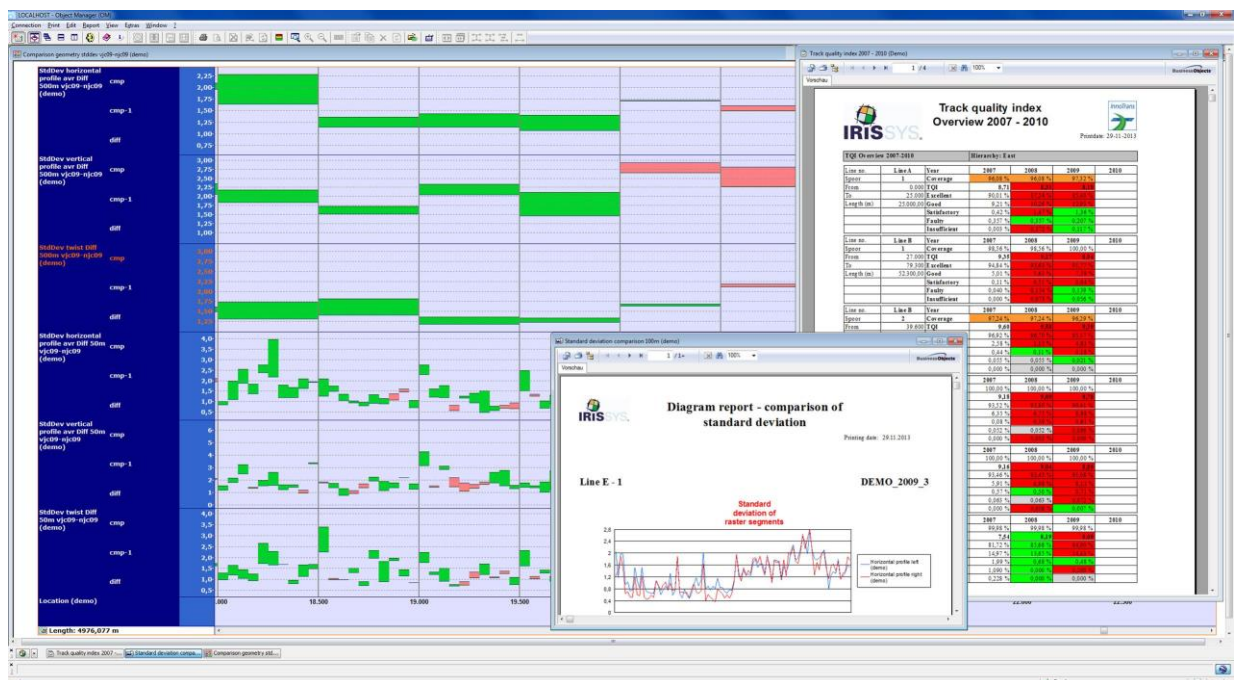
Useimmille rataosille tehdään mittauksia monta kertaa vuodessa. Vertailemalla eri aikaan toteutettuja mittauksia voidaan ennustaa esimerkiksi Q-arvon heikkenemisnopeutta tai kunnossapitotoimenpiteiden tehokkuutta. Näiden perusteella suunnitellaan muun muassa seuraavan raiteen tuennan ajankohtaa ja arvioidaan edellisten tuentakertojen onnistumista. (Lander & Petersson 2012, 20)

Kuvasta 39 nähdään kuinka Q-arvo on noussut kohdissa joissa on tehty raiteen tuenta 2011 syyskuussa eli voidaan sanoa toimenpiteen onnistuneen. Kun sinistä käyrää verrataan tuentakohdissa punaiseen ja vihreään, niin huomataan tuennan vaikutus. Raiteen tuenta on tehty punaisen ja vihreän mittauksen jälkeen, kuitenkin ennen sinisellä käyrällä merkittyä mittausta.



