Tampereen ammattikorkeakoulu

Vaihde-elementtien nosto ja siirto

Rebekka Ojala

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

REBEKKA OJALA:
Vaihde-elementtien nosto ja siirto

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Huhtikuu 2019

Vaihteet ovat yksi rautatiemaailman kriittisimpiä osia. Vaihteet mahdollistavat junien monipuolisen kulkemisen. Vaihteiden asennus on tarkkaa työtä, sillä työn jäljen tulee olla mahdollisimman tasaista. Vaihteet koostuvat erilaisista elementeistä, ja vaihteiden vaihtaminen tehdäänkin yleensä elementti kerrallaan. Vaihde-elementit koostuvat useasta eri osasta, joihin kuuluvat mm. kiskot, kieli, kiinnikkeet, vaihteenkääntölaitteet ja raidepölkyt.

Vaihde-elementtien nostaminen ja siirtäminen ovat kriittisiä vaiheita, joissa pitää noudattaa erityistä varovaisuutta. Vaihteet vaihdetaan elementti kerrallaan. Elementtiin ei saa kohdistua ylimääräisiä voimia eikä se saa taipua. Vaihde-elementtejä voidaan nostaa vaihtelevalla nostokalustolla ja monilla erilaisilla nostoapuvälineillä. Nostokalusto ja -apuvälineet tuleekin aina valita työmaakohtaisesti, kaikki vaihtoehdot eivät sovi jokaiselle työmaalle. Valittu nostokalusto ja -apuvälineet eivät saa vahingoittaa vaihde-elementtiä tai sen osia.

Jotta nostojen turvallinen toteutus voidaan toteuttaa, tulee työturvallisuuteen kiinnittää huomiota. Ratatyömailla on tarkat työturvallisuusvaatimukset, joita tulee noudattaa myös vaihdetyömailla. Nostoa ennen työmaalle tulee laatia nostoa koskeva työ- ja laatusuunnitelma, jossa käsitellään noston tekniset ja työturvallisuutta koskevat asiat. Työturvallisuuden ohella riskienhallinnalla pyritään vaikuttamaan noston turvallisuuteen. Riskienhallinnassa käydään läpi kaikki nostoa koskevat riskit ja vaarat sekä toimenpiteet. Kun mahdolliset riskit on käsitelty ja eliminoitu on todennäköisyys turvalliseen vaihde-elementin nostoon suurempi.

Työturvallisuutta koskevia ohjeita ja asetuksia on paljon. Tässä opinnäytetyössä on tuotettu materiaalia Väyläviraston ohjeen Vaihteiden nosto ja siirto päivittämistä varten.

Asiasanat: vaihteet, vaihde-elementti, nostokalusto, nostoapuvälineet, työturvallisuus, riskienhallinta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Infrastructure construction

REBEKKA OJALA:
Lifting and Moving Rail Switch Elements

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 1 pages
April 2019

Rail switches are one of the most critical parts of railways. Without rail switches trains would not be able to move diverse. Installing rail switches is exact job. Result must be regular. Rail switches consist of different elements. Rail switch replacement is done by one element at a time. The elements consist of different parts, which are rails, switch motor, tongue rail, fastenings and sleepers.

Lifting and moving the elements are critical operations, where special care should be taken. Rail switches are replaced by one element at a time. The element must not bend when lifting. The elements can be lifted with different kind of lifting equipment and lifting accessories. Lifting equipment and accessories must always be selected on a site-by-site basis. Not all options are suitable for all sites. The selected lifting equipment and accessories must not damage the element or its parts.

In order to implement safe lifting, attention must be paid to occupational safety. Rail sites has exact safety requirements, which must also be observed on shifting sites. A work and quality plan must be drawn up before lifting, dealing with technical and occupational safety issues. In addition to occupational safety, risk management aims to influence the safety of lifting. Risk management involves reviewing all risks and risks associated with lifting. Risk management determines the necessary measures to manage the risk. Once potential risks have been identified and eliminated, safe raising of the element is more likely.

There are lot of instructions and settings for occupational safety. This thesis has produced material for the upgrading of Väylävirastos guide "Lifting and Moving Rail Switch Elements".

Key words: rail switch, lifting equipment, lifting accesories, safety, risk management

SISÄLLYS

1 JOHDANTO ... 8
2 VAIHDE-ELEMENTIT ... 9
2.1 Ratakiskojen tunnukset ... 10
2.2 Vaihteiden merkintä ... 11
2.3 Vaihdetyypit ... 12
2.3.1 Yksinkertaiset vaihteet ... 12
2.3.2 Kaksoisvaihteet ... 13
2.3.3 Risteysvaiheet ... 14
2.3.4 Raideristeykset ... 15
2.4 Vaihteen osat ... 15
2.4.1 Kiskot ... 16
2.4.2 Ratapölkyt ... 16
2.4.3 Kiinnitykset ... 17
2.4.4 Vaihteenkääntölaitteet ... 19
2.4.5 Kärki- ja välivahvistukset, yhdyslevyt ... 20
2.4.6 Vaihteiden lumisuojat ja lumensulatus ... 21
3 ENNEN VAIHTEIDEN VAIHTOA ... 23
3.1 Valmistelevat työt ... 23
3.2 Elementtien poisto ... 25
4 VAIHTEIDEN VAIHTO ... 27
4.1 Pohjan rakentaminen ... 28
4.2 Elementtien asennus ... 29
4.2.1 Asennussuunnitelma ... 29
4.2.2 Vaihde-elementtien asentaminen ... 30
4.3 Viimeistely- ja jälkityöt ... 34
5 VAIHDE-ELEMENTTIEN NOSTAMINEN JA SIIRTÄMINEN ... 35
5.1 Vastaanottaminen ja varastointi ... 35
5.2 Elementtien nostaminen ... 36
5.2.1 Nostokalusto ... 37
5.2.2 Nostoapuvälineet ... 40
5.2.3 Nosto- ja painopisteet ... 41
5.3 Työturvallisuus ... 41
5.3.1 Nostosuunnitelma ... 41
5.3.2 Ratatyöturvallisuus ... 42
5.3.3 Vastuut ja pätevyydet ... 43
5.3.4 Sähkörataturvallisuus ... 44

5.4 Riskienarviointi 46
5.4.1 Riskienhallinta 46
5.4.2 Riskimatriisi 47
6 POHDINTA 48
LÄHTEET 49
LIITTEET 53

LYHENTEET JA TERMIT

LYHENTEET

ATU	Aukean tilan ulottuma
BRT	Bruttorekisteritonni, yhteenlaskettu kokonaiskapasiteetti
KRV	Kaksipuolinen risteysvaihde
Kv	Raiteen korkeusviiva, sijainti raiteessa on aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa
KV	Kaksoisvaihde
RR	Raideristeys
RSU	Ratatyön suojaulottuma
RTV	Ratatyöstävastaava
SRR	Sovitettu raideristeys
YRV	Yksipuolinen risteysvaihde
YV	Yksinkertainen vaihde

TERMIT

Baliisi	Junien kulunvalvonnan automaattinen komponentti
Kaarresäde	Vaihteen kaaren peruselementti on ympyrä, jonka säde kertoo vaihteen jyrkkyyden
Kallistus	Kaarteissa ulompaa kiskoa saatetaan korottaa, eli rataan tehdään kallistus, jotta saavutetaan haluttu nopeus ja poikittaiskiihtyvyyden haittavaikutukset vähenevät
Nostosuunnitelma	Ennen nostotyön aloittamista tehtävä suunnitelma, jossa kerrotaan nostokalusto, nostojärjestys, nostokohdat ja varakalusto
Riski	Ennalta arvaamaton tapahtuma, joka haittaa tai estää tavoitteiden toteutumista
Riskienarviointi	Menettely, jossa tunnistetaan hankkeen riskit. Arviointiin kuuluu riskien todennäköisyyden ja suuruuden arviointi, sekä toimenpiteiden määrittäminen

Riskienhallintasuunnitelma	Dokumentti, jossa kuvataan riskit, seuraukset, todennäköisyydet, vakavuudet, toimenpiteet ja näille vastuu henkilöt
Termiittihitsaus	Sulaa kiskometallia valutetaan kiskojen päissä oleviin muotteihin
TLT-suunnitelma	Työ- ja laatusuunnitelma

1 JOHDANTO

Suomen rataverkolla on melkein 10 000 vaihdetta, jotka mahdollistavat junien monipuolisen ja muuntautumiskykyisen kulkemisen. Vaihteilla voidaan ohjata liikenne raiteelta toiselle. Vaihteet ovat yksi ratalinjan kriittisimpiä osia. Kiskojen kulumisen, osien hajoamisen ja tukikerroksen vaihtamisen takia vaihteet uusitaan tasaisin väliajoin. Vaihteet vaihdetaan elementti kerrallaan. Elementtien nostaminen ja asentaminen vaativat hyvän suunnittelun ja turvallisen toteutuksen, jotta voidaan taata turvallinen junaliikenne.

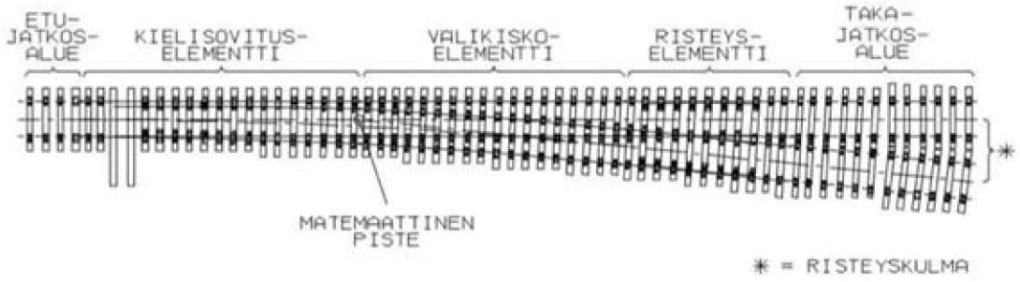
Turvallista ja onnistunutta vaihteiden asentamista varten löytyy useita ohjeita ja ohjeistuksia. Pääasiassa näitä ohjeita laatii ja päivittää Väylävirasto (entinen Liikennevirasto). Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa materiaalia Väyläviraston ohjeen Vaihde-elementtien nosto ja siirto päivittämistä varten. Kyseinen ohje on laadittu Ratahallintokeskuksen toimesta vuonna 2007.

Opinnäytetyössä käydään lävitse vaihteiden osat, vaihteiden asentaminen, elementtien nostaminen ja siirto ja työvaiheen työturvallisuus. Opinnäytetyössä puhutaan pääsääntöisesti Suomessa yleisimmin käytössä olevista kiskoista ja vaihteista. Opinnäytetyössä on käytetty lähteinä Väyläviraston ohjeita, Valtioneuvoston asetuksia ja muuta kirjallisuutta vaihteisiin liittyen.

