

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

Pyry Petteri Laine

Vaihdealueen ristikon painumat ja niiden korjaus

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Pyry Petteri Laine

Vaihdealueen ristikon painumat ja niiden korjaus, 32 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Infrarakentaminen

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: Lehtori Sami Kurkela, Saimaan ammattikorkeakoulu

Työmaapäällikkö Elina Jormalainen, Destia Rail Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa erilaiset syyt vaihteen ristikon geometrian menetykselle sekä löytää kustannustehokkain ja parhaat tulokset saavuttava työmenetelmä.

Opinnäytetyö toteutettiin kohdistamalla erilaisia työmenetelmiä valittuihin vaihteisiin, minkä jälkeen näitä tuloksia vertailtiin keskenään. Valitut vaihteet olivat kaikki yksinkertaisia tulovaihteita, eli rakenne ja rasiukset olivat vaihteissa yhtenevät. Tämä mahdollisti vertailukelpoiset tulokset, joita tarkastelemalla päästiin vertailemaan eri työmenetelmien toimivuutta.

Tuloksia tarkasteltaessa voitiin todeta, että korjausmenetelmä on aina tapauskohtainen. Tämän lisäksi huomattiin, että onnistuneen tuloksen saavuttaminen vaatii yleensä usean eri korjausmenetelmän käyttämistä. Vain todella harvoissa tilanteissa yksi menetelmä ratkaisee vian kokonaan.

Asiasanat: Ristikko, Geometria, Vaihde, Painuma

Abstract

Pyry Petteri Laine

Settlement of the switch area and repairing methods, 32 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Construction- and civil engineering

Infra construction

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr. Sami Kurkela, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

Ms. Elina Jormalainen, site manager, Destia Rail Oy

The aim of the thesis was to examine the various reasons of loss of geometry of the common crossing and to find the most cost-effective and best-performing working procedure for their repair.

The thesis was carried out by targeting different working methods for selected switches and these results were compared after this. The selected switches were all simple input switches, therefore the structure and stresses were all quite similar. This enabled comparable results which, by examining made it possible to compare the performance of different working procedures.

When examining the results, it was noted that the correction method is always case-specific. Moreover, it was noted that achieving a successful result generally requires the use of a variety of repair methods. Only in very rare cases would one method solve the problem completely.

Keywords: Common crossing, Geometry, Switch, Settlement

Sisällys

Käsitteet	5
1 Johdanto	6
2 Yksinkertainen vaihde	7
3 Vaihteen geometria	9
3.1 Mittaaminen	9
3.2 Kuormat ja niiden jakaantuminen	13
3.2.1 Pystykuorma	13
3.2.2 Vaakakuorma	14
3.2.3 Muut rataan kohdistuvat kuormat	14
4 Painumat vaihteessa	15
4.1 Painumien seuraukset	16
4.2 Painumien estäminen	17
4.3 Painumiin reagointi	18
5 Kiilaukset ristikossa	18
5.1 Seuraukset	19
5.2 Poisto- ja korvausmenetelmät	20
6 Pilottikohteet	20
6.1 Haukivuori V801	21
6.1.1 Työn suoritus	22
6.1.2 Tulokset	23
6.2 Hirolan vaihde V701	23
6.2.1 Työn suoritus	24
6.2.2 Tulokset	25
6.3 Otava V501	26
6.3.1 Työn suoritus	26
6.3.2 Tulokset	26
6.4 Mäntyharju V352	27
6.4.1 Työn suoritus	28
6.4.2 Tulokset	28
6.5 Yhteenveto	29
7 Pohdinta	30
Lähteet	32

Käsitteet

Raide koostuu ratapölkkyistä, rataakiskosta, rataakiskojen kiinnitys- ja jatkososista sekä vaihteista ym. raiteen erikoisrakenteista.

Tukikerros pitää raiteen geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa, jakaa kuormia alusrakenteelle ja muodostaa raiteelle tasaisen ja kantavan alustan.

Junakuorma on Junasta aiheutuva kuorma, joka johtuu radasta pohjarakenteisiin.

Sysäys tarkoittaa impulssia tai liikevoimaa, joka voi syntyä esimerkiksi liikennöinnistä radalla.

Vaihde on elementti, joka mahdollistaa liikennöinnin toiselle raiteelle.

YV eli yksinkertainen vaihde. Sisältää suoran ja poikkeavan raiteen.

Kieli on vaihteen osa, joka ohjaa raiteilla liikennöivän laitteen oikealle radalle.

Ristikko on osa vaihde-elementtiä, jossa rata jakaantuu kahdeksi erilliseksi raiteeksi.

Kiila on joko muovinen tai puinen levy, joka on asetettu rataakiskon ja pölkyn väliin korjaamaan radan geometriaa.

Nuotitus on takymetrimittauksella tehdyt geometrian korjausarvot, joita käytetään radan tuennassa.

RATO tarkoittaa ratateknisiä ohjeita ja niitä noudattaen rataverkostoa rakennetaan ja pidetään yllä.

Siipikisko on vaihde-elementin osa, joka ohjaa junan pyörän ristikon kärjen päälle estäen sen iskeytymisen.

Nuolikorkeus tarkoittaa radan kaaren jänteen keskipisteen etäisyyttä kaaresta.

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään Destia Rail Oy:lle, joka on Suomessa toimiva rautatieverkkojen kunnossapito- ja rakennusurakoitsija. Suomen rautatieverkko on 5944 km pitkä ja sen omistaa Liikennevirasto. Rautatievaihteet ovat varsin laaja aihe, sillä niitä on rataverkon sisällä yhteensä 9500 kappaletta. Liikennevirasto on jakanut omistamansa rataverkon kahteentoista kunnossapito- ja isännöintialueeseen. Näitten alueiden ratarakentaminen ja kunnossapito on ulkoistettu urakoitsijoille, joita Liikennevirasto kilpailuttaa säännöllisesti.

Työn aihe tuli ajankohtaiseksi, kun liikennevirasto alkoi kiinnittää huomiota painumiin ja niiden väliaikaisiin korjausmenetelmiin, eli kiilauksiin. Aihe on todella ajankohtainen, sillä virallista linjausta tähän ei ole vielä työn aloitusvaiheessa tehty. Tämän takia on tärkeää tehdä tutkimustyötä ja lähestyä edellä mainittuja asioita eri näkökulmista.

Liikennevirasto julkaisi 31.5.2018 RATO:a täydentävän ohjeen ”Tilapäisratkaisut vaihteessa”, jota noudattaen kiilauksia tulisi lähteä poistamaan. Tähän ohjeeseen on perehdytty tarkasti ja sitä on käytetty apuna työn eri vaiheissa.

Tietoa aiheesta on paljon, niin kirjamuodossa kuin kokemusperäisenä tietämyksenä alan osaajilta. Yksi työn tavoitteista onkin koota tätä tietoa yhteen ja samaan dokumenttiin sekä analysoida sitä.

Työn tavoitteena on selvittää erilaiset syyt ristikon geometrian menetykselle. Vian korjaamiseksi on tärkeää paikantaa ongelman lähtökohta. Onko se tuotannon aikana syntyvä valmistusvika, johtuuko geometrian menetys huonosta asennustyöstä vai onko kyseessä käytön ja kunnossapidon aikana muodostuva vika?

Työn tavoitteena on myös kartoittaa tehokkain tapa kiilausten poistoon ja näin ristikon geometrian säilyttämiseen. Tarkastelun kohteena on työn vaikutusta geometriaan, sen kustannustehokkuus halutun tavoitteen saavuttamiseen sekä ratkaisun pitkäikäisyys.

Tässä työssä ei huomioida pohjamaan painumia ollenkaan vaan perehdytään täysin tukikerrokseen ja radan rakenteisiin. Syynä tähän on työnanto sekä tilaajan vahva oletus ongelmasta ja sen sijainnista ratarakenteessa.