Kuva 39 Q-arvon nousu kunnossapitotoimenpiteen vaikutuksesta. Yläpuolisessa näkyvässä edelliset tuentakerrat päivämäärien kera. Alhaalla esitetty mittaustulokset elokuun 2010 (punainen), kesäkuun 2011 (vihreä) ja joulukuun 2011 (sininen) tarkastuksista. (Lander & Petersson 2012)

Ohjelmista on saatavilla kuvaajien lisäksi monenlaisia raportteja ja yhteenvetoja. Kuva 40 esittää raportin TQI-arvon (Track quality index) kehityksestä kolmen vuoden aikavälillä. TQI on Q-arvon kaltainen indeksi, jolla kuvataan radan geometrian laatua.



Kuva 40 TQI-arvon yleiskatsaus 2007-2010 (Erdmannsoftware)

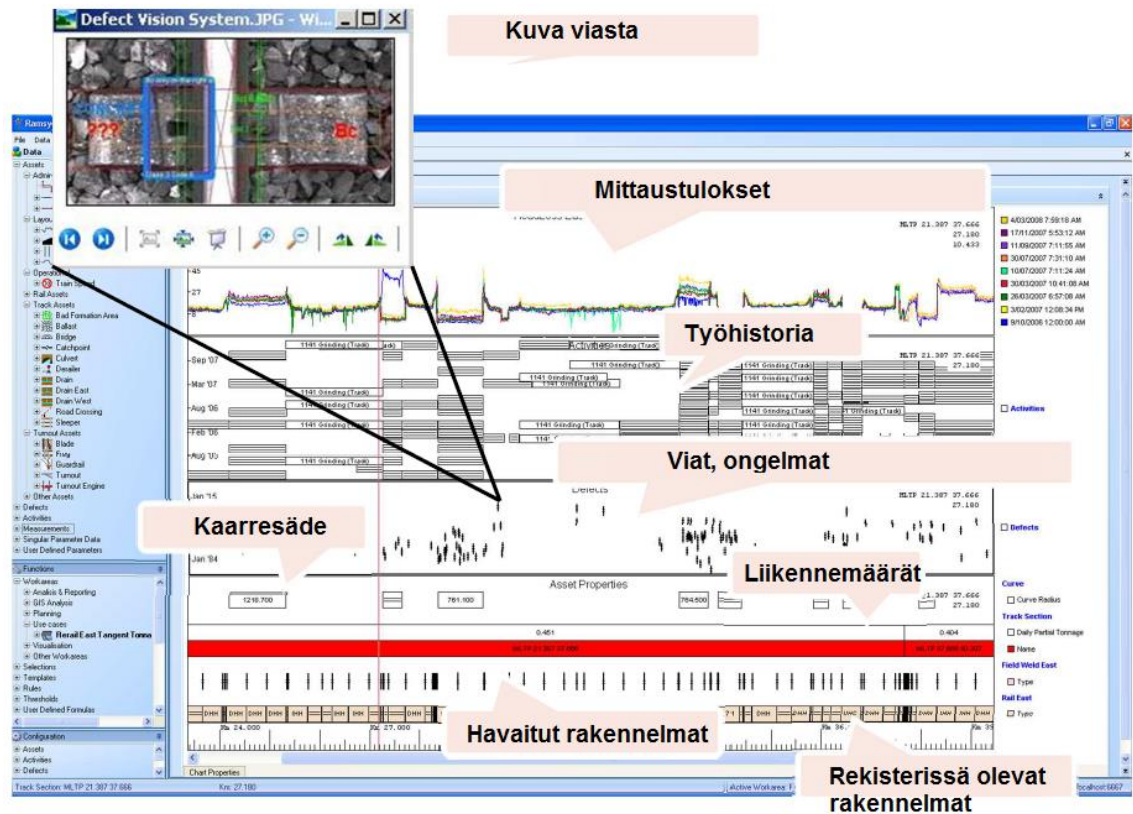
5.3.8 Integroidut analyysit

Yksittäisessä analyysissä tarkastellaan vain yhtä rataelementtiä kerrallaan. Integroituanalyysi mahdollistaa usean elementin kuten radan geometrian ja rakenteiden

arviomisen samassa näkymässä. Tällä tavoin voidaan havaita kuinka ne korreloivat keskenään ja paikantaa mistä radan ongelmat johtuvat. (Erdmannsoftware)