2 VAIHDE-ELEMENTIT

Vaihteiden tulee täyttää tiettyjä perusvaatimuksia: junan tulee kulkea vaihteen kohdalla pehmeästi ja sysäyksettömästi, kielien asennon tulee olla tukeva, vaihteen pieni virhe ei saa suistaa junaa radaltaan, vaihteen on oltava käännettävissä riittävän kevyesti, osien tulee olla kestäviä ja pienin kustannuksin kunnossapidettäviä. (Liikennevirasto 2012, 7.) Vaihteiden sijoittamista tunneleihin tai niiden läheisyyteen tulee välttää sekä silloille joiden kantavuutta ei ole tarkastettu RATOn osa 8 Sillat mukaisesti. (Liikennevirasto 2011, 21.)

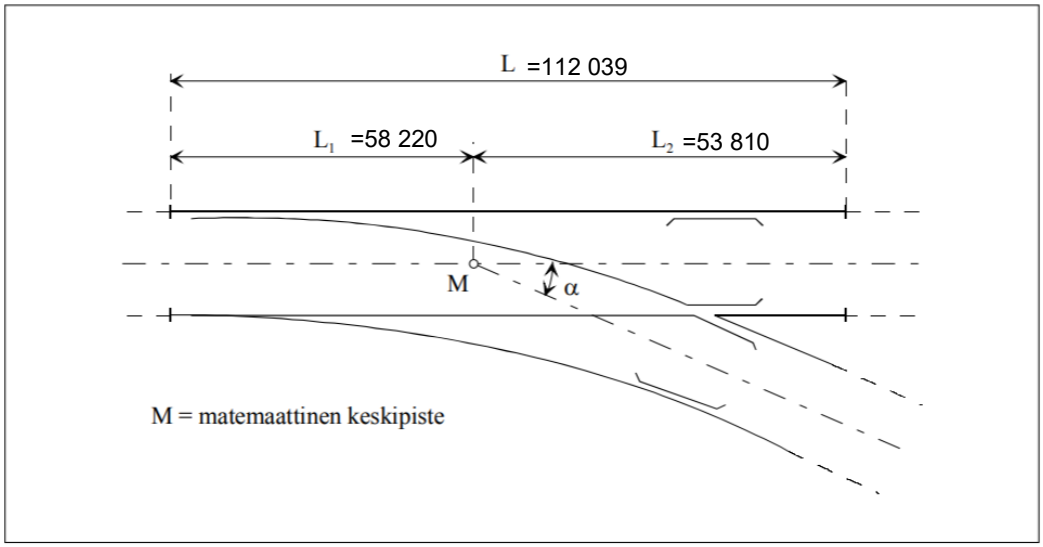
Vaihteet jaotellaan yleensä elementteihin, joiden nostamisesta ja siirtämisestä tässä opinnäytetyössä puhutaan. Elementit ovat kielisovitus-, välikisko-, risteys- ja vastakiskoelementti (kuva 1). (Sipiläinen 2016, 1).



Kuva 1. Vaihde-elementit (Sipiläinen 2016, 4).

Pääraiteeseen liittyviä vaihteita kutsutaan pääraidevaihteiksi, muita vaihteita kutsutaan sivuraidevaihteiksi. Vaihteeseen kuuluu vaihdealue, jonka alkamispaikka voidaan määritellä alueella vallitsevan nopeusrajoituksen mukaan. Vaihdealue päättyy yhtä kauaksi takajatkosten jälkeen, lyhyimmät vaihdealueet ovat 50 metriä jatkoksista. (Ratahallintokeskus 1999, 2.)

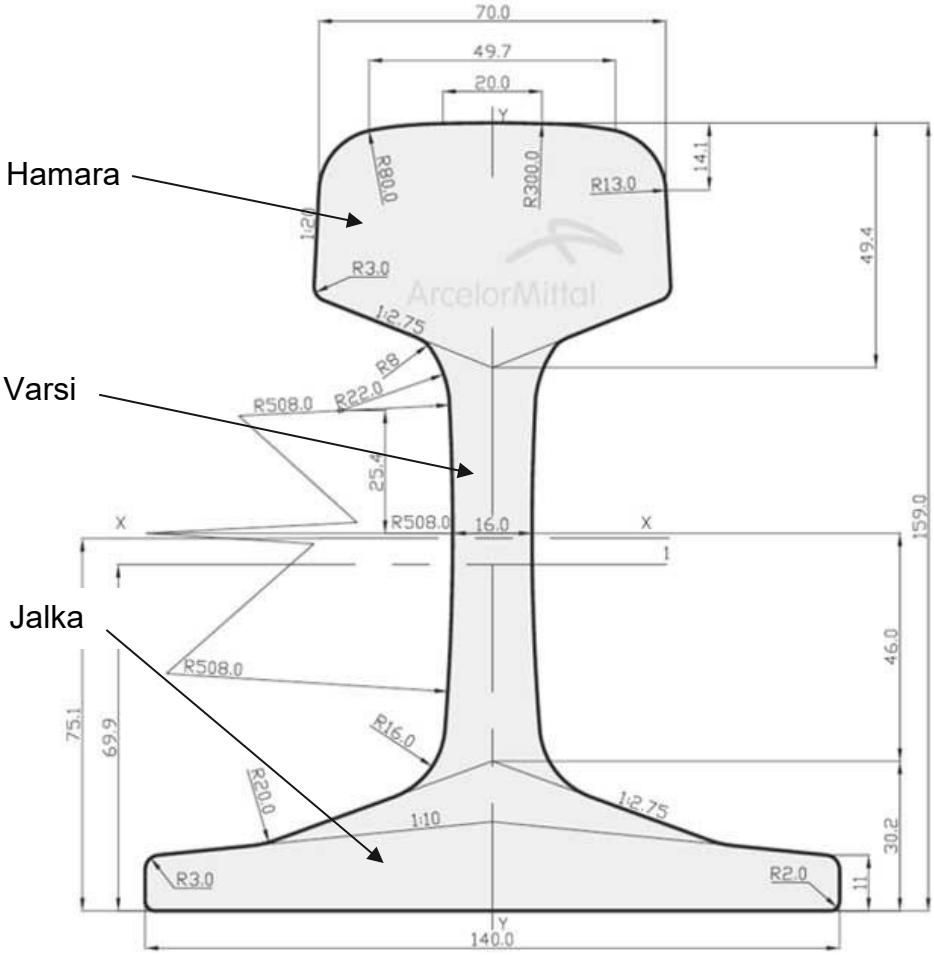
Vaihteen päämitat ovat L, L_1, L_2 ja risteyskulma α (kuva 2). Mitta L on koko vaihteen pituus, L_1 on pituus etujatkoksesta matemaattiseen keskipisteeseen ja L_2 on pituus matemaattisesta keskipisteestä takajatkokseen. Eri vaihdetyyppien päämitat ovat RATOssa osa 4 Vaihteet. (Liikennevirasto 2012, 21.)



Kuva 2. Vaihteen päämitat ja esimerkkinä vaihteen YV60-5000/3000-1:29-O mitat (Liikennevirasto 2012, muokattu).

2.1 Ratakiskojen tunnukset

Eurooppalaisen standardointijärjestön (CEN) standardoimien tavanomaisten leveäjalkaisten kiskoprofiilien tunnukset koostuvat kiskon metrimassasta (kg/m) pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun, E-kirjaimesta ja kiskoprofiilin numerosta. Muita kiskoprofiileja merkitään K-kirjaimella, paitsi vastakiskoprofiileja merkitään C-kirjaimella. Esimerkiksi 54E1-kiskon massa on 54 kg/m, se on tavanomainen leveäjalkainen kiskoprofiili ja sen kiskoprofiilin versionumero on 1 (kuva 3). (Liikennevirasto 2012, 15.)

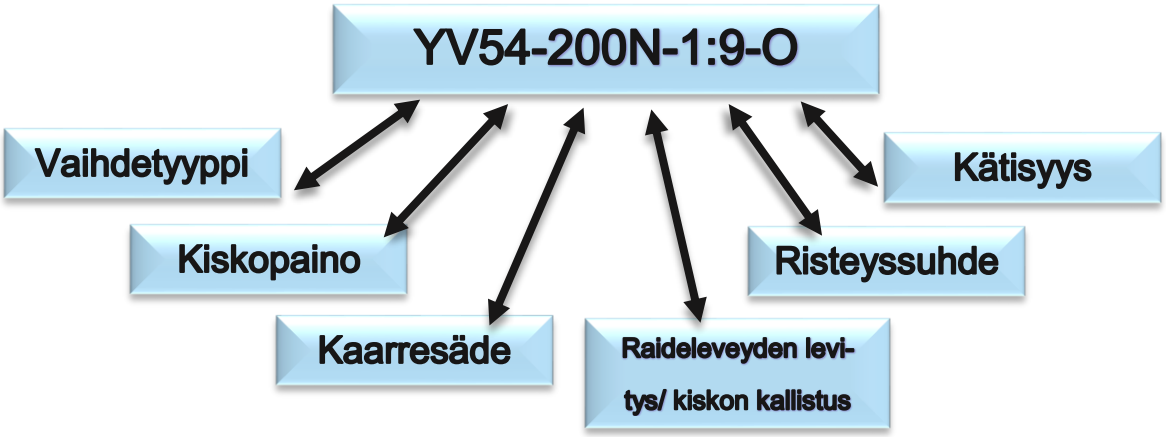


Kuva 3. Raiteen 54E1 profiili ja mitat (ArcelorMittal 2019, muokattu).

Vaihteissa on lisäksi erilaisia kieli-, täys- ja vastakiskoprofiileja. Tunnuksen loppuosassa A-kirjain tarkoittaa kieliprofiilia, F-kirjain taas merkitsee täyskiskoprofiilia. Esim. 54E1-kiskoon täysin yhteensopiva kieliprofiili on 54E1A1. (Liikennevirasto 2012, 15.)

2.2 Vaihteiden merkintä

Vaihteiden merkintä (kuvio 1) koostuu vaihdetyypistä, kiskopainosta, poikkeavan raiteen kaarresäteestä, raideleveyden levityksestä ja kiskon lepopinnan kallistuksesta (N-kirjaimella merkitään, mikäli vaihteella ei ole levitystä. P-kirjaimella merkitään kallistamatonta kiskoa), risteyssuhteesta ja poikkeavan raiteen kätisyydestä. (Liikennevirasto 2012, 15.)