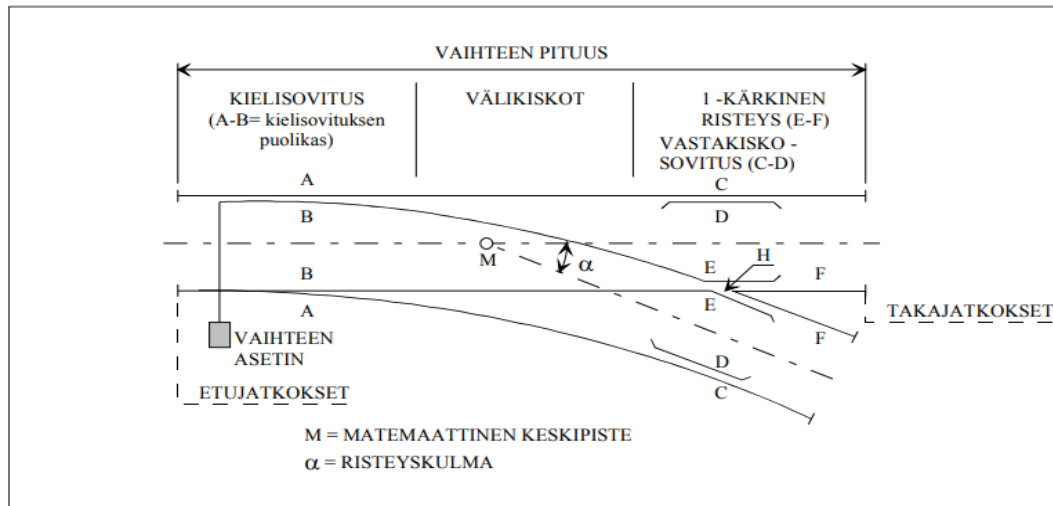
Opinnäytetyöhön on varattu neljä kappaletta pilottikohteita, joihin kohdistetaan erilaisia työmenetelmiä geometrian korjaamiseksi. Kohteiden geometriasta on otettu mittadata talteen ennen korjaavia toimenpiteitä. Lisäksi on suoritettu uusi samanlainen mittaus noin muutaman kuukauden sisällä työn suorituksesta. Mittadataa vertaillaan työn lopussa ja nämä tulokset toimivat osana opinnäytetyön toisella tavoitteella, eli kiilausten tehokkaan poistotavan löytämiselle.

2 Yksinkertainen vaihde

Yksinkertainen vaihde (lyhenne YV), (kuva 1) on radan vaihde, joka sisältää suoran ja poikkeavan raiteen. Nämä vaihteet ovat jaettavissa risteyskulman ja poikkeavan raiteen kaarresäteen perusteella lyhyisiin ja pitkiin vaihteisiin. Radalle haluttu nopeus määrittää kumpaa vaihdetyyppiä käytetään. (1. s, 8.)

Rautatiet pitävät sisällään myös monia muita vaihteita kuten esimerkiksi kaksoisvaihteita ja risteysvaihteita. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin keskitytään yksinkertaiseen vaihteeseen, sillä kaikki pilottikohteet ovat YV-vaihteita.

Vaihteen pääosat jaetaan kolmeen osaan: kielisovitus, välikiskot ja ristikko (kuva 1). Vaihteen geometrian muutokset ja painumat tapahtuvat usein ristikon alueella, missä iskut ja kuormat ovat suurimmillaan.



Kuva 1. Vaihteen pääosat (1, s. 8)

Työn osalta keskeisiä osia vaihteessa ovat seuraavat: Vaihteen matemaattinen keskipiste (M), Vastakiskot (D), Vastakiskojen tukikiskot (C), Siipikiskot (E) sekä Kärkikiskot (F) (1, s. 8).

Vaihteen matemaattista keskipistettä käytetään vaihteen maastoon kiinnittämisessä ja suunnittelussa. Se sijaitsee vaihteen suoran ja käyrän raiteen keskilinjien leikkauskohdassa. (1, s. 8.)

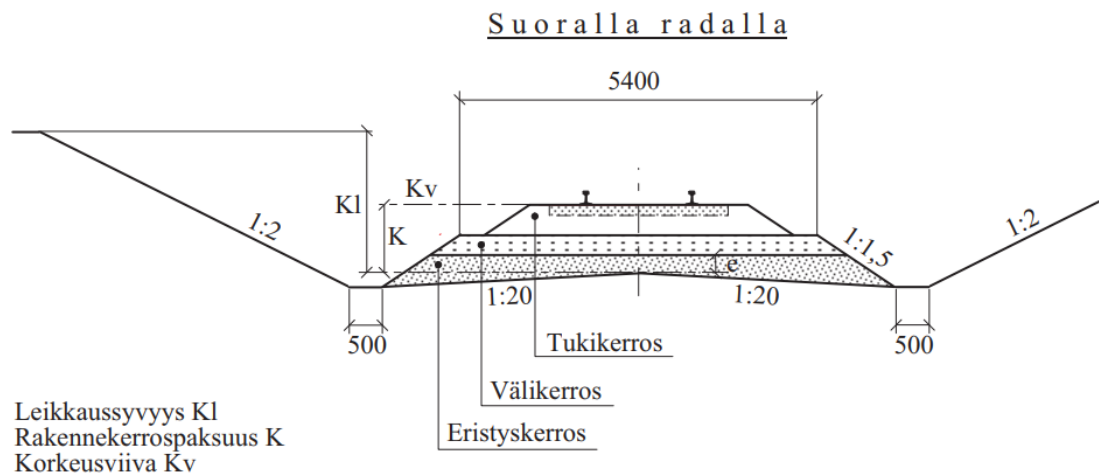
Vastakisko ja sen tukikisko ovat risteysalueen reunoilla sijaitsevat tukikiskot, jotka pitävät liikennöivän kaluston raiteilla. Ristikoon nähden kaluston sisemmät kiskopyörät menevät kielisovituksen ja kärkikiskon ohi, jolloin liikennöivä juna tai työkonne ohjautuu oikealle raiteelle. Tästä ohjautumisesta aiheutuu vaakakuormia joita vasta- ja tukikiskot ottavat vastaan estäen kaluston kiskoilta putoamiseen. (1, s. 33.)

Siipikisko on vaihteen osa, joka ohjaa kiskopyörän vaihteen ristikon päälle. Oikean kokoinen ja ehjä siipikisko mahdollistaa tasaisen liikennöinnin vaihteen ylitse. (1, s. 30.)

Kärkikisko eli ristikon kärki on osa, joka jakaa vaihteen käyrille ja suorille raiteille. Työn kannalta tämä on tärkeä kohta vaihteessa, sillä siihen kohdistuu yleensä paljon iskuja ja näin ollen painumaa tapahtuu niillä kohdilla helposti.

3 Vaihteen geometria

Vaihteen geometrialla tarkoitetaan vaihteen x-, y- ja z-akselin mukaista sijoittumista maastoon ja rataan. Geometria vaihteelle on suunniteltu vastaamaan ja palvelemaan kyseisen rataosan tarpeita ja ympäristöä. Siinä otetaan huomioon radan nopeus, liikennöinnin määrä ja tyyppi sekä mahdolliset kohdekohtaiset muuttujat. Poikkileikkaus radan rakenteesta on yhtenevä normaalin, suoran rataosuuden poikkileikkauksen kanssa (kuva 2).



Kuva 2. Suoran radan poikkileikkaus (2. Liite 2/4, Radan rakenne)

Geometrian suunnittelun lähtökohtana on luoda kokonaisuus, joka vastaa kohteen tarpeita niin liikennöinnin, kaluston, rakentamisen sekä ympäristön osalta. Radan geometria tulee suunnitella yhtenä kokonaisuutena, sillä eri osat alueet kuten vaaka- ja pystygeometria, vaikuttavat toisiinsa. (3, s. 16.)

Vaihteen geometrian suunnittelu pyrkii minimoimaan rakennus- sekä ylläpitokustannukset. Tämän lisäksi tavoitteena on mahdollistaa sujuva ja turvallinen liikennöinti. Oikein mitoitettu ja toteutettu geometria parantaa junan kulkuominaisuuksia.