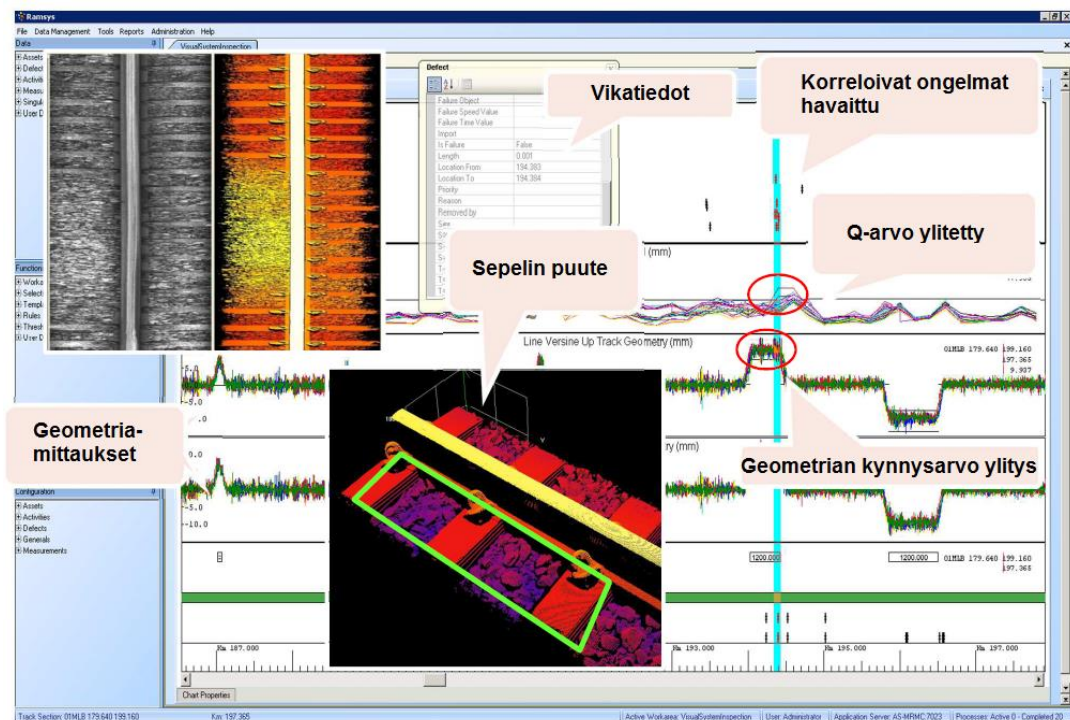
Radan tarkastelu yhtenä isona järjestelmänä on tärkeää, sillä yhden elementin tutkiminen erikseen ei yleensä auta ymmärtämään miksi ja kuinka poikkeamat ovat aiheutuneet. Ongelmien syyt on tunnistettava, jotta osataan valita oikeanlaiset korjaustoimenpiteet. Esimerkiksi radan kohdassa, jossa ongelmat johtuvat roudasta, raiteen tukeminen ei olisi hyvä valinta kunnossapitotoimenpiteeksi, sillä samat ongelmat ilmenisivät todennäköisesti uudelleen seuraavana keväänä. Jos taas ongelman syy on tunnistettu, voidaan valita oikeanlainen toimenpide, mikä voisi olla esimerkiksi kuivatuksen parantaminen tai routalevyn lisääminen. Ongelmien tunnistamisella ja hyvällä kunnossapito- ja rakenteenparantamissuunnittelulla voidaankin optimoida kunnossapitoprosessia kustannustehokkaammaksi ja ylläpitää rataa parhaassa mahdollisessa kunnossa käytettävissä olevilla resursseilla.

Kuvassa 41 on esimerkki integroidusta näkymästä. Tarkastelussa on 15 kilometriä rataa. ”Viat, ongelmat” -kohdasta havaitaan vikojen esiintyvän isoina ryhmittyminä. Näissä kohdissa myös ”Mittaustulokset” -sarakkeen arvot ovat kohonneet. Radan geometrian ongelmat ovat muodostuneet hiljalleen ja koska poikkeamat lisäävät radan rasituksia, niiden ympärille syntyy uusia vikoja kiihtyvällä vauhdilla. Vikaa klikkaamalla aukeaa siitä tarkempi kuvaus. Kuvan tapauksessa näkymään on auennut uusi ikkuna, josta nähdään vian olevan kiskon toisen puolen kiinnityksen puuttuminen. Tällainen yksittäinen vika ei vaikuta vakavalta, mutta se lisää rataa ylimääräistä tärinärasitusta, joka voi alkaa säteilemään ympäristöön muita ongelmia.