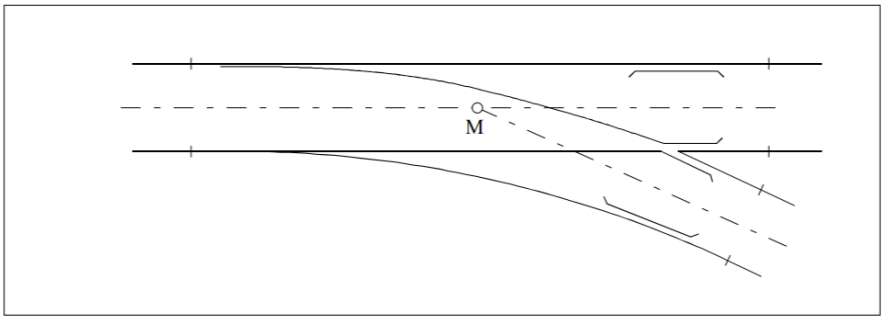
Kuvio 1. Esimerkki vaihteen merkitsemisestä (Liikennevirasto 2012, 15).

2.3 Vaihdetyypit

Suomessa käytettäviä vaihdetyyppejä on neljä: yksinkertaisia vaihteita, kaksoisvaihteita, risteysvaihteita ja raideristeyksiä. Vaihteet jaetaan oikeakätisiin (O) ja vasenkätisiin (V) vaihteisiin. Oikeakätisessä vaihteessa vaihde poikkeaa oikealle päin, kun katsotaan kohti vastavaihdetta, vasenkätisessä vaihteessa raide poikkeaa taas vasemmalle puolelle. Yleisimpiä vaihteita ovat suorat yksinkertaiset vaihteet. (Liikennevirasto 2012, 10) Kaikki vaihteet valmistetaan kokoonpanohalleissa. Tällä hetkellä vaihteiden valmistamisesta Suomessa vastaa Vossloh Cogifer Oy Kaipiaisten kokoonpanohallissa. (Sipiläinen A. 2016, 20).

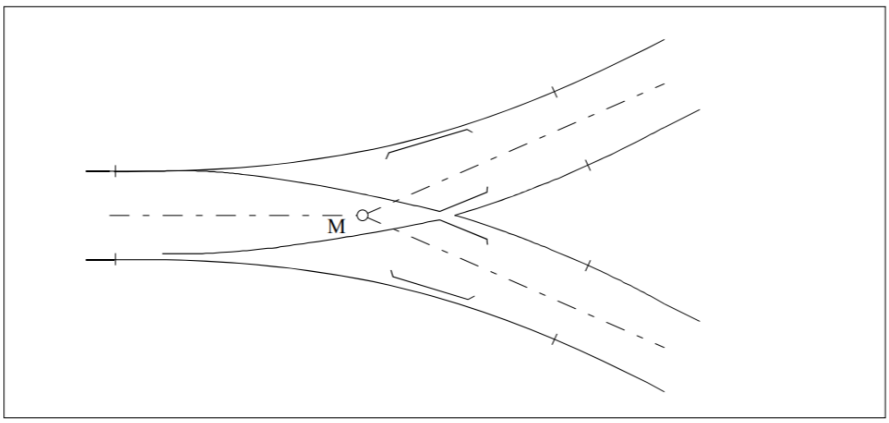
2.3.1 Yksinkertaiset vaihteet

Yksinkertaiset vaihteet (YV) koostuvat suorasta ja poikkeavasta raiteesta (kuva 4) (Liikennevirasto 2012, 10).



Kuva 4. Oikeakätinen yksinkertainen vaihde (Liikennevirasto 2012, 11).

Yksinkertaisiin vaihteisiin kuuluvat myös kaarrevaihteet ja tasapuoliset vaihteet (kuva 5). Vaihteet jaetaan lyhyisiin ja pitkiin raiteisiin. Jako tapahtuu poikkeavan raiteen kaarresäteen perusteella. Pitkissä vaihteissa kaarresäde on yli 300 m ja niiden risteyssuhde on loivempi kuin 1:9. (Liikennevirasto 2012, 10.)

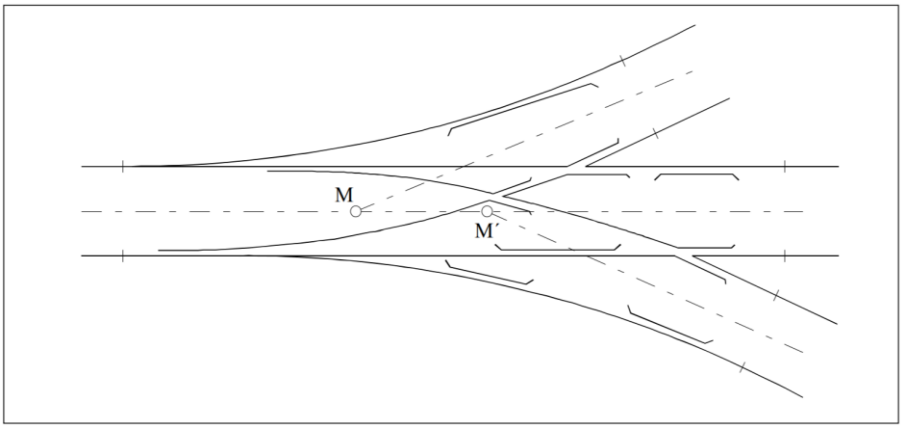


Kuva 5. Tasapuolinen yksinkertainen vaihde (Liikennevirasto 2012, 11).

Lyhyillä raiteilla ajetaan enintään 40 km/h, pitkillä vaihteilla saa ajaa yli 40 km/h. Sallittu nopeus määräytyy vaihdetyypin, vaihdekaaren aiheuttaman nykäisyn ja vaihteen kunnossapidon perusteella. Sallittu nopeus vaihteille voidaan laskea RATO osa 4 Vaihteet ohjeistuksen avulla, kuitenkin niin, ettei lyhyellä vaihteella ikinä ajeta yli 40 km/h. RATOn osassa 4 Vaihteet on taulukoitu sallitut nopeudet eri vaihdetyypeille. Vaihteen poikkeavalle ja suoralle raiteelle on omat nopeutensa. Kaarrevaihteissa, eli vaihteissa joissa ei ole suoraa raidetta, nopeudet määritellään aina tapauskohtaisesti. (Liikennevirasto 2012, 10.)

2.3.2 Kaksoisvaihteet

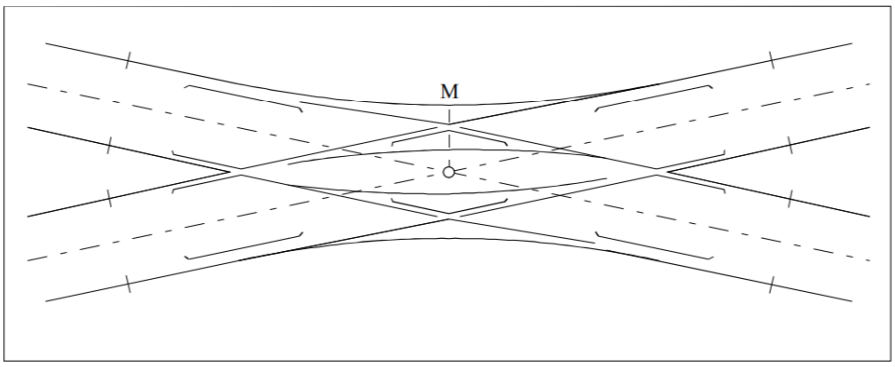
Nimensä mukaisesti kaksoisvaihteessa (KV) on kaksi yksinkertaista vaihdetta kytketty sisäkkäin (kuva 6). Kaksoisvaihteen kätisyys määräytyy sen raiteen mukaan kumpi poikkeaa ensin. (Liikennevirasto 2012, 12.)



Kuva 6. Vasenkätinen kaksoisvaihde (Liikennevirasto 2012, 12).

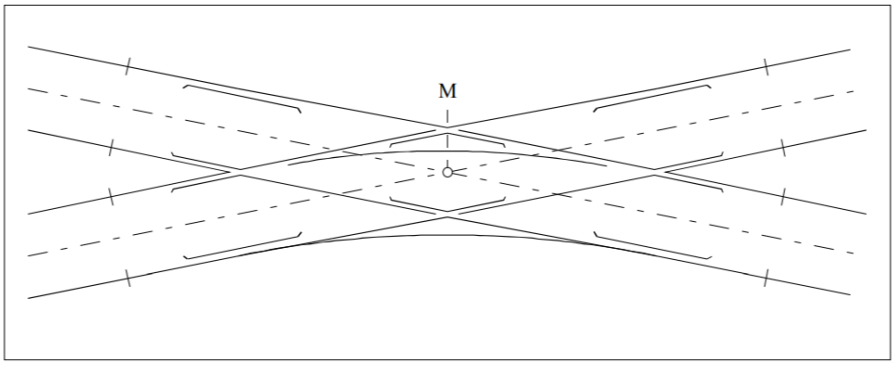
2.3.3 Risteysvaiheet

Risteysvaihteita on kahta tyyppiä: kaksipuolisia risteysvaihteita (KRV) ja yksipuolisia risteysvaihteita (YRV). Kaksipuoleiset risteysvaihteissa on kaksi poikkeavaa raideyhteyttä ja neljä mahdollista kulkusuuntaa (kuva 7). (Liikennevirasto 2012, 13.)



Kuva 7. Kaksipuolinen risteysvaihde (Liikennevirasto 2012, 13).

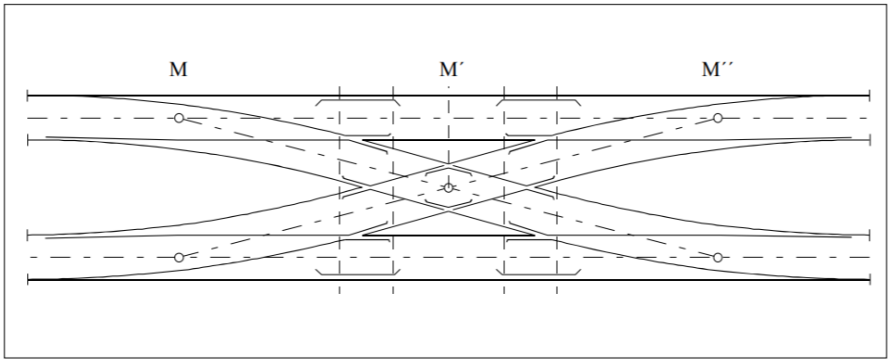
Yksipuolisissa risteysvaihteissa on yksi poikkeava raideyhteys ja kolme kulkumahdollisuutta (kuva 8). Risteysvaihde koostuu joko kahdesta tai neljästä kielisovituksesta. (Liikennevirasto 2012, 13.)



Kuva 8. Yksipuolinen risteysvaihde (Liikennevirasto 2012, 13).