3.1 Mittaaminen

RATO määrittää geometrialle raja-arvot, joita tulee noudattaa suunnittelun ja rakentamisen aikana. Kunnossapito edellyttää seuranta, jonka tavoitteena on

selvittää geometrian muutokset. Kuten edellä jo mainittiin, nämä ovat raja-arvoja ja niihin tulee suhtautua sen mukaisesti. (2, s. 16.)

Radanleveyden mittaaminen suoritetaan käsin mittaamalla tai automatisoidulla mittaustyökalulla vaihdehuoltojen yhteydessä. Tämän lisäksi radan geometriaa seurataan radantarkastusvaunuilla, joissa on automatisoitu mittausjärjestelmä.

Vaihdehuoltojen yhteydessä tapahtuva mittaus painottuu raideleveyden ja osien kunnon tarkkailuun. Samalla tarkastetaan silmämääräisesti painumat, mutta niiden konkreettinen mittaaminen tapahtuu radantarkastusvaunulla. Mikäli vikoja tai jotain muuta hälyttävää löytyy, niin paikalle tilataan tarvittava kalusto, kuten esimerkiksi edellä mainittu radantarkastusvaunu arvioimaan tilanne. Vaihdehuollot tehdään kierroissa, joita on neljä vuodessa. Vaihteen käyttöaste määrittelee, kuinka monessa näistä vaihde käydään huoltamassa. (4, s. 8.)

Radanmittausvaunun avulla pystytään mittaamaan edellisten lisäksi korkeuspoikkeamia, nuolikorkeuksia, kallistuksia sekä kierouksia. Tällaisia mittausajoja suoritetaan säännöllisesti ja kunnossapidon edustaja on niissä mukana. Ajosta annetaan sanallinen sekä kirjallinen palaute, jonka pohjalta rataa aletaan kunnostamaan. Hälyttäviin poikkeamiin reagoidaan välittömästi.

Tämän lisäksi radan geometriaa mitataan takymetrimittauksella. Tämä mittaus suoritetaan käsin ja sitä kutsutaan nuotittamiseksi. Tässä työvaiheessa mitataan radan asema verrattuna siihen, mikä sen suunnitteluarvojen mukaan tulisi olla. Nämä mittatulokset eli nuotit luovutetaan tuentaryhmälle, jotka nostavat radan oikeaan korkoon.

Tässä työssä tarkastellaan tarkemmin radantarkastusvaunu Ttr1 51 (Emma), (kuva 3) tuloksiin.



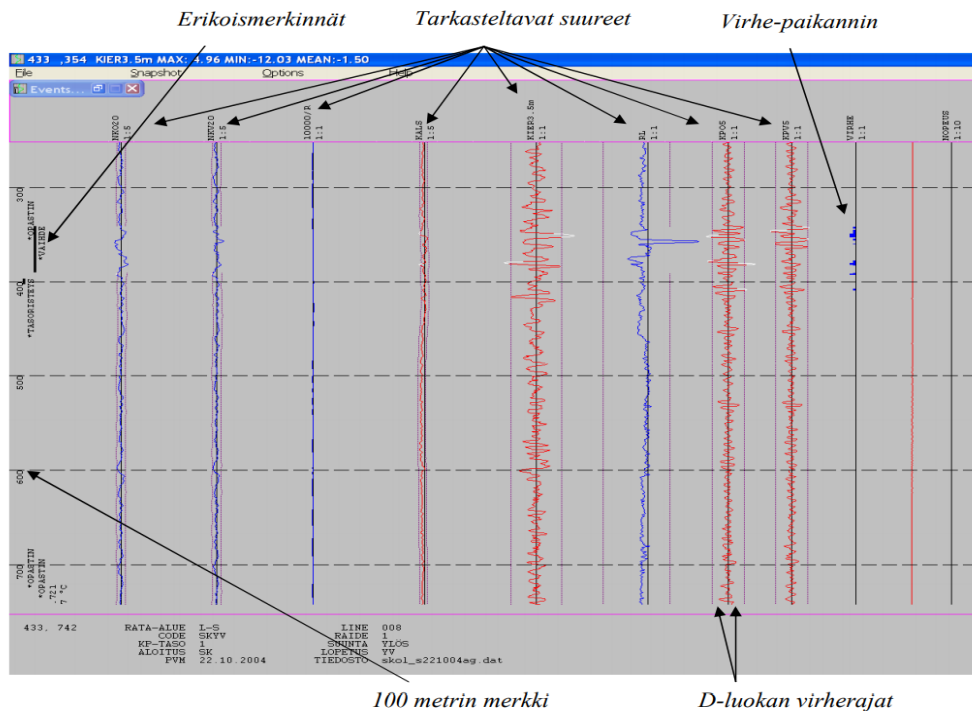
Kuva 3. Ttr1 51 Emma (5)

Emma on varustettu kolmella eri mittausteellillä ja niiden välissä olevilla antureilla, joilla mitataan seuraavia arvoja:

- korkeuspoikkeama (KPO, KPV)
- nuolikorkeus (NKO, NKV)
- raideleveys (RL)
- kallistus (KALS)
- laskennallinen kierous (KIER).

Huom. Korkeuspoikkeaman ja nuolikorkeuden lyhenteissä O = oikea ja V = vasen.

Emma antaa mitatusta rataosuudesta käyrätulostuksen A3-paperille, josta voi nähdä, millaisessa kunnossa kyseinen rata on (kuva 4) (6, s. 9).



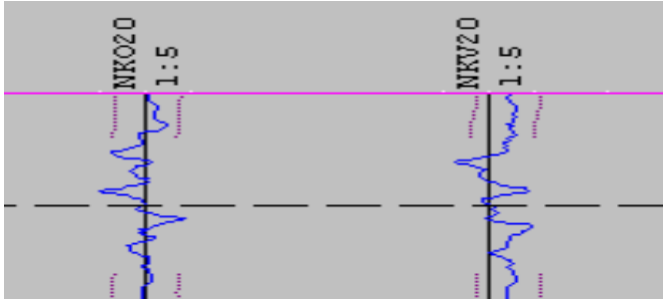
Kuva 4. Emman käyrätuloste (6, s. 9)

Tulosteessa on nähtävissä tarkasteltavat suureet, niiden virherajat sekä vaunun sijainti ratametreinä tulosteen vasemmassa reunassa. Mittakäyrien molemmille puolilla on myös virherajaviivat. Käyrän ylittäessä nämä viivat mittasysteemi ilmoittaa virheestä, joka näkyy tulosteen oikeassa reunassa. Poikkeaman suuruudesta riippuen siitä tulee D-luokan virhe tai *- luokan virhe, joka vaatii välitöntä reagoimista kunnossapitäjältä. (6, s. 8.)

Näitä tulosteita tullaan käyttämään osana opinnäytetyön pilottikohteiden tarkastelua ja lopputulosten tekoa.

Mittatuloksia käsiteltäessä on huomioitava vastakiskon aiheuttama poikkeama vaihdetta mitattaessa. Tämä poikkeama esiintyy kapenemapiikkinä ja johtuu siitä, että mitta-akselin ohjauslevy vetää mitta-akselin kapeammalle ristikon kohdalla, estäen sen törmäämisen risteyksen kärkeen. (6, s. 17.)

Nuolikorkeuden virherajat on hävitetty mittaustuloksista, sillä mitta-akselin pakko-ohjauksesta heijastuu mittavirhettä myös nuolikorkeuteen. Tämä aiheuttaa omia haasteitaan mittaustulosten tulkitsemiseen (kuva 5).