Kuva 41 Integroitu analyysi (Evangelisti 2012)

Kuvassa 42 on esitetty esimerkki vikojen tunnistamiseen liittyen. Tulosten perusteella radan geometriamittaustulokset ovat ylittäneet sallitut arvot. Tuloksia analysoidessa on havaittu tukikerroksen sepelin riittämättömyys, joka on synnä raja-arvojen ylitykseen.

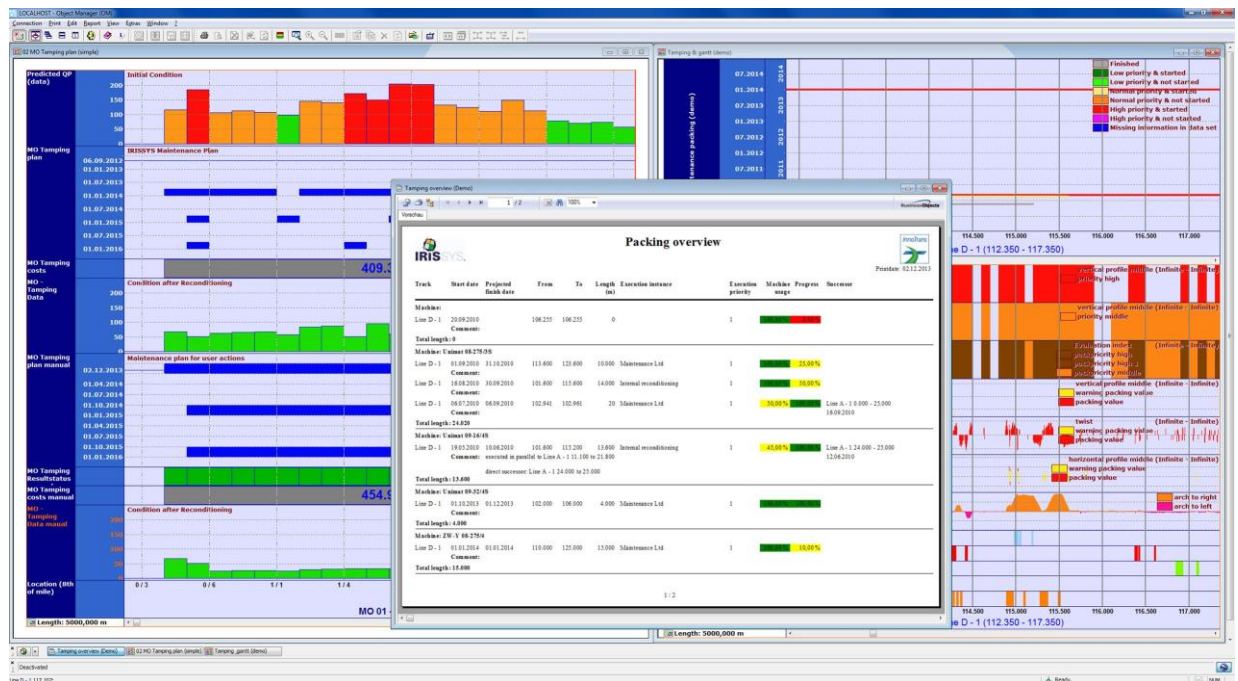


Kuva 42 Ongelmien tunnistaminen (Evangelisti 2012)

5.3.9 Optimointi ja budjetointi

Kunnossapidon resurssit ovat yleensä niukat. Kunnossapitoa vaativien kohteiden priorisointi onkin tärkeää, sillä kaikkiin kohteisiin resurssit eivät yksinkertaisesti riitä. Integroidusti analysoimalla ymmärretään ratasysteemiä kokonaisuutena ja näin ollen voidaan tehdä ennaltaehkäisevää kunnossapitoa. Ennaltaehkäisevä kunnossapito takaa rautateille pitkän käyttöiän kustannustehokkaasti. (Erdmannsoftware)