2.3.4 Raideristeykset

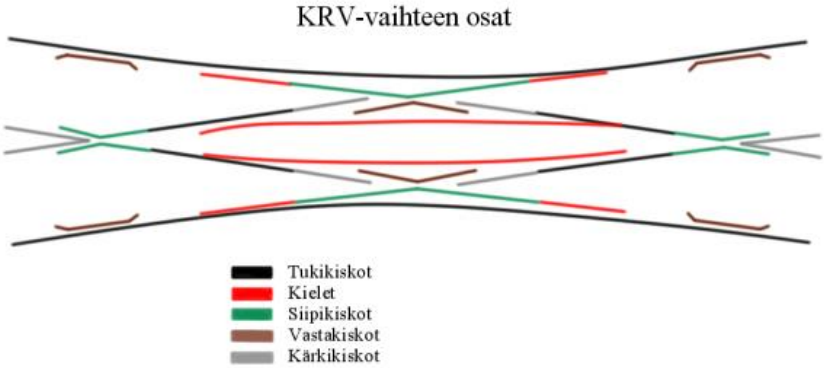
Raideristeys (RR) on kahden raiteen risteyskohta, jossa on kaksi 2-kärkistä ja kaksi 1-kärkistä risteystä. Sovitettu raideristeys (SRR) liittää kaksi vierekkäin kulkevaa raidetta toisiinsa kahdella yhteydellä (kuva 9). Sovitetun raideristeyksen keskelle muodostuu raideristeys. Sovitettu raideristeys on yksi radan haastavimpia elementtejä, joten niitä käytetään suhteellisen vähän. (Liikennevirasto 2012, 14.)



Kuva 9. Sovitettu raideristeys, jonka keskellä on raideristeys (Liikennevirasto 2012, 14).

2.4 Vaihteen osat

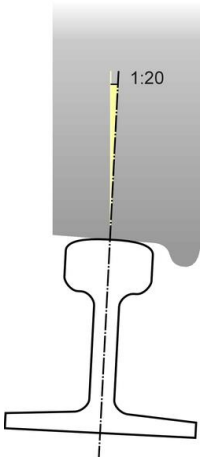
Yksinkertainen vaihde koostuu kolmesta pääosasta: kielisovituksesta, välikiskoista ja 1-kärkisestä risteyksestä/vastakiskosovituksesta (kuva 10.). Kielisovitusosaan kuuluvat tukikiskot ja kielet. 1-kärkiseen risteykseen kuuluvat siipikiskot ja kärkikiskot (kärkikiskot muodostuvat kärkiosasta ja jatkekiskoista), vastakiskosovituksen muodostavat tukikiskot ja vastakiskot. (Liikennevirasto 2012, 8.)



Kuva 10. Vaihteen osat, kuvassa kaksipuolinen risteysvaihde (Trafikverket 2013).

2.4.1 Kiskot

Vuoden 1994 jälkeen valmistetuissa 60E1-vaihteissa kiskokallistus (kuva 11) on 1:40, mutta sitä ennen valmistetuissa 60E1-vaihteissa ja muissa vaihteissa kiskot ovat täysin pystysuorassa. Uusissa vaihteissa käytetään kiskoprofiileja 60E1 ja 54E1, teräslaatuna pidetään pääasiassa R260. Kuormituksesta riippuen teräslaatuna voidaan käyttää myös R350HT:ta. (Liikennevirasto 2012, 24.)



Kuva 11. Kiskokallistuksen periaate (The Contact Patch 2019).

2.4.2 Ratapölkyt

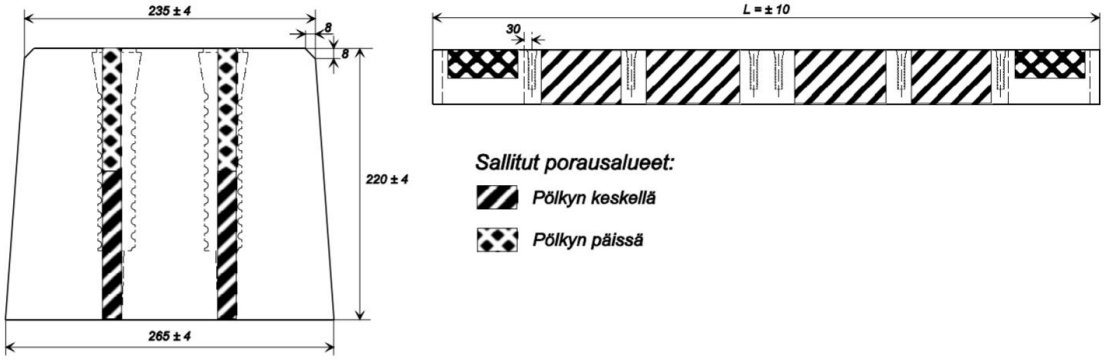
Rataverkolla käytetään pääasiassa betoni- ja mäntypuuratapölkkyjä, joskus voidaan käyttää myös kovapuuratapölkkyjä, jotka on valmistettu tammesta, pyökistä, azobésta tai vastaavasta kovasta puumateriaalista. Sopiva ratapölkky vali-

taan radalle asetettujen vaatimusten mukaan. Pölkyn valintaan vaikuttavat vaatimukset ovat kiskopaino, radan rakenne ja teknistaloudelliset näkökohdat. (Ratahallintokeskus 2002.)

Ratapölkkyjen tehtävät ja niille asetetut vaatimukset ovat:

- antaa kestävä alusta kiskolle
- antaa mahdollisimman tasalaatuinen alusta
- antaa riittävän sivujäykkyyden kiskoille
- suurentaa tukikerrosta kuormittavaa pinta-alaa
- kestää mekaaniset rasitukset
- antaa edellytykset riittävälle sähköiselle eristykselle kiskojen ja tukikerroksen välillä. (Ratahallintokeskus 2002.)

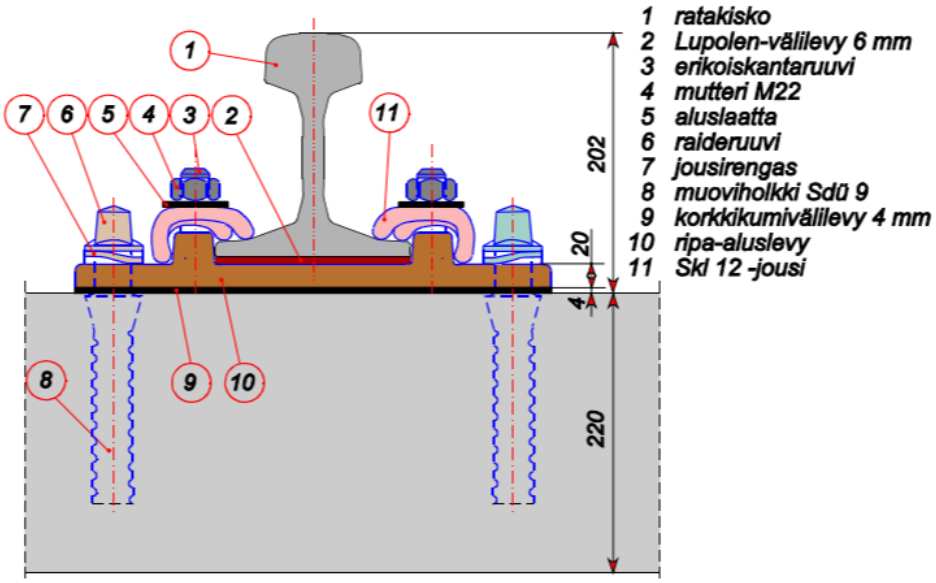
Betonipölkyt (kuva 12) ovat noin 2,5 kertaa painavampia kuin mäntypuuratapölkyt, ne myös pysyvät paremmin paikallaan. Tästä syystä betonipölkkyjä käytetään enemmän jatkuva hitsatuilla 54R1- ja 60E1 -raiteilla. Soraraiteilla käytetään vain puupölkkyjä. (Ratahallintokeskus 2002.)



Kuva 12. Betonipölyn mitat ja sallitut porausalueet (Ratahallintokeskus 2002).

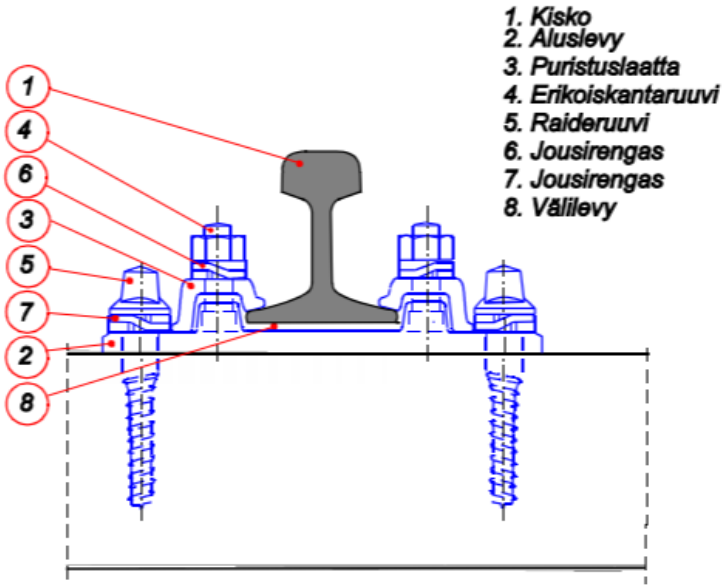
2.4.3 Kiinnitykset

Vaihteissa 60E1 ja 54E1 käytetään vaihdetyypistä riippuen joko Skl-jousia tai K-kiinnityksiä (Liikennevirasto 2012, 24). Skl-jousia käytetään nykyään kaikissa uusissa vaihteissa. Betonipölkkyihin kiinnitettäessä kiinnityksen aluslevy kiinnitetään pölkkyyn valettuihin holkkeihin, puupölkyissä aluslevy kiinnitetään porareikään (kuva 13). (Ratahallintokeskus 2002, 62.)



Kuva 13. Skl-jousi -kiinnitys (Ratahallintokeskus 2002, 54).

K-kiinnityksessä kisko kiinnitetään aluslevyn puristuslaattojen ja erikoiskantaruuvien avulla kuvassa 14 esitetyllä tavalla. (Ratahallintokeskus 2002, 54). K43- ja K30-vaihteissa käytetään K-kiinnitystä tai raideruuvikiinnitystä. Ennen näitä vaihteita on myös kiinnitetty naulakiinnityksillä, nykyään kunnossapitäjät korvaavat ne ruuvikiinnityksillä. (Liikennevirasto 2012, 25.)