Kuva 5. Nuolikorkeus vaihteen kohdalla (6, s. 18)

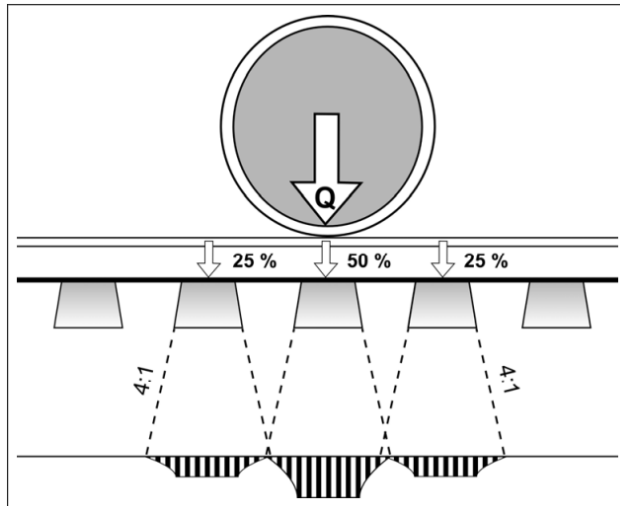
3.2 Kuormat ja niiden jakaantuminen

Radan geometriaa suunniteltaessa ja tarkastellessa tulee ottaa huomioon siihen kohdistuvat kuormat. Tällaisia kuormia ovat pystykuormat, vaakakuormat sekä muut radan alus- ja pohjarakenteisiin kohdistuvat kuormat. Pysty- ja vaakakuormia aiheuttaa radalla liikennöinti.

3.2.1 Pystykuorma

Radan maanvaraista perustusta sekä pohjarakenteiden mitoitusta suunniteltaessa käytetään junakuormaa (kuva 6), joka on rataan kohdistuva pystykuorma. Kuorma määritetään laskemalla junan staattiset nauha-, ja akselikuormat ja kertomalla ne sysäyskertoimella $\phi_v = 1,25$. Suunniteltaessa käytetään 350 kN sallittua akselipainoa, ellei hankkeen suunnitteluperusteissa muuta esitetä. (3, s. 23.)

Pystykuormia syntyy myös iskuista ja sysäyksistä, joita rataan kohdistuu joko liikennöinnin tai jonkin muun ulkoisen tekijän seurauksena.



Kuva 6. Pystysuoran junakuorman jakaantuminen ratapölkkyistä ratapenkereeseen (3, s. 30)

3.2.2 Vaakakuorma

Mitoituksessa on otettava huomioon myös keskipakoisuusvoimat, joita juna aiheuttaa radalla liikkuessaan. Näistä syntyy vaakakuormia, jotka koettelevat esimerkiksi radanrakenteiden stabiliteettia kaarteissa.

Vaakakuormia aiheutuu myöskin liikennöinnin aiheuttamista iskuista. Nämäkin kuormat kohdistuvat pääsääntöisesti ristikkoon, kun vaihdetta ylittävä kulkuneuvo ohjautuu raiteelleen vastakiskoa avuksi käyttäen. Jos vastakiskoa ei huolleta ja seurata, niin sen etäisyys saattaa lähteä kasvamaan iskujen seurauksena raiteesta, jolloin iskut voimistuvat ja alkavat rikkoa ristikköä ja rataa. (3, s. 30.)

3.2.3 Muut rataan kohdistuvat kuormat

Pysty- ja vaakakuormien lisäksi on otettava huomioon myös muut tapauskohtaiset rataa kuormittavat tekijät. Näitä ovat esimerkiksi työkonekuorma sekä roudan aiheuttamat maaperän liikehdinnät (3, s. 31). Maaperästä voi kohdistua muitakin kuormia rataan mutta niitä ei tässä työssä käsitellä.

4 Painumat vaihteessa

Painumat vaihteessa syntyvät, kun tuki- eli sepelikerros ei pysty johtamaan radan kuormia maaperään vaan antaa periksi, jolloin radan rakenteet alkavat vajota sepelikerrokseen. Tällaisiin painumiin on useita syitä, joita käydään läpi tässä luvussa.

Liikennöinnin seurauksena vaihteisiin syntyy painumia, jotka ovat täysin normaaleja. Sallittujen painumien raja-arvot on esitetty taulukossa 1. Näitä painumia hoidetaan suorittamalla säännöllistä koneellista tukemista. Tuentataajuus on täysin riippuvainen kohteen liikennöinnin määrästä.

Radan alusrakenneluokka	Painuma-aika 100 vuotta Tasainen kokonaispainuma [mm]	0-2 vuoden aikana tapahtuva painuma		2-9 vuoden aikana tapahtuva painuma	
		Pituuskaltevuuden muutos [%]	Sivuttaiskaltevuuden muutos [%]	Pituuskaltevuuden muutos [%]	Sivuttaiskaltevuuden muutos [%]
0	800	0,4	0,8	0,4	0,8
1	800	0,3	0,6	0,3	0,6
2	500	0,2	0,4	0,2	0,4
3	300	0,15	0,3	0,15	0,3
4	100	0,1	0,2	0,1	0,2

Taulukko 1. Tasaisen painuman, pituus- ja sivuttaiskaltevuuden muutoksen raja-arvot (3, s. 17)

Mikäli painumat ylittävät taulukon 1 raja-arvot, on kyseessä sellainen ongelma radassa ja sen rakenteissa, johon tulee reagoida erikseen painuman määrästä riippuen.

Tällainen painuma voi johtua tukikerroksesta tai puutteista tuentatöissä eli tukikerroksen tiivistämisessä. On mahdollista, että tukikerroksen sepeli on vaurioitunut siten, ettei se kykene enää johtamaan liikenteen aiheuttamia kuormia maaperään, vaan se alkaa antaa periksi. Mikäli tukikerros on kuitenkin kykenevä kuormien välitykseen, voi painumien syynä olla puutteellinen tai kokonaan pois jäänyt tuentatyö. Tuentatyön tarkoitus on tiivistää ratasepeli vaihdpeöllin alle

siten, että siitä muodostuu tiivis pohja ratarakenteille. Mikäli tuentatöiden laatu on heikkoa tai sitä ei ole ollenkaan, ei tällaista pohjaa synny eivätkä kuormat pääse siirtymään tarkoitetulla tavalla.

Toinen syy painumille on, että liikennöinnistä aiheutuvat iskut rataa rikkovat tukikerroksen. Tällaiset iskut syntyvät huonokuntoisista tai jo rikkoutuneista radan osista. Liikenne ajaa viallisten osien päältä synnyttäen iskuja radan osiin ja tätä kautta tukikerrokseen. Tällaisia iskuja kutsutaan sysäyksiksi ja ne ovat paljon suurempia kuin pystysuora junakuorma, jonka takia tukikerros saattaa antaa periksi. Tällainen isku voi olla peräisin esimerkiksi viallisesta siipikiskosta, joka toimiessaan väärin saa junan pyörät iskeytymään ristikon kärkeen, josta seuraa ristikon vaurioitumista ja painumaa.

Kolmas mahdollinen syy painumille on epätasainen liikennöinti. Vaihteen yli saatetaan ajattaa esimerkiksi vain suoran puolen kautta junia jolloin kaikki kuormat kohdistuvat tälle puolelle. Koska kuorma on jakautunut epätasaisesti pitkällä aikavälillä, eri puolien välillä voidaan havaita eroavaisuuksia materiaalin tiivistymisessä.

4.1 Painumien seuraukset

Painumat radassa ovat kriittisiä ja johtavat yleensä ketjureaktiomaiseen osien hajoamiseen, mikäli niitä ei poisteta nopeasti. Painunut kohta aiheuttaa iskuja rataa, kun sen yli liikennöidään. Nämä iskut vaurioittavat tukikerrosta aiheuttaen lisää painumia. Kun painumia on tarpeeksi, ne alkavat vaikuttaa vaihteen kuntoon. Liikaa painuneeseen vaihteeseen liikenteen kuormat jakaantuvat epätasaisesti aiheuttaen osien, kuten esimerkiksi ristikon vahingoittumista.

Toinen usein painumien seurauksena hajoava osa vaihteessa on pöllä. Junakuormat eivät pysty jakaantumaan pöllille tasaisesti, mikä aiheuttaa tämän murtumisen. Murtunut ratapöllä (kuva 7) lisää syntyvien painaumien riskiä entisestään ja aiheuttaa laajempia vahinkoja.