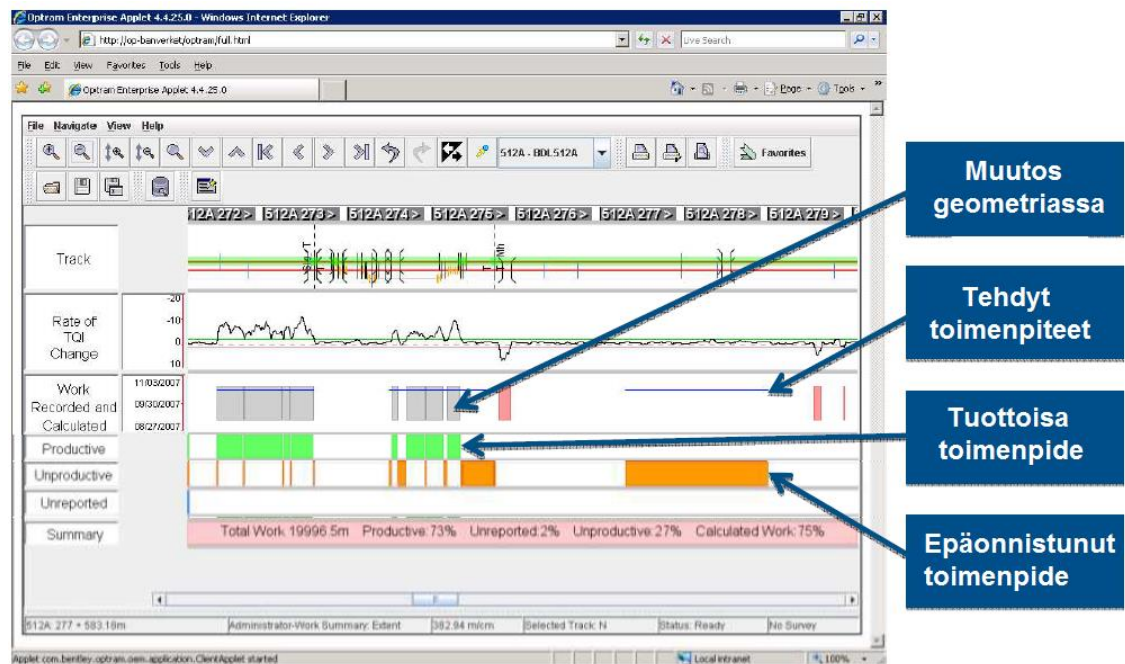
Esimerkiksi IRISSYS pystyy automaattisesti ehdottamaan tarvittavia kunnossapitotoimenpiteitä. Kuitenkin ennen kuin tätä automatiikkaa voidaan hyödyntää ohjelmaan täytyy syöttää parametrejä kunnossapitotoimenpiteissä käytettävistä koneista esimerkiksi hinta, tehokkuus yms. Muita kriteerejä kuten kynnysarvot ja määrääjat on hyvä asettaa myös prosessin optimoimiseksi. Automaattisesti luotuja kunnossapitoehdotuksia voidaan jatkojalostaa manuaalisesti ottamaan paremmin huomioon kyseisen radan erityispiirteitä. Näin saatuja kahta ehdotusta voidaan vertailla samassa ikkunassa (kuva 43) ja ohjelmisto tarkastaa ne ja valitsee parhaimman vaihtoehdon.



Kuva 43 Kunnossapitosuunnitelmien vertailu (Erdmannsoftware)

5.3.10 Jälkiseuranta

Toimenpiteiden onnistumista voidaan seurata niiden jälkeen tehtävillä ratageometriamittauksilla. Kuvassa 44 on esitetty esimerkki kunnossapidon hallintaohjelmistolla tehdystä jälkiseurannasta. Toimenpiteen, tässä tapauksessa raiteen tuennan, onnistumista on arvioitu suhteessa sen vaikutukseen TQI-arvoon. Jos TQI on noussut riittävästi, on toimenpide onnistunut. Päinvastoin jos se on pysynyt samana tai jopa laskenut, nähdään toimenpide turhana työnä eli resurssien vääränä kohdentamisena. Työn tuottavuuden ja onnistuvuuden analysoinnin tarkoituksena on selvittää miksei haluttuja tuloksia ole saavutettu. Virheistä voidaan oppia ja jatkossa suunnitella kunnossapitotoimenpiteet entistä paremmin. Toimenpiteiden jälkeen tehtyjä mittauksia voidaan käyttää myös esimerkiksi uusien kehitysennusteiden laatiessa.