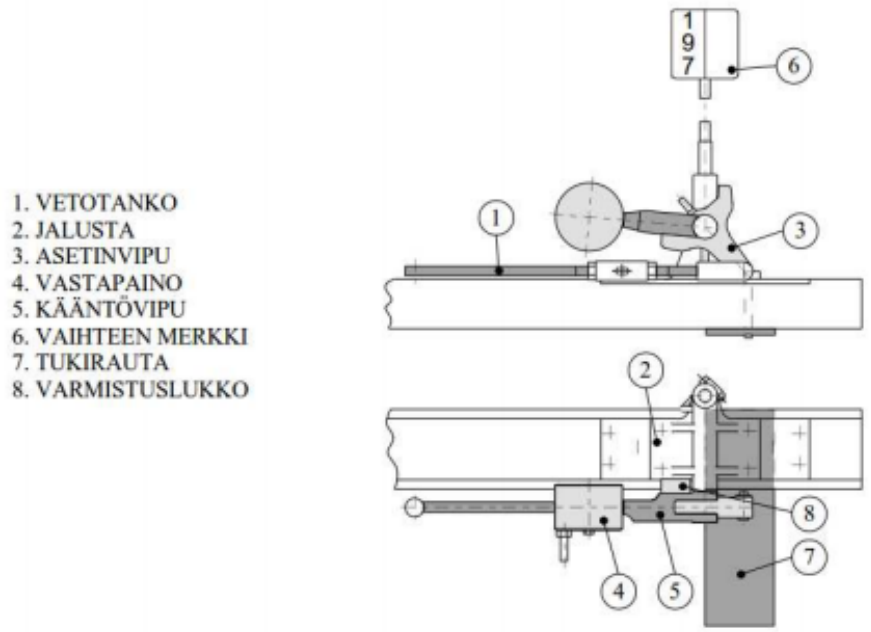


Kuva 14. K-kiinnitys (Ratahallintokeskus 2002, 48).

Vaihdealuslevyt kiinnitetään ratapölkkyihin R170-p-raideruuveilla. Aluslevyjen ja raideruuvien välissä käytetään jousirengasta. Vaihdealuslevyt ovat joko valssattuja, taottuja tai valettuja. Vaihdealuslevyjä ei käytetä kielisovituksissa kielen liikkuvalla kohdalla. (Liikennevirasto 2012, 25.)

2.4.4 Vaihteenkääntölaitteet

Vaihteen kielen kääntämiseen käytetään joko käsikäyttöisiä, sähkömekaanisia tai sähköhydraulisia kääntölaitteita. Kääntölaite koostuu vaihteen asettimesta ja välitysmekanismista, usein siihen kuuluu myös kielten lukitukseen ja valvontaan kuuluvat komponentit (kuva 15). Vaihteenasettimia käytetään käsin asetettavassa vaihteessa sekä raiteensulun asettimena. Asetin on kiinnitettynä vaihteen kielisovituksen asetinpölkkyyn. (Liikennevirasto 2012, 35.)

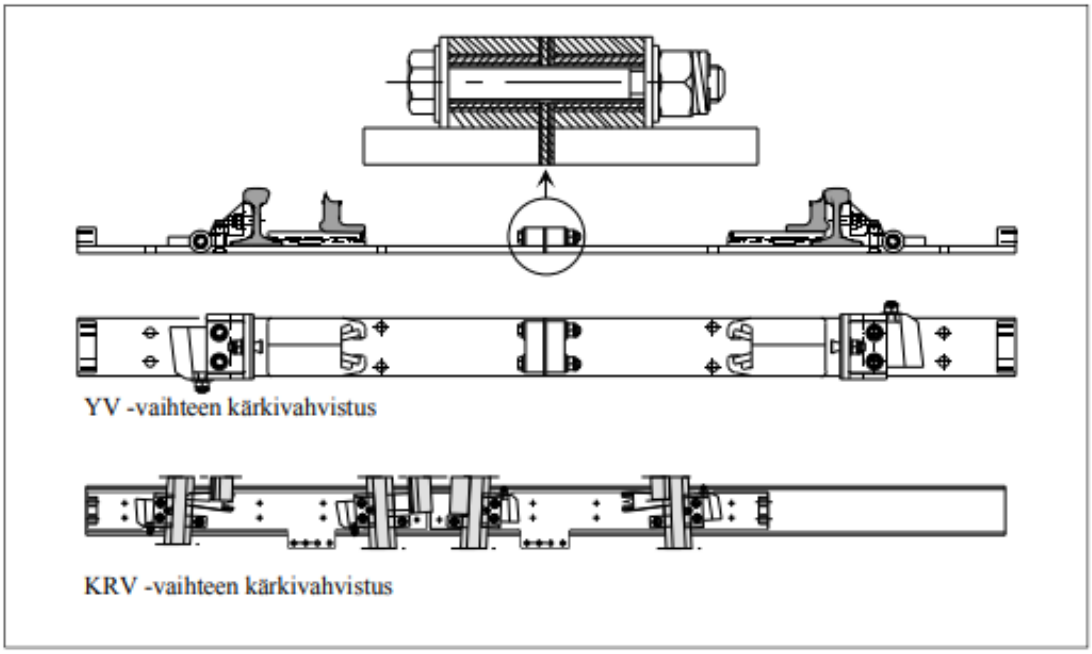


Kuva 15. Käsikäyttöisen vaihteenkääntölaitteen runko (Liikennevirasto 2012, 35).

Vaihde voidaan lukita perusasentoon asettimeen kiinnitettävällä varmistus-, kiila-, nivel-, hakalukolla tai sisäänrakennetulla lukolla. Liikenteenhoidon kannalta tärkeillä alueella pyritään käyttämään sisäisiä lukkoja, sillä ulkoinen lukko vaatii talviaikaan enemmän kunnossapitoa. (Liikennevirasto 2012, 35 - 36.) Vaihteiden lukitsemista voidaan hyödyntää myös ratatyön turvaamisessa (Liikennevirasto 2018a, 50).

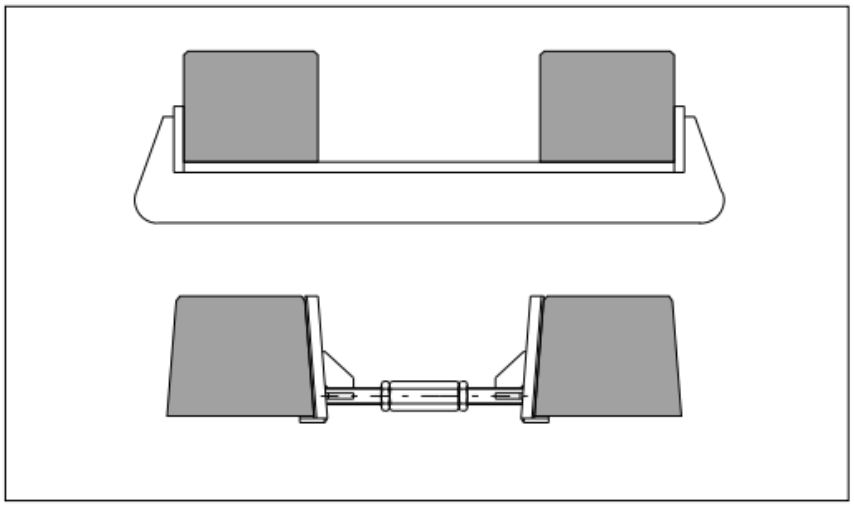
2.4.5 Kärki- ja välivahvistukset, yhdyslevyt

Kärki- ja välivahvistuksia käytetään kääntölaitteiden kohdalla asetinpölkkyjen päällä. Kärki- ja välivahvistukset ovat rakenteeltaan samanlaisia keskenään, lukuun ottamatta kääntyväkärkisten risteysten kärkivahvistuksia. Kärkivahvistuksia käytetään kielen ja risteyksen kärjen kohdalla asetinpölkkyjen päällä (kuva 16). Välivahvistuksia käytetään asetinpölkkyjen päällä. (Liikennevirasto 2012, 39.)



Kuva 16. Kielen kärkivahvistus (Liikennevirasto 2012, 40).

Asetinpölkkyjen alla käytetään yhdyslevyjä (kuva 17). Yhdyslevyjen alla on pystyrivat, jotka parantavat vaihteiden poikittaisaseman pysyvyyttä. (Liikennevirasto 2012, 39.)



Kuva 17. Asetinpölkkyjen yhdyslevy (Liikennevirasto 2012, 40).

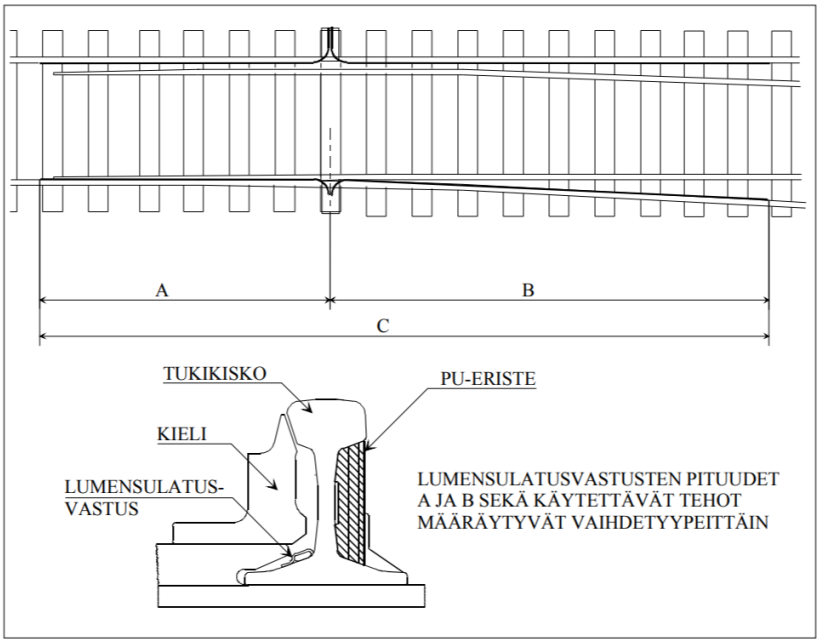
2.4.6 Vaihteiden lumisuojat ja lumensulatus

Talvikunnossapidon kannalta keskeisimpiä teknisiä ratkaisuja vaihteissa ovat niiden lumisuojat ja lumensulatusjärjestelmät. Lumisuojat estävät lumen ja jään pakkautumisen kriittisiin kohtiin, joita ovat etenkin kääntö- ja tarkastustankojen kohdat. Yleisimmin suojat valmistetaan esimerkiksi vesivanerista, alumiinista tai lasikuidusta (kuva 18). Suojia asentaessa tulee ottaa huomioon niiden talvikunnossapito, jonka yhteydessä niitä joudutaan irrottelemaan ja asentamaan takaisin. (Liikennevirasto 2012, 41.)

Kuva 18. Lasikuituinen lumisuoja (Fiberglass Specialties, 2019).

Vaihteiden 54E1 ja 60E1 kielisovitusten etupuolella käytetään tarvittaessa lumenohjainta. Se ohjaa raiteen pituussuunnassa pöllyävän lumen pois vaihteen kärkiosasta. Lumenohjaimen tehtävänä on ohjata pöllyävä lumi raiteen pituussuunnassa pois kielisovituksen kärjestä. (Liikennevirasto 2012, 42.)