Kuva 7. Murtunut betonipölli

Tämä vahingoittumisprosessi saattaa olla myös käännteinen. Radan rakenteissa voi olla vikoja, jotka ovat peräisin osien tuotannosta tai niiden asennusvaiheesta. Radan liikennöinti aiheuttaa tällaisten vikojen kohdalla sysäyksiä rakenteisiin, jotka taas rikkovat lisää osia ja voivat saada radan menettämään geometriaansa.

4.2 Painumien estäminen

Painumien syntymistä pyritään estämään radan elinkaaren kaikissa vaiheissa, suunnittelussa, rakentamisessa sekä kunnossapidossa.

Suunnittelussa nimetään vaihdealueella riittävän kestävä sepeliluokka, joka antaa tukikerrokselle mahdollisimman hyvän kantokyvyn. Suomessa käytetään pääsääntöisesti LArb12-luokkaa, joka on iskunkestävyysluokaltaan paras. Myös geometria suunnitellaan siten, että liikennöinnin kuormat jakaantuvat hyvin.

Rakennusvaiheessa radan tukikerros tuetaan sekä elementit asennetaan huolellisesti. Näillä toimenpiteillä muodostetaan hyvä ja tukeva kokonaisuus, jota pitkin kuormat pystyvät välittymään maaperään.

Kunnossapidon aikana vaihdetta ja sen geometriaa seurataan, jotta painumia ei pääsisi syntymään. Rikkoutuneet osat korjataan tai vaihdetaan uusiin ja näin ennaltaehkäistään muiden osien ketjureaktiomaista hajoamista ja radan painumista.

4.3 Painumiin reagointi

Mikäli painumia kuitenkin pääsee syntymään, niihin reagoidaan mahdollisimman nopeasti ja radan geometria pyritään palauttamaan ennalleen mahdollisimman nopeasti ja kustannustehokkaasti.

Painumien korjausmetodi on teoriassa yksinkertainen. Painumaa aiheuttanut tekijä poistetaan, rata tuetaan käsin ja koneellisesti, samalla palauttaen se oikeaan korkoasemaan. Näin radalle muodostuu jälleen kestävä tukikerros, joka estää painumia tehokkaasti.

Tämä voi kuitenkin olla haasteellista, sillä painuma voi johtua monesta yksittäisestä tekijästä. Tällöin kaikkia vaikuttavia tekijöitä ei välttämättä huomata, jolloin ne jäävät vielä kuormittamaan rataa. Tästä syystä on tärkeää tutkia ja seurata kohdetta huolellisesti. Tuenta on myös toteutettava niin hyvin kuin mahdollista, sillä se on avaintekijä painumien korjaamisessa.

5 Kiilaukset ristikossa

Kiila on joko muovinen tai puinen liuska (kuva 8), joka on asennettu aluslevyn ja ratapöllin väliin korjaamaan tilapäisesti radan geometriaa. Kiilan asentaminen on helppo, nopea ja halpa tapa palauttaa geometria hetkeksi. Kiilat toimivat tilapäisenä ja hetkellisenä ratkaisuna radan geometrian korjaamisessa mutta liian pitkällä aikavälillä käytettynä aiheuttavat lisää ongelmia (6, s. 7).



Kuva 8. Nippu kiiloja aluslevyn ja ratapöllin välissä (Haukivuori V801)

5.1 Seuraukset

Kiilat tulisi poistaa lähitulevaisuudessa niiden asentamisen jälkeen, sillä pitkällä aikavälillä ne alkavat vahingoittaa rataa ongelman poistamisen sijaan.

Kiilojen korvauksesta tai poistamisesta ei kuitenkaan ole ollut virallista ohjeistusta. Tästä johtuen vaurioiden lähdettä ei ole korjattu, vaan ongelmat on peitetty lisäämällä kiiloja. Lopuksi niitä on kuvan 8 mukainen nippu aluslevyn ja ratapölliin välissä, mikä aiheuttaa pistemäisen kuorman pölliin. Tämä taas aiheuttaa taipumaa ja jopa halkeilua pöllissä (kuva 9).



Kuva 9. Taipunut betonipölli

Ratapölliin taipumisen lisäksi itse ristikkokin saattaa vaurioitua painumisen takia. Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi silloin, kun pölli painuu jostain kohdasta enemmän kuin muualta. Tämä johtaa suureen pistemäiseen kuormaan, joka kohdistuu rataan ja saattaa aiheuttaa murtumia myös ristikossa.

Tällainen ratapölliin osittainen painuminen johtuu esimerkiksi siitä, että liikennettä saatetaan ajattaa pelkästään vaihteen toisen asennon läpi. Tällöin kuormat kohdistuvat vain vaihteen elementtien toiseen reunaan, mikä johtaa siihen, että sepeli ei pääse tasoittumaan tasaisesti vaihteen alle. Sitten kun liikenne ajatetaan yllättäen vaihteen toisen asennon läpi, tukikerros saattaa häiriintyä ja painumaa tapahtuu.

Kiilat ovat siis aiheuttaneet ketjureaktiomaisesti lisää painumia ja vaurioita vaihteen elementeissä, mihin on alettu puuttua vasta hiljattain. Tästä seuraa mittavia osien ja pölliin vaihtotöitä, jotka käyvät todella kalliiksi.

5.2 Poisto- ja korvausmenetelmät

Liikennevirasto on julkaissut linjauksen koskien kiilojen käyttöä ja poistamista 31.5.2018 (7). Julkaisussa sanotaan, että geometriavirheen korjaaminen kiilalla on aina tilapäinen korjaustapa. Asennetun kiilan poistoajaksi on julkaisussa nimitetty yksi kuukausi, ellei niitä olla asennettu talvella. Tällöin poisto tulee suorittaa viimeistään kesäkuun loppuun mennessä. (7. s, 7.)

Julkaisussa on myös määrätty, että kunnossapitäjän tulee kartoittaa alueensa kiilaukset, sekä tehdä suunnitelma niiden poistamisesta. Poisto-operaation tulee olla tehtynä vuoden 2020 loppuun mennessä. (7. s, 7.)

Vaihdepölkylle on julkaisussa oma kohtansa, jossa nimetään enimmäiskiilamäärä vaihdepölkylle, joka on kymmenen millia. Kiilan materiaaliksi vaaditaan polyeteenimuovia. Puusta valmistettujen kiilojen käyttö on kiellettyä. (7. s, 7.)

Kiilausten poiston aloittamisessa tulee aluksi selvittää, ovatko kaikki osat ja pölköt ristikossa ehjiä. Mikäli eivät ole, ne tulee korvata uusilla ehjillä osilla. Tämän jälkeen on arvioitava tukikerroksen vaihdon tarve. Voi olla, että ajan saatossa sepeli on mennyt niin huonoon kuntoon, ettei se enää palvele tukikerroksena niin kuin pitäisi. On myös mahdollista, että liian usein tai huolimattomasti tehty tuenta on hajottanut sepeliä. Kun edellä mainitut asiat on varmistettu ja tarvittavat vaihtotyöt tehty, voidaan kiilat poistaa ja sen jälkeen nostaa sekä tukea vaihde oikeaan korkoon. Vaihtotöiden yhteydessä suoritetaan huolellinen tuenta sekä koneellisesti, että käsin. Tämän lisäksi tehdään jälkituenta vaihteelle, kun liikennöinnistä aiheutuva liike on päässyt tiivistämään sitä vähän.

6 Pilottikohteet

Opinnäytetyössä käytettiin pilottikohteita, joihin tehtiin erilaisia toimenpiteitä kiilausten poistamista ja geometrian säilyttämistä varten. Mittatulokset otettiin

kohteista ennen työtä ja muutaman kerran töiden jälkeen. Näitä mittatuloksia vertailtiin keskenään ja todettiin, miten mikäkin toimenpide vaikutti.