Kuva 44 Jälkiseuranta ja tuottavuuden arviointi (Bentley systems 2009)

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Rautatieoperaattorit keräävät radasta jatkuvasti kuntotietoa kunnossapitoa varten. Ongelmaksi jää mittaustulosten ja raporttien kokonaiskuvan hahmottaminen, jonka perusteella niitä hallitaan ja analysoidaan. Ratatiedon hallintaohjelmat ovat luotu ratkaisemaan kyseinen ongelma. Haasteeksi jää vanhojen toimintamallien korvaaminen uudella. (Bentley Optram) Useimmat suunnittelijat ovat niin tottuneita vanhoihin järjestelmiin, että uudet systeemit ja työkalut ovat vaikeita hyväksyä, sillä niiden käytön opettelu on haastavaa.

Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuustutkimuksena. Alussa tutustuttiin yleisellä tasolla radan tyypilliseen rakenteeseen, jonka jälkeen perehdyttiin radan kunnossapitoon ja tarkastuksiin hieman laajemmassa mittakaavassa. Viimeisenä osiossa esiteltiin radan kunnossapidon päätöksenteon tueksi kehitettyjä ohjelmistoja, niiden toimintoja ja kuinka ne mahdollistavat kunnossapitosuunnittelun tehostamisen. Tässä luvussa tehdään lyhyt yhteenveto työstä ja pohditaan ohjelmien hyödyntämismahdollisuuksia sekä käyttöönottoon liittyviä ongelmia.

Tavoitteena oli esitellä ratatiedon hallintaohjelmia ja tuloksena saatiin tietoa, kuinka radalta kerättyjen mittaustulosten järjestelmällisellä hallinnalla, ratatiedon analyysiohjelman avulla, voidaan tehostaa kunnossapitosuunnittelua. Työssä esiteltiin ohjelmien tärkeimpiä ominaisuuksia ja todettiin, että kunnossapitoa on mahdollista optimoida siirtymällä vanhasta taulukko- ja pdf-formaatissa olevien tulosten käsittelystä käyttämään rautatien kunnossapidon hallintaohjelmia.

Ruotsissa Trafikverket on yrittänyt ottaa OPTRAM-ohjelmaa laajempaan käyttöön. Landersin ja Peterssonin tutkimuksen mukaan (2012, 28) monet tarkoitettuista käyttäjistä eivät kuitenkaan ole alkaneet käyttämään ohjelmaa. Vanhaan systeemiin tottuneet käyttäjät kokevat ohjelman opettelu kynnyskysymyksenä. Yksi Landersin ja Peterssonin haastateltavista (2012, 28) valittaa ohjelman olevan liian monimutkainen uudelle käyttäjällä. Lopputuloksena Landerson ja Petersson (2012,28) toteavat, että vanhat suunnittelijat eivät viitsisi lähteä opettelemaan uusia työkaluja ja mieluummin antaisivat jonkun muun käyttöönottaa uuden järjestelmän. Asenteet ovat selvästi muutosta vastaan. Spännar kertoo (2013, 25) että, Trafikverketin tavoitteena

OPTRAM:in käyttöönotolla on tehostaa raiteen tuenta- ja kiskojen hiontoimenpiteitä kymmenellä prosentilla, parantaa radan laatua ja vähentää kunnossapitokustannuksia. Jos tavoitteet saavutetaan, ohjelmaan ja koulutukseen investoiminen maksaisi itsensä takaisin jo puolessa vuodessa.