Lumensulatuksessa käytetään lumensulatusvastuksia (kuva 19) tukikiskoissa ja kielissä. Lumensulatuselementtejä käytetään tankokuopissa. Vastukset asennetaan tukikiskoihin kielien liikkuvan osan alueelle ja ne asennetaan jousikiinnikkeillä tai tappijuotoksin. Osa lämmöstä siirtyy johtumalla ja osa säteilemällä. Tukikiskojen ulkopuolelle asennetaan polyuretaaniset lämpöeristeet. Kieliin asennettavat vastukset asennetaan koneistettuihin uriin tai jalan ja varren taitekohtaan. Sulatukseen tarvittava sähköenergia otetaan ajojohdosta sähköistetyillä rataosilla, muualla energia otetaan sähköverkosta. (Liikennevirasto 2012, 41 - 42.)



Kuva 19. Lumensulatusvastukset tukikiskoissa (Liikennevirasto 2012, 42).

3 ENNEN VAIHTEIDEN VAIHTOA

Vaihteen poistamis- tai vaihtotarve todetaan kuntoarvion perusteella. Kuntoarvio tehdään RATOn osan 14 Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito mukaan. Kuntoarvioon liitetään mukaan myös tarkastuspöytäkirja viimeisimmästä ultraäänitutkimuksesta. Vaihteiden vaihtoa edeltävät työt aloitetaan urakkaohjelmassa annetun ajankohdan mukaisesti. (Ratahallintokeskus 1999, 4.)

Ennen vaihteiden vaihtoa tulee laatia työkohtainen työselitys. Työselityksessä tulee ilmetä poistettavat ja siirrettävät rakenteet, raiteen katkaisutapa, poistettavat materiaalit, turva- ja sähkölaitteisiin kohdistuvat työt, tukikerrosten nykyinen laatu, routalevyjen asentaminen ja vaihteen kuntoarvio. Urakoitsija laatii työstä työ- ja laatusuunnitelman, jossa tulee esittää vähintään seuraavat asiat:

- vastaavat henkilöt yhteystietoineen,
- käytettävä kalusto ja organisaatio,
- ankkurointikohdat,
- varastointi,
- suojattavat ja siirrettävät rakenteet,
- kiskojen katkaisupituudet,
- poistettavan materiaalin käsittely,
- poistettavien elementtien pituus ja niiden nostokohdat,
- baliisien ja nopeusmerkkien sijainnit ja niiden asentamisesta vastaava organisaatio. (Ratahallintokeskus 1999, 4.)

3.1 Valmistelevat työt

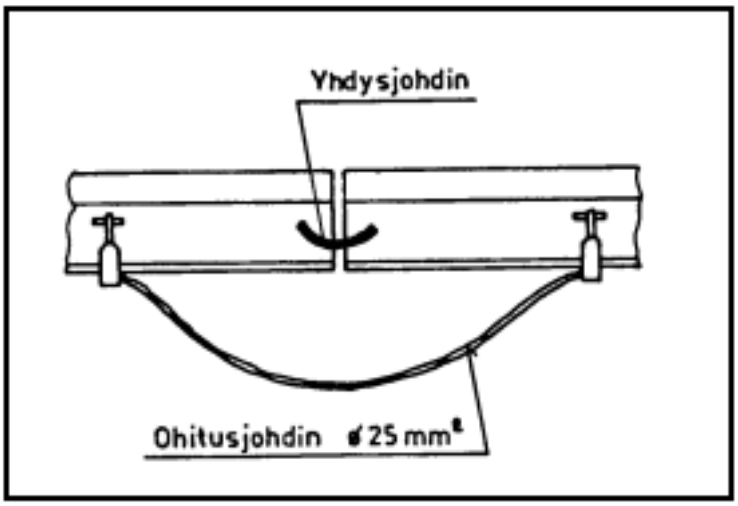
Edeltäviin töihin kuuluu olemassa olevien rakenteiden (muun muassa kaapeleiden ja johtojen) sijainnin selvittäminen ja suojaaminen tai siirtäminen turvalliseen paikkaan (Ratahallintokeskus 1999, 4).

Raide-elementit kasataan tasaisella alueella, paikassa jossa ne ovat helposti nostettavissa. Elementit on kannattavin kasata mahdollisimman pitkistä kiskoista, jotta hitsipaikkojen määrä saadaan minimalisoitua. Elementtejä rakennettaessa

tulee kiinnittää huomiota oikeaan pölkkyjakoon. Betonipölkyillä toleranssi on ± 10 mm ja puupölkyillä ± 15 mm. (Ratahallintokeskus 1999, 5.)

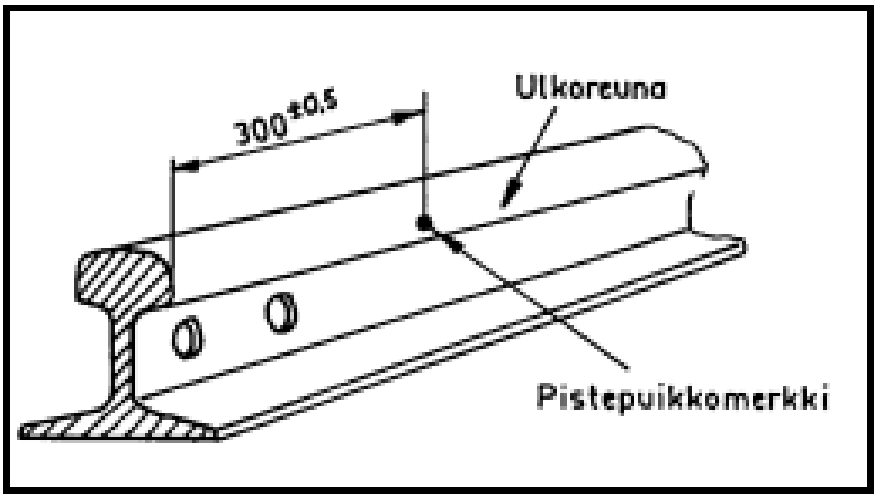
Kiskot tulee ankkuroida, jotta voidaan varmistaa uuden vaihteen jatkuvahitsauksen onnistuminen. Ankkuroidessa asennetaan kiskoankkurit ratapölkyn molemmin puolin estämään liikettä. Ankkurit tulee kiinnittää joka neljänteen ratapölkkyyn. Ankkurointi suoritetaan vaihde-alueen kummaltakin puolelta, aina neutraalilämpötila-alueella (+12°C - +22°C). (Ratahallintokeskus 1999, 5.)

Kiskojen katkaisua varten tulee kaivaa sahausmontut ja asentaa ohitusjohtimet (kuva 20). Ohitusjohdin johtaa nimensä mukaisesti paluuvirran työalueen ohitse. Tämän jälkeen kiskot voidaan katkaista sahaamalla, samalla tulee katkaista vanhat maadoitusjohdot, merkitä nostokohdat elementteihin, kaivaa koukkumontut, sekä tarvittaessa asentaa sidekiskot ja sidekiskopuristimet. Sähköradalla töitä tehtäessä tulee olla erityisen varovainen, ettei katkaista paluuvirtapiiriä. Paluuvirta voidaan johtaa työskentelyalueen ohi ohitusjohtimella tai viereistä kiskoa hyväksikäyttäen. (Ratahallintokeskus 1999, 6.)



Kuva 20. Ohitusjohtimen asentaminen (Ratahallintokeskus 1999, 6).

Kiskot tulee katkoa mahdollisimman pitkiksi, ja kiskoja katkaistaessa tulee huomioida myös poistettavan elementin pituus. Kielisovitus- ja risteyselementtejä ei poistettaessa lyhennetä. Kiskot katkaistaan aina sahaamalla. Katkaisua varten tehdään merkinnät kiskon ulkoreunoihin pistepuikolla, 300 mm päähän siitä mistä kisko halutaan katkaista. (kuva 21). (Ratahallintokeskus 1999, 7.)



Kuva 21. Kiskonpään pistepuikkomerkintä (Ratahallintokeskus 1999, 8).

Lyhyissä työraoissa, tai kun on odotettavissa suuria jälkipainumia, tehdään routasuojaus omana työvaiheenaan ennen vaihteen asennusta. Routalevyt voidaan tällöin asentaa sepelinpuhdistuskoneella. Ensin tulee vaihtaa ratapölkyt, jonka jälkeen asennettavan vaihteen kohdalle asennetaan routalevyt. Samalla kun kaivetaan, rakennetaan myös uusi välikerros ja vaihdetaan raidesepeli. Mikäli työrako on pitkä, eikä suuria jälkipainumia ole odotettavissa, voidaan routasuojaus ja raiteenvaihto tehdä samalla kerralla. (Ratahallintokeskus 1999, 8.)

3.2 Elementtien poisto

Kun alustavat työt on tehty, voidaan aloittaa elementtien poisto. Elementtien poistoa koskien työselityksessä tulee olla kerrottuna poistettavien elementtien pituudet, niiden nostaminen ja siirtäminen, varastointi ja uusiokäyttö, kääntölaitteiden käsittely ja työvaiheesta syntyvät jätteet. (Ratahallintokeskus 1999, 9.)

TLT-suunnitelmassa tulee ilmetä seuraavat asiat:

- vastuuhenkilöt yhteystietoineen,
- nostosuunnitelma,
- ohitusjohtimien ja sidekiskojen käsittely ja varastointi,
- poistettavien materiaalien varastointi/jätteiden käsittely. (Ratahallintokeskus 1999, 9.)

Vanhoja hyväkuntoisia raide- ja vaihdepölkkyjä käsitellään samoin kuin vastaavia uusia. Uusiokäyttöön menevät raiteet ja vaihteet eivät saa vaurioitua varastoitaessa. Elementit tulee varastoida tasaiselle alueelle, jotta ne eivät pääse taipumaan. (Ratahallintokeskus 1999, 9.)

4 VAIHTEIDEN VAIHTO

Uudella raiteella vaihteen kiskopainon on oltava vähintään sama kuin raskaimman siihen liittyvän raiteen kiskopaino (Liikennevirasto 2011, 38). Ajankohta elementtien asennukselle ilmenee urakka-asiakirjoissa. Elementtien asennusta koskevassa työselityksessä tulee ilmetä vähintään seuraavat asiat:

- asennettavat elementit,
- sepelinvaihdon raja ja mitä raidesepeliluokkaa käytetään,
- kuljetusvaunujen suunta ja järjestys,
- asennuspiirustukset vaihteen vaihtoon,
- rakennettavat johtotiet ja alitukset,
- vaadittava stabilointi ja tuenta.
- Vaihdeliitynnöissä ollessa normaalista poikkeava geometria, työselityksestä tulee löytyä myös pölkytyssuunnitelma. (Ratahallintokeskus 1999, 11.)