Työssä tutkittiin neljää kohdetta: Haukivuoren vaihdetta V801, Hiirolan vaihdetta V701, Otavan vaihdetta V501 sekä Mäntyharjun vaihdetta V352. Kaikki neljä ovat lyhyitä yksinkertaisia (YV) vaihteita. Tämän lisäksi jokainen näistä on kärkivaihde, mikä tarkoittaa, että ne ovat jatkuvalla ja säännöllisellä liikenteellä.

Alla on tarkemmat selosteet kohteista, lähtötiedot, sekä selostus siitä mitä tehtiin ja millaisiin tuloksiin näillä toimenpiteillä päästiin. Luvun lopussa on myös yhteenveto-osuus, jossa pureudutaan tarkemmin tuloksiin ja näistä muodostuneeseen kokonaisuuteen.

6.1 Haukivuori V801

Haukivuoren liikennepaikalla sijaitseva vaihde V801 valittiin yhdeksi pilottikohteista, koska sen ristikko ja pöllit olivat vahingoittuneet niin pahasti, että ne jouduttiin vaihtamaan uusiin. Tällainen kohde antaa hyvän mahdollisuuden nähdä, miten osien ja pöllien vaihto vaikuttaa geometriaan verrattuna esimerkiksi kohteeseen, josta poistetaan pelkät kiilat.

Vaihteen ristikkoon oli asennettu myös kiiloja, joita oli enimmillään yhden aluslevyn alla 28 millimetriä. Näiden lisäksi myös kielisovituksen alueella oli muutamia kiiloja. Kaikki kiilat poistettiin osien vaihdon yhteydessä.

Oma oletukseni painumille tässä kohteessa on, että viallinen ristikko on alkanut liikennöinnin yhteydessä siirtämään kuormia pöille epätasaisesti, mikä taas on saanut pöllit taipumaan. On myös mahdollista, että pöllit ovat tulleet tuotannosta vielä hiukan märkinä, mikä on tehostanut pöllien taipumista.

Aluksi painumien tultua ilmi, ne on korjattu kiiloilla, mikä taas on saanut pöllit taipumaan entisestään. Tätä painumaa on taas korjattu hetkellisesti asentamalla lisää kiiloja, kunnes ristikon osat ovat kuluneet ja pöllit taipuneet niin paljon, että ne joudutaan vaihtamaan.

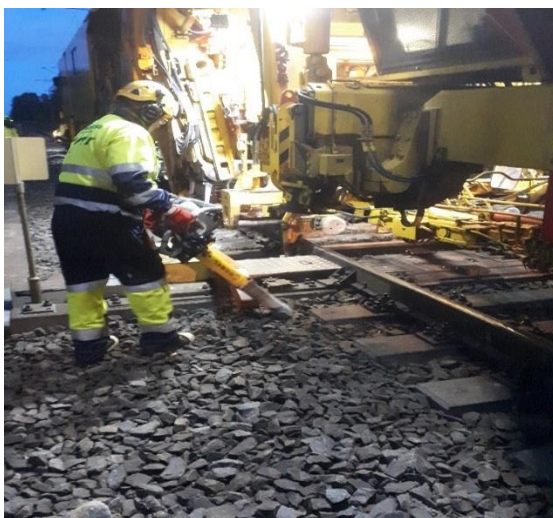
6.1.1 Työn suoritus

Työ aloitettiin poistamalla vahingoittuneet pöllit ja korvaamalla ne uusilla. Tässä yhteydessä poistettiin myös kiilat ristikon alueelta (kuva10).



Kuva 10. Kiilojen poisto

Seuraava työvaihe oli vanhan ristikon irrottaminen ja uuden paikalleen asennus. Kun kaikki kiilat oli poistettu ja uudet osat saatu paikalleen, tuentatyöt aloitettiin. Vaihte tuettiin huolellisesti niin käsin kuin koneellisesti (kuva 11).



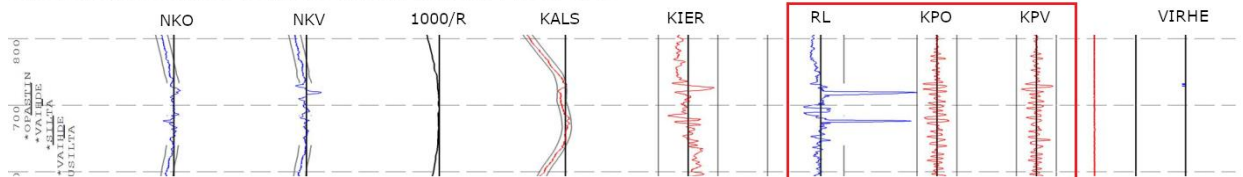
Kuva 11. Tuenta käsin ja koneellisesti

6.1.2 Tulokset

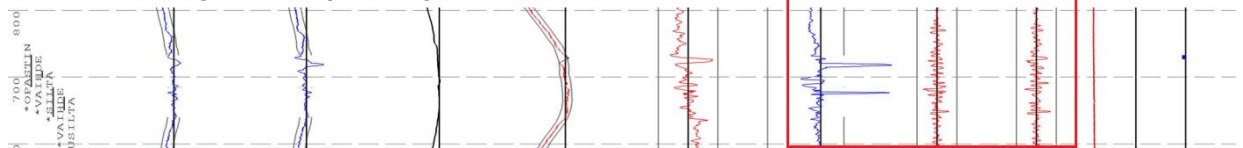
Vertailtaessa tuloksia huomataan, että toimenpiteet ovat parantaneet kohteen geometriaa huomattavasti. Tämän lisäksi sekä se on pysynyt hyvässä kunnossa kolmen kuukauden ajan. Nämä tulokset viittaavat siihen, että vika olisi saatu poistettua kohteesta onnistuneesti. Kolme kuukautta on toisaalta todella lyhyt aikaväli tarkastella painumia eikä täydellä varmuudella voida sanoa, että ongelma olisi korjattu täysin.

HAU V801

Mittatulokset ennen korjaustoimenpiteitä. 22.05.2018



Mittatulokset korjaustoimenpiteiden jälkeen. 10.08.2018



Kuva 12. Haukivuoren Emma - tulokset

Tuloksissa huomataan, että niin RL, KPO sekä KPV ovat muuttuneet positiiviseen suuntaan. Vähän alle kolmen kuukauden tarkkailuajalla tulokset ovat myös pysyneet hyvinä, mutta kohteen tarkkailua tulee jatkaa talven yli.

6.2 Hirolan vaihde V701

Hirolan vaihde V701 valittiin pilottikohteeksi, koska sen tuenta tehtiin kokonaan käsin. Vaihteessa on ollut jo pitkään isoja määriä kiiloja (kuva13) ja haluttiin kokeilla, millaisia tuloksia saataisiin aikaan, mikäli tuenta suoritettaisiin kokonaan käsin. Kohde sisälsi myös katkenneita raideruuveja.

Tämä kohde antaa työhöni hyvän näkökulman ja vertailumahdollisuuden kohteesta, johon suoritetaan ainoastaan tuentaa. Pilottikohteen tulokset voivat myös paljastaa, onko pelkällä käsin tuennalla ero normaaliin käytäntöön eli koneelliseen tuentaan jota avustetaan käsin.

Henkilökohtainen oletukseni painumille on sama kuin Haukivuoren kohteessa. Jokin viallinen osa on johtanut epätasaiseen voimien jakaantumiseen mahdollisesti sysäysten muodossa, joka on saanut pöllit taipumaan ja raideruuvit katkeamaan.

Tämän kohteen toimenpiteet tehtiin kesällä vuonna 2017, jolloin ongelma kiiloista alkoi nousta esille. Tekemällä huolellinen tuenta käsin haluttiin nähdä, päästäisiinkö näin parempiin tuloksiin kuin esimerkiksi koneellisella tuennalla.