Mielestäni Suomessakin olisi hyvät mahdollisuudet hyödyntää työssä esiteltyjä ohjelmia. Suurimpana haasteena on siirtymävaihe, jonka aikana vanhasta järjestelmästä siirrytään käyttämään uusia työkaluja. Siirtymävaiheen ei pitäisi olla ylivoimainen este, jos siihen asennoidutaan oikein. Motivaatiota siirtymiseen voidaan saada muistamalla, kuinka niukat kunnossapidon resurssit ovat. Niukkuudesta johtuen onkin tärkeää, että rahat käytetään optimaalisesti, jotta rataverkon palvelutaso säilyy mahdollisimman korkealla tasolla.

Ennen kuin joku esitellyistä tai vastaavista ohjelmista otettaisiin käyttöön, pitäisi tehdä lisäselvitys siitä, mikä ohjelma olisi sopivin kyseiselle käyttäjärühmälle. Muita huomioitavia asioita on varmistaa, että palvelun tuottaja pystyy järjestämään riittävästi koulutusta ohjelman käyttöön ja antamaan tukea ongelmatilanteissa.

Tämän opinnäytetyön sivutavoitteena oli kouluttaa tekijää rautatien kunnossapidon perusteisiin. Tavoitteessa onnistuttiin mielestäni erinomaisesti ja koin työtä tehdessä oppivani paljon uusia asioita sekä vahvistavani jo aiemmin oppimiani asioita radasta etsiessäni vastauksia ja uusia lähteitä tutkimuksen edetessä esiintyneisiin kysymyksiin ja ongelmiin.

LÄHTEET

Bentley Optram. Rail Corridor Asset Management.

<http://www.bentley.com>

Bentley systems. 2009. Looking into the future.

[http://www.bentleyuser.dk/sites/default/files/optram - looking into the future.pdf](http://www.bentleyuser.dk/sites/default/files/optram_-_looking_into_the_future.pdf)

ERDMANN-Software. 2013. A System Solution to Optimize The Maintenance Process. IRISSYS Brochure general.

http://www.erdmannsoftware.com/files/irissys_brochure_general_2013_eng.pdf

ERDMANN-Software. IRISSYS. Kotisivut. Luettu 4.3.2014.

<http://www.erdmannsoftware.com/>

Evangelisti, C. 2012. Decision Support System for Railway Infrastructure, Maintenance & Renewal Management. Effectively using data for effective decision making. RAMSYS. Pdf-esitys.

Haapalahti, A., Seppä, J. & Lane, K. 2010. Kunto analyysien uudet mallit. Liikenneviraston selvityksiä ja tutkimuksia. Helsinki.

Hassi, K. 2012. Kiskovikatiedon hallinta ja vaihteiden ultraäänitarkastus. Pdf-esitys. Hämeenlinna.

Helaja, O. 2010. Routimisen ehkäisy ratarakenteessa kuivatusta parantamalla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Helsinki.

Hämeen Sanomat. 2007. Luettu 2.4.2014.

<http://www.hameensanomat.fi/uutiset/kotimaa/154336-elli-ja-emma-etsivat-viat-rataverkosta>

Härkönen, A. 2012. Rautatieturvalaitteiden yleiset kunnossapito-ohjeet sekä tarkastus- ja huolto-ohjeet. Liikenneviraston päätös. Helsinki.

Lander, S. & Petersson, J. 2012. Tamping Planning in Railway Maintenance. Geo- ja vesirakentamisen koulutusohjelma. Chalmers University of Technology. Diplomityö.

Liikennevirasto. 2000. Ratatekniset ohjeet (RATO): 15 Radan kunnossapito.

Liikennevirasto. 2004. Ratatekniset ohjeet (RATO): 13 Radan tarkastus.

Liikennevirasto. 2005. RAITEENTARKASTUSTULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

Liikennevirasto. 2008. Ratatekniset ohjeet (RATO): 3 Radan rakenne.

Liikennevirasto. 2013. Ratatekniset ohjeet (RATO): 8 Rautatiesillat.

Liikennevirasto. 2013. Rataverkon kunnossapito. Luettu 21.2.2014.

www.liikennevirasto.fi/radanpito

Mermecgroup. RAMSYS. Kotisivut. Luettu 5.3.2014.
www.mermecgroup.com

Peltokangas, O., Luomala, H. & Nurmikolu, A. 2013. Radan pystysuuntainen jäykkyys ja sen mittaaminen. Liikenneviraston selvityksiä ja tutkimuksia. Helsinki.