Vaihteiden vaihtoa koskevassa TLT-suunnitelmassa tulee ilmetä:

- työstä vastaavat henkilöt yhteystietoineen,
- nostosuunnitelma,
- massansiirtosuunnitelma,
- johtoteiden rakentamissuunnitelma,
- paikalleen mittaussuunnitelma,
- pitkien vaihdepölkkyjen asentaminen,
- sepelöinti- ja tiivistyssuunnitelma,
- kääntölaite- ja asetinpölkkyjen tuenta,
- baliisien ja nopeusmerkkien sijainti. (Ratahallintokeskus 1999, 11.)

Työraon pituus määrittelee vaihteen asennustavan- ja järjestyksen. Lyhyissä työraoissa vaihto tulee jakaa pienempiin osiin. Vaihteisiin ei saa tulla useiden työrakojen takia epäjatkuvuuskohtia. Asennuksen päätyttyä vaihteen tulee täyttää työselityksessä asetetut geometriavaatimukset. Liikenteelle luovuttamisen jäl-

keen vaihdetta tulee vielä tarkkailla mahdollisten jälkipainumien takia. Jälkipainumien tulee pysyä sallituissa rajoissa, jotta vaihde toimii oikein, eikä teräsosat kärsi liian suuria muodonmuutoksia. (Ratahallintokeskus 1999, 11 - 12.)

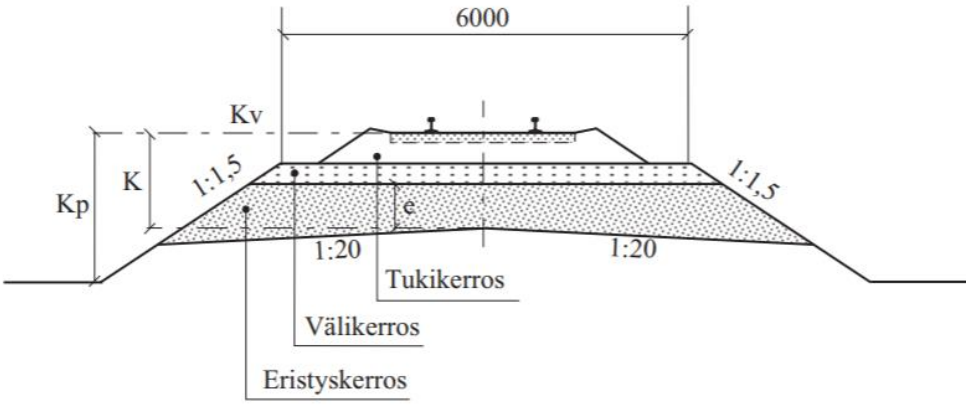
Jatkuvakiskoiksi hitsattavat vaihteet asennetaan taulukon 1 mukaisissa kiskolämpötiloissa. Kyseisten vaihteiden asennusta tehdessä tulee jättää etu- ja takajatkoksiin pituuden ja asennuslämpötilan mukaiset jatkosraot. Jätettävän jatkosraon pituuteen vaikuttaa asennuslämpötila ja kiskon pituus, raot ovat 1 - 25 mm. Jatkosraon tarkemman pituuden voi tarkistaa RATO osasta 19 Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet. Asennuslämpötila ja -rako merkitään kiskon jalkaan liidulla. (Ratahallintokeskus 1999, 12.)

Taulukko 1. Jatkuvakiskoiksi hitsattavien vaihteiden asennuslämpötilat (Ratahallintokeskus 1999, 12).

Vaihde	Asennuslämpötila
1:9….1:18	-5… +25°C
1:20….1:26	±0… +20°C

4.1 Pohjan rakentaminen

Ennen pohjatöiden aloittamista tulee suojata tai siirtää olemassa olevat kaapelit ja putkistot. Kuvassa 22 on esimerkkipoikkileikkaus radasta. Tukikerrosta tasatessa noudatetaan vaihto- ja puhdistustyön yleisiä laatuvaatimuksia. Tukikerroksen alaosan yläpinnan tulee olla tasainen, 50 - 80 mm alle tavoitellun pölkyn alapinnan. Massan- ja sepelinvaihdon raja ei saa olla samalla kohdalla hitsausjatkoksen kohdalla. Betonipölkkyjen alta vanhaa massaa poistetaan kv-550 mm tasoon. Massan vaihto tapahtuu siis raiteen korkeusviivasta alaspäin 550 mm verran. Puuratapölkkyraiteessa massan vaihto tehdään kv-450 mm tasoon asti. (Ratahallintokeskus 1999, 13.)



Kuva 22. Esimerkki radan poikkileikkauksesta (Liikennevirasto 2014).

Vaihteen vaihtamisen jälkeen alituksen tekeminen kielisovituksen alle on kielletty, joten poistettaessa vanhaa massaa tehdään kaikki tarvittavat alitukset. Työselityksessä on kerrottu tulevien alitusten sijainnit. Johtotiet tehdään käyttäen Johtoteiden yleistä työselitystä RHK 243/731/99/12. (Ratahallintokeskus 1999, 13).

4.2 Elementtien asennus

4.2.1 Asennussuunnitelma

Ennen elementtien asentamista tulee päätoteuttajan laatia asennussuunnitelma. Asennussuunnitelman tulee löytyä työmaalta kirjallisessa muodossa ja siinä on käsiteltävä seuraavat asiat:

- käytettävät elementit,
- elementtien nostaminen,
- elementtien asentaminen,
- asennusjärjestys,
- mittausjärjestelmä ja -tarkkuus
- tukipintojen vähimmäismitat,
- väliaikainen tuenta,
- lopullinen kiinnitys,
- työtasot ja putoamissuojat. (Valtioneuvoston asetus 578/2003).

Asennussuunnitelmassa tulee huomioida myös rautatieympäristö: ajolangat, junaliikenteen turvallisuuden varmistaminen, vastaavat henkilöt, ratatyöstävastaava, jännitekatkomenettelyt, varastointipaikat raiteen läheisyydessä, liittyminen turvalaitteisiin ja purettavien vaihde-elementtien kuormaus kuljetusvälineisiin. (Ratahallintokeskus 2007, 4).

Asennussuunnitelma on hyväksytettävä asianomaisella suunnittelijalla, vastaavalla työnjohtajalla, asennuksesta vastaavalla henkilöllä ja käytönjohtajalla ennen töiden aloittamista. Rakennuttajan tulee varmistaa, että suunnitelma on laadittu ja hyväksytetty ennen töiden aloittamista. (Ratahallintokeskus 2007, 4).

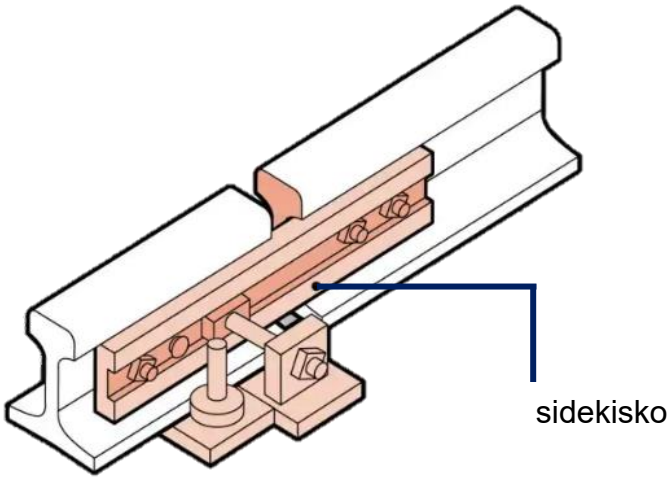
4.2.2 Vaihde-elementtien asentaminen

Nostettaessa vaihde-elementit lopulliselle paikalleen asennusalustalle tulee asennustarkkuuden olla ± 25 mm. Elementtejä ei saa vetää tai työntää maassa, tukemiskone saattaa vaihteen lopulliseen asentoonsa. Asennusalusta tasataan ja puhdistetaan ennen nostoa ylimääräisistä yksittäisistä sepeleistä (kuva 23). (Ratahallintokeskus 1999, 16.)

Kuva 23. Asennusalustan tasausta ennen vaihteen asentamista Kouvolassa (Tommi Huupponen 2018).

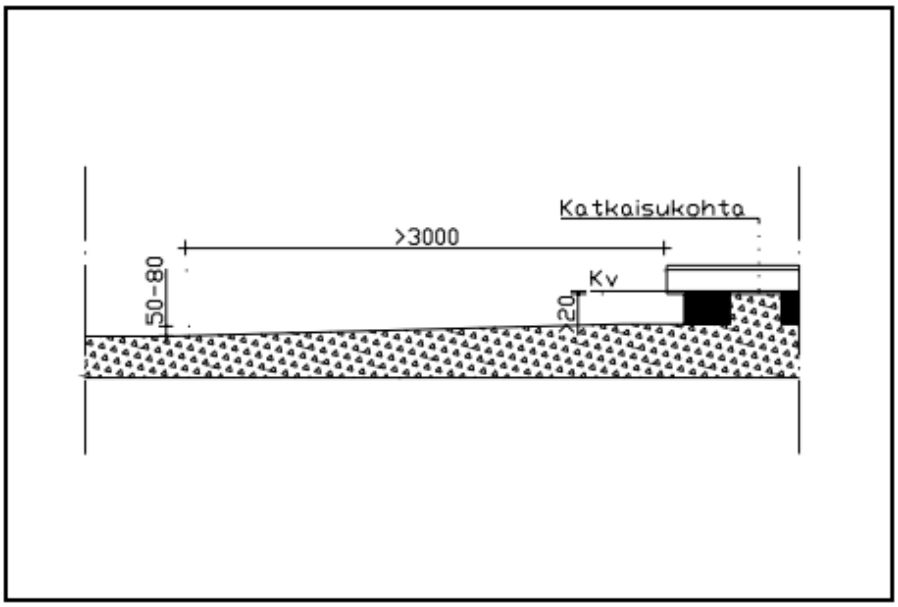
Erilaiset kiskoprofiilit ja elementit liitetään toisiinsa sidekiskoilla (kuva 24). Sidekiskon asennuksen yhteydessä asennetaan ohitusjohdin sille varattuun paikkaan. Termiittihitsausta tehdessä alle 100 mm päässä ei saa olla sideruuvin rei-

kää eikä ratapölkkyä. Liitynnät tulee hitsata mahdollisimman pian, kuitenkin ennen kuin kuormitus elementin päällä ylittää 100 000 Brt. (Ratahallintokeskus 1999, 16.)



Kuva 24. Sidekiskon asentaminen katkoksen kohdalle (The Washington Post 2019, muokattu).

Vanhan ja uuden raiteen liittymiskohtaan tehdään tukikerrokseen viiste, jonka pituus on raiteen pituussuunnassa vähintään 3 m (kuva 25). Viisteen matkalla tasoa muutetaan 50 - 80 mm vanhan raiteen pölkkyjen alapinnan tasoon. (Ratahallintokeskus 1999, 13.)