Kuva 13. V701 kiilaukset

6.2.1 Työn suoritus

Työ aloitettiin korvaamalla katkenneet raideruuvit uusilla. Kun tämä saatiin tehtyä, nostettiin ristikko tunkeilla ilmaan ja kiilaukset poistettiin. Tästä alkoi hidas tukemisprosessi. Ristikko pidettiin tunkeilla halutussa korossa ja käsituennalla sepeliä tiivistettiin pöllien alle (kuva14). Sepeliä myös lisättiin sitä mukaa, kun se tiivistyi tuennan seurauksena. Ristikon saavuttaessa halutun korkoaseman tuenta lopetettiin ja se jätettiin liikenteelle pariksi päivää. Tämän jälkeen kohteelle palattiin ja samat työvaiheet jatkuivat jälleen. Näin ristikkoa tuettiin kuukauden verran.

Pitkä ja huolellinen tuentaprosessi vei enemmän resursseja kuin käytännössä on mahdollista käyttää.



Kuva 14. Käsintehävä tuenta

6.2.2 Tulokset

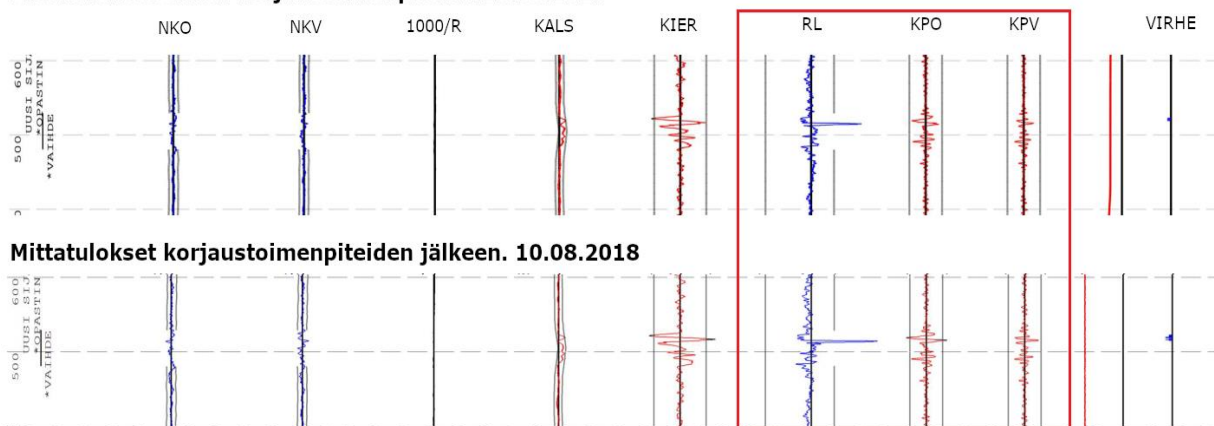
Käyriä tarkastellessa huomataan, ettei työ ole tuottanut haluttua tulosta eikä näin ollen ole supistanut käyriä. Tämän sijaan vika on jatkanut laajenemistaan normaalia tahtia.

Tässä kohteessa tarkkailuaika oli melkein vuosi, mikä on enemmän kuin muissa pilottikohteissa. Tulokset ovat realistisemmat, koska maa on päässyt jäätymään ja sulamaan mittausten välissä.

Kuten edellä kuitenkin mainittiin, vika ei ole poistunut eli syy ei todennäköisesti ole tukikerroksessa. Tämä viittaa siihen, että ongelma olisi radan rakenteessa, joten seuraava looginen korjausmenetelmä olisi joko hitsaustyö tai osan vaihto.

HII V701

Mittatulokset ennen korjaustoimenpiteitä. 15.05.2017



Kuva 15. Hirolan Emma – Tulokset

6.3 Otava V501

Otavan ratapihan eteläisessä päässä sijaitseva vaihde V501 valittiin pilottikohteeksi, koska se oli ns. normaali työn kohde. Vaihteessa oli tapahtunut painumia, joita oli aloitettu korjaamaan kiillauksilla.

V501 toimisi hyvänä vertailukohteena muille työn kohteille, sillä tässä vaihteessa suoritettaisiin ainoastaan kiillojen poisto ja normaali koneellinen tuenta käsin avustettuna.

Oma oletukseni painumille oli, että tukikerros on tuettu huonosti, sillä mitään vaihteen osia ei ollut hajonnut ja pöllitkin olivat ehjät.

6.3.1 Työn suoritus

Vaihteen kiillaukset poistettiin juuri ennen tuentakoneen saapumista. Vaihde oli myös sepelöity reilusti ennen tuentatöitä. Tuentakone saavuttuaan nosti vaihteen oikeaan korkoon ja tuki sen. Jalkamiesryhmä avusti tuentaa käsikonein.

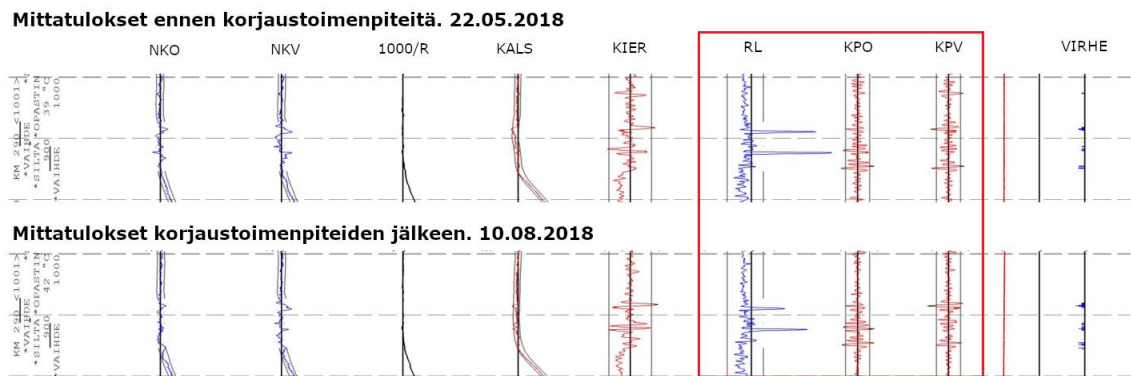
6.3.2 Tulokset

Tuloksia tarkastellessa huomataan, että toimenpiteet ovat parantaneet mittatuloksia hiukan, mutta vikaa ei ole onnistuneesti poistettu.

Tämä tarkoittaa, että oletukseni painumien syystä oli väärä, ja ongelma sijaitsee todennäköisesti rakenteissa. Kohde on Otavan ratapihan kärkevaihde, eli se on jatkuvan liikennöinnin rasitettavana. Tämä voisi viitata siihen, että vika on sen verran pieni, etteivät siitä johtuvat sysäykset tai väärin ohjautuvat voimat riitä rakenteiden rikkoutumiseen.

Seuraava looginen korjausmenetelmä olisi tässä tapauksessa hitsaustyö. Mikäli näilläkään toimenpiteillä ei saataisi geometriaa säilymään, olisi seuraavana työmenetelmänä osien vaihto.

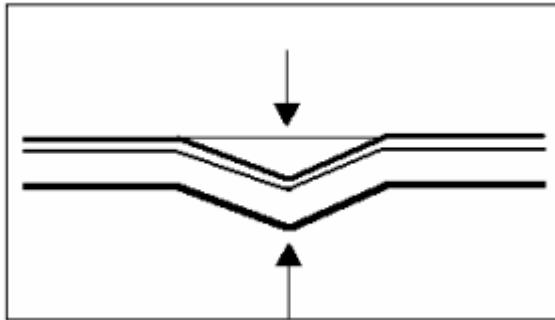
OT V501



Kuva 16. Otavan Emma – tulokset

6.4 Mäntyharju V352

Mäntyharjulla sijaitseva vaihde V352 valittiin pilottikohteeksi, sillä siinäkin oli havaittu korkeuspoikkeamaa. Tässä vaihteessa korkeuspoikkeama on pistemäinen (kuva17), eli korjausmenetelmäksi valittiin hitsaustyö. Näin saadaan kaikki eri työmenetelmät vertailuun ja päästään lopputuloksissa pohtimaan laajemmin eri menetelmien toimivuutta.