Saarinen, V. 2009. Junan kontaktihiilien kunnan valvonta virroittimen valokuvaukseen perustuvalla laitteistolla. Sähkötekniikan laitos. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.

Silvast, M., Nurmikolu, A., Wiljanen, B. & Mäkelä, E. 2013. Efficient track rehabilitation planning by integrating track geometry and GPR data. Proceedings of the 10th International Heavy Haul Conference, February 4-6, 2013, New Delhi, India.

Soininen, S. 2013. Ratojen routaongelmat Suomessa. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Aalto-yliopisto. Diplomityö.

Spännar, J. 2013. OPTRAM. Software for efficient condition assessment and maintenance planning. Pdf-esitys. Trafikverket.

Taimela, R. 2011. Raidegeometrian suunnittelu. Liikenneviraston selvityksiä ja tutkimuksia. Helsinki.

LIITTEET

Liite 1. Tarkastukset eri kunnossapitotasoilla (RATO 13)

RAMO 13.3 Ratojen tarkastusjärjestelmä

13.3.2 Tarkastukset eri kunnossapitotasoilla

Kunnossapitotaso määrää radan tarkastustarpeen. Eri kunnossapitotasoille on määritelty kuinka usein ja millä menetelmillä rata on tarkastettava.

Taulukko 13.3:2 Pää- ja sivuraiteiden tarkastustarve eri kunnossapitotasoilla.

Kunnossapitotaso	Raiteet	Mittaus tarkastusvau- nolla kertaa / vuosi	Tarkastus liikku- vasta kalustosta kertaa / vuosi	Kävely- tarkastus kertaa / vuosi	Vaihte- tarkastus kertaa / vuosi
1AA		6 / v, väli \leq 3 kuukautta	6 / v, tarkastusvau- majojen puolivä- lissä	2-3 / v	4 / v
1A		6 / v, väli \leq 3 kuukautta	6 / v, tarkastusvau- majojen puolivä- lissä	2 / v	4 / v
1		3 / v	6 / v, tarkastusvau- majojen kolmas- osissa	1-2 / v	4 / v
2		2 / v	6 / v, väli \leq 2 kuu- kautta	1-2 / v	2-4 / v
3		2 / v	6 / v, väli \leq 2 kuu- kautta	1-2 / v	2-4 / v
4	Pääraiteet	2 / v	3 / v, vähintään 6 kuukauden välein veturista	1-2 / v	2-4 / v
	Sivuraiteet	1 / v	3 / v		
	Sn 80 raiteenvaihto paikat				
5	Pääraiteet	2 / v	2 / v, tarpeen mu- kaan, vähintään 6 kuukauden välein veturista	1-2 / v	1 / v
	Sivuraiteet	1 / 3 v	Mittaresiinalla tai vastaavalla 1 / v		
	Sn 35 raiteenvaihto paikat				
6	Pääraiteet	2 / v	2 / v, tarpeen mu- kaan, vähintään 6 kuukauden välein veturista	1-2 / v	1 / v
	Sivuraiteet	1 / 3 v	Mittaresiinalla tai vastaavalla 1 / v		
	Kuormaus- ja seisonta- raiteet	Sovitaan RHK:n kanssa			

Liite 2. Ohjelmien referenssit

RAMSYS

Maa	Yritykset
Australia	Brookfiel Rail, John Holland, Pilbara Iron, RailCorp
Intia	MVRC
Makedonia	MZ
Italy	RFI
Turkki	TCDD
Taiwan	THSRC
Ranska	SNCF

IRISSYS

Maa	Yritykset
Hollanti	Infraspeed Maintenance bv
Iso-Britannia	Network Rail (CTRL / HS1)
Slovenia	Public Agency for Rail Transport of Republic Slovenia
Tanska	Banedanmark
Norja	Jernbaneverket
Marokko	ONCF

OPTRAM

Maa	Yritykset
Ruotsi	Trafikverket
USA	AMTRAK, CSX, WMATA, MARTA, RTD, BART
Iso-Britannia	Network Rail