Kuva 17. Korkeuspoikkeama kiskossa (7, s. 3)

V352 ei pitänyt sisällään kiiloja taikka osan vaihtoa. Korkeuspoikkeama vaihteessa oli todella pistemäinen, mikä viittaa heti vaurioituneeseen osaan. Tämä osa voi olla esim. ristikossa tai se voisi hyvin olla haljennut pölli.

6.4.1 Työn suoritus

Tilannearvio käytiin tekemässä paikan päällä. Arviossa todettiin, että ensisijaiseksi työmenetelmäksi sopisi parhaiten hitsaustyö. Työmenetelmän valinta perustui siihen, ettei viallisia pöllejä havaittu.

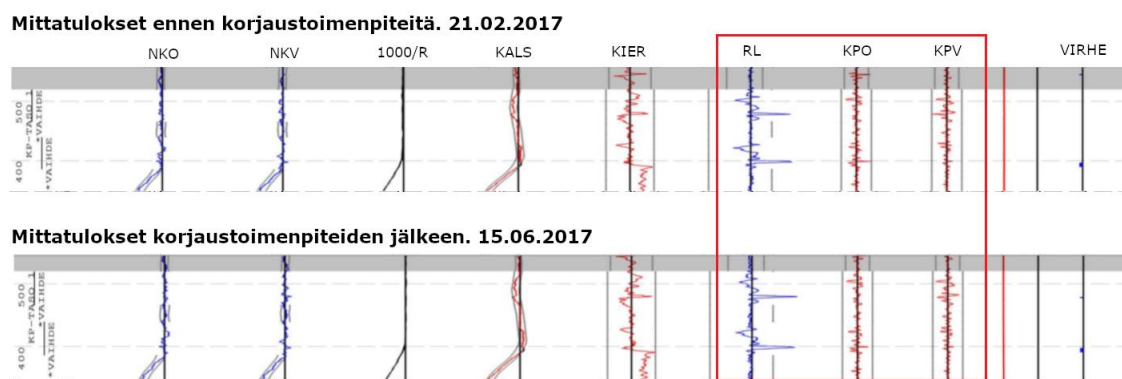
Hitsausryhmä saapui paikalle ja suoritti ristikon alueelle tarvittavat hitsaus- ja hiontatyöt.

6.4.2 Tulokset

Tuloksia ja erityisesti oikeanpuoleista korkeuspoikkeamaa (KPO) tarkasteltaessa huomataan, että hitsaustoimenpiteet poistivat pistemäisen korkeuspoikkeaman onnistuneesti.

Kohteen mittaustuloksia verrattaessa huomataan, että kohta, jossa vika oli ollut, on pysynyt hyvin korossaan mittausten välisen ajan. Tämä on lupaava merkki mutta tässä kohtaa on myös hyvä todeta, ettei aika mittausten välissä ole riittävän pitkä, että voitaisiin todeta mitään lopullista.

MR V352



Kuva 18. Mäntyharjun Emma – tulokset

6.5 Yhteenveto

Tarkasteltaessa pilottikohteiden tuloksia huomataan, että korjausmenetelmä on aina tapauskohtainen. Menetelmänä voi olla tuenta, hitsauskorjaus tai osan vaihto. Näistä joko yksittäinen tai useamman käyttö johtaa toimivaan ja pysyvään lopputulokseen. Kohteen vikaa ja korjausmenetelmää pystyy kuitenkin arvioimaan jo mittatuloksista ja jopa silmämääräisesti.

Mikäli geometrian poikkeama on pitkällä välillä, on ongelma todennäköisesti tukikerroksessa. Sepeli on päässyt murskaantumaan ja tiivistymään, minkä seurauksena rakenteet ovat päässeet painumaan.

Tällainen painuma näkyy yleensä useammalla metrillä radassa ja ristikon alueella. Tällöin korjaustapana on ensisijaisesti tukeminen. Tällaisessa tilanteessa on otettava huomioon myös, että painumat ovat saattaneet rikkoa joitakin osia, kuten esimerkiksi pöllejä. Vastaavassa tilanteessa pelkkä tuenta ei riitä, vaan myös vialliset osat on vaihdettava.

Mikäli taas tuloksissa on pistemäinen vika, on kyseessä todennäköisesti rikkiäinen osa. Tällöin syynä voi olla yksittäinen haljennut pölly, vaurioitunut ristikko tai kisko.

Tällaisissa kohteissa tuenta ei ole vaihtoehto, sillä se vain nostaa vauriota ylöspäin, sen poistamisen sijaan. Toimivat korjausvaihtoehdot ovat hitsaaminen tai kyseisen osan vaihtaminen.

Kiilaamisella on samanlainen vaikutus tällaisiin vikoihin kuin tukemisella. Se nostaa vikaa ylöspäin, mutta ei poista sitä. Tästä syystä ne soveltuvat ainoastaan tilapäisratkaisuiksi, aivan kuten Liikenneviraston julkaisussa on todettu.

7 Pohdinta

Työn tavoitteena oli koota tietoa vaihteen geometriasta, tutkia syitä sen menetykselle ja kartoittaa eri korjausmenetelmien tehokkuutta.

Kirjatietoutta oli reilusti tarjolla ja siihen tuli perehdyttyä paljon työn aikana. Kerätessäni keskeisimpiä asioita työhön ”jouduin” lukemaan useita työohjeita ja määräyksiä läpi. Tämä auttaa minua tulevaisuudessa, sillä nyt minulle on muodostunut vankka pohja lähteä etsimään tietoutta erityisesti rautateiden geometriasta.

Tutkiessani syitä geometrian menetykselle pääsin perehtymään radan päällysrakenteeseen todella perinpohjaisesti. Tämän lisäksi sain mahdollisuuden tutustua ja haastatella eri tahoja, jotka ovat työskennelleet rautateiden parissa pitkään. Heidän pitkästä kokemuksestaan ja tietoudestaan oli paljon apua työn tekemisessä ja opin heiltä paljon asioita, jotka auttavat minua urallani tulevaisuudessa.

Omasta mielestäni työssä kartoitettiin onnistuneesti mahdolliset syyt geometrian menetyksille ja niistä jäi ainakin itselleni erittäin selvä kuva.

Pilottikohteet olivat todella keskeinen ja itselleni mieleinen osa työtä, sillä se oli käytännönläheistä. Pääsin näkemään usean kohteen lähtötilanteen, työvaiheet ja miten ne vaikuttivat. Tämä oli todella opettavaista ja sen raportointi mielekästä.

Pilottikohteiden tarkoitus oli kartoittaa toimivat työmenetelmät erilaisille kohteille. Tämä onnistui mielestäni hyvin, sillä kohteet olivat keskenään erilaisia ja osaan saatiin onnistuneita työsuoritteita.

Miinukseksi pilottikohteista jäi tarkastelu-aika. Olisi ollut hyvä tarkastella eri mittatuloksia koko vuoden ympäri, sillä maaperä jäätyy ja sulaa, mikä voi aiheuttaa geometrian muutoksia.

Omasta mielestäni työn tavoitteissa onnistuttiin hyvin ja minulle jäi tästä valtavasti käteen itselleni. Niin kirjallista tietoutta, käytännön osaamista ja ennen kaikkea iso määrä uusia kontakteja joilta osaan kysyä apua tulevaisuudessa.

Lähteet

1. Liikennevirasto 2012. Liikenneviraston ohjeita 22/2012. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 4. Vaihteet
2. Liikennevirasto 2014. Liikenneviraston ohjeita 17/2014. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3. Radan rakenne
3. Liikennevirasto 2010. Liikenneviraston ohjeita 3/2010. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 2. Radan geometria
4. Liikennevirasto 2016. Liikenneviraston ohjeita 14/2016. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 14. Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito
5. Valtatie.kuvat.fi 2012. DSC03781
6. Ratahallintokeskus 2005. Raiteentarkastustulokset ja niiden tulkinta
7. Liikennevirasto 2018. Liikenneviraston ohjeita 22/2018. Tilapäisratkaisut vaihteessa