Kuva 25. Vanhan ja uuden raiteen liittymiskohtaan tehtävä viiste (Ratahallintokeskus 1999, 14).

Jos uusi vaihde liitetään raiteisiin, joissa on kuluneet kiskot, asennetaan sovituskiskot vaihteen etu- ja/tai takajatkoksen ja raiteen väliin. Mikäli sovituskiskojen asentaminen ei ole mahdollista, kuluneisuuserot tasataan päällehitsaamalla ja hiomalla kiskoa. (Liikennevirasto 2012, 44).

Takajatkosalueen kokoaminen aloitetaan tarkastamalla risteys-vastakiskoelementin kiskojen kohtisuoruus. Takajatkosalueen pölkkyjärjestys ja -jako on vaihdetoimittajan toimittamassa pölkytyspiirustuksessa. Pölkkyjen välit mitataan laserilla, mittapoikkeama ja asennustarkkuus ovat molemmat ± 5 mm. Suoran puolen kiskot asennetaan ensin oikeaan kohtaan, minkä jälkeen asennetaan käyränpuolen kiskot. (Ratahallintokeskus 1999, 17.)

Vaihteiden tukikerroksissa käytetään aina sepeliä (kuva 26). Sepelöinti asennusalueelle voidaan suorittaa, kun vaihde-elementit ovat paikallaan ja toleranssit täyttyvät vaakasuunnassa, asetinpölkkyjen yhdyslevyt ovat paikallaan, takajatkosalueen lyhyiden pölkkyjen väliin on asennettu esimerkiksi solumuovia estämään sepelin pääsyn ja kielisovituksen rullalaakerialuslevyjen rullien suojat ovat paikallaan. (Ratahallintokeskus 1999, 17.)

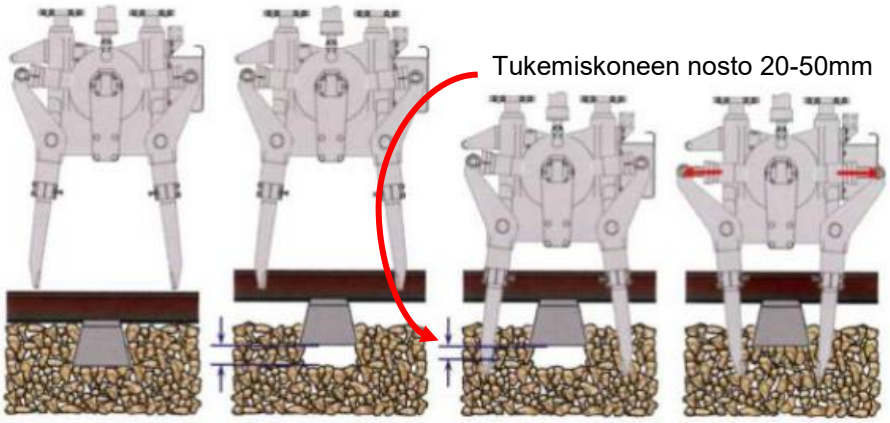
Kuva 26. Vaihteiden sepelöintiä ennen tukemista Kouvolan ratapihalla (Tommi Huupponen 2018).

Tukikerroksen minimipaksuus betonipölkyillä on 550 mm ja puuratapölkyillä 450 mm. (Ratahallintokeskus 2002). Loppuvaiheessa sepelin yläpinnan tulee olla kielisovituksen kohdalla 60 mm (± 10 mm) vaihdepölkyn yläpinnan alapuolella. Muualla elementin alueella sepelin yläpinnan tulee olla pölkkyjen yläpinnan tasolla.

(Ratahallintokeskus 1999, 17 - 18.) Tukikerroksen tukeminen suoritetaan tukemiskoneella, tarvittaessa useampaan kertaan (kuva 27). Vaihdealue tuetaan niin monta kertaa, että saadaan haluttu geometria. Tarvittaessa sepeliä lisätään jokaisen tukemiskerran jälkeen. (Ratahallintokeskus 1999, 18.)

Kuva 27. Tukemiskone Plasser & Theurer 09-32 CSM 2010 (Jorma Rauhala 2010).

Tukemiskoneen toiminta perustuu tukemishakkuihin. Tukemishakkujen tunkeutuessa tukikerrokseen niiden tulee syrjäyttää tilavuutensa verran tukikerrosmateriaalia (kuva 28). Jotta se olisi mahdollista ilman tukikerrosmateriaalin tarpeetonta kulumista, on raidetta nostettava riittävästi riittävän tyhjätilan aikaansaamiseksi. (Nurmikolu & Peltokangas 2015, 51). Tuettaessa vaihde-elementtiä tukemiskoneen noston tulee olla 20 - 50 mm, jotta päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen (Ratahallintokeskus 1999, 18).



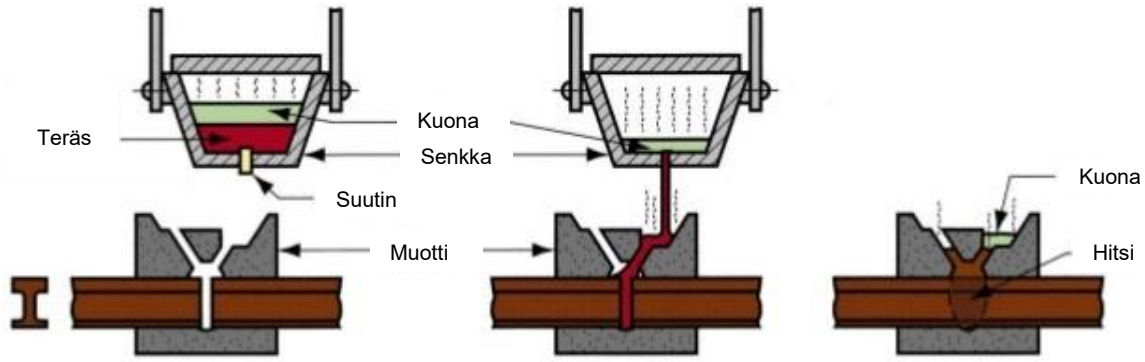
Kuva 28. Tukemiskoneen tukemishakkujen toimintaperiaate (Leon Zaymaan 2012, muokattu).

Tukemisen jälkeen, ennen liikenteelle luovuttamista, vaihde mitataan joko vaihdemitalla manuaalisesti tai maastotallentimella. Samalla kun vaihdetta mitataan, suoritetaan vaihteen koekäyttö. Koekäytön jälkeen täytetään kelpoisuusasiakirja, joka sisältää TLT-suunnitelmat, mittauspöytäkirjat, liikennöitävyyden kelpoisuuskirjan ja vaihteen vastaanottopöytäkirjan. Tässä vaiheessa päätetään myös sopiva hetkellinen nopeusrajoitus alueelle, jonka jälkeen päästään asentamaan nopeusrajoitusmerkinnät ja baliisit. (Ratahallintokeskus 1999, 18.)

4.3 Viimeistely- ja jälkityöt

Viimeistely- ja jälkityöt aloitetaan heti asennuksen jälkeen. Vaihde-alue jälkituetaan tukemiskoneella 2 - 3 kertaa asennustyön jälkeen. Tuenta-ajat määräytyvät liikennemäärien ja työn lopettamisajankohdan mukaan. Vaihdealue ja vaihde harjataan puhtaaksi ylimääräisestä sepelistä. Erityisen tarkasti ylimääräisestä sepelistä tulee puhdistaa rullalaakerit, kielien ja tukikiskojen välit sekä kiskosovitukset. Sepelin puhdistuksen jälkeen vaihde pestään ja rasvataan. Vaihdetta ei saa käyttää ennen puhdistusta ja pesua. (Ratahallintokeskus 1999, 19-20.)

Vaihde hitsataan jatkuvaksi mahdollisimman pian asentamisen jälkeen. Termiittihitsaus tehdään (kuva 29), kun vaihde on tuettu ja oiottu lopulliseen asemaan. Hitsareiden tulee tarkastaa silmämääräisesti vaihteen geometria ennen hitsaamista. Hitsauksen jälkeen nopeusrajoitukset voidaan nostaa lopulliseen sallittuun nopeuteen ja asentaa uudet baliisit ja nopeusmerkinnät. (Ratahallintokeskus 1999, 21.)



Kuva 29. Termiittihitsaus. (Mech4study 2017, muokattu).

5 VAIHDE-ELEMENTTIEN NOSTAMINEN JA SIIRTÄMINEN

Kiskot ovat hankalia käsiteltäviä ja jykevästä muodostaan huolimatta radan herkimmin vioittuva komponentti. Kiskojen ja vaihde-elementtien asentamisessa toleranssit ovat hyvin pieniä (0,3 - 0,6 mm). Pienten toleranssien vuoksi kiskojen ja vaihde-elementtien käsittely oikeilla käsittelytavoilla on ensiarvoisen tärkeää. (Ratahallintokeskus 1998, 1).

5.1 Vastaanottaminen ja varastointi

Vastaava urakoitsija vastaanottaa työmaalle tulevat vaihde-elementit ja saa samalla vaihteen luovutuspöytäkirjan, tarvikeluettelon, mahdollisen pölkytyspiirustuksen ja palauteraporttilomakkeen. 1:26 -vaihdetta lukuun ottamatta kaikki vaihteet toimitetaan täysin varusteltuina. Työstä vastaavan tulee tarkistaa vaihteen osat mukana tulevan tarvikeluettelon mukaisesti. Osien kunto tarkistetaan silmämääräisesti. Kuljetuksen aikana vaihdepölkyt liikkuvat helposti, jolloin etenkin niiden suoruus ja sijainti tulee tarkastaa. (Ratahallintokeskus 1999, 15.) Pölkkyjen liikkumista ehkäistään käyttämällä erilaisia tukija pölkkyväleissä (Huupponen 2019). Ilmenneet viat ja muu palaute ilmoitetaan vaihdetoimittajalle raporttilomakkeen kautta ja ilmenneet viat korjataan ennen vaihteen asennusta (Ratahallintokeskus 1999, 15).

Vaihteet kuljetetaan työmaalle joko rautateitse tai maanteitse. Suurin osa kuljetuksista suoritetaan maanteitse. Rautateitse tehtyihin kuljetuksiin verrattuna se on halvempaa ja joustavampaa. Maanteitse vaihteet kuljetetaan rekka-auton lavalla vaakatasossa, pitkät asetinpölkyt pientareen puolella. Rautateitse vaihteita kuljetetaan vaihteenkuljetusvaunuilla. Vaihde lastataan vaihteenkuljetusvaunuun normaalisti vaakatasossa, mutta kuljetuksen ajaksi vaunut kallistetaan (kuva 30). Vaihteenkuljetusvaunua ei tarvitse kallistaa, mikäli pisimmät pölkyt ovat alle 3200 mm. (VR 2017, 3). Kallistuksen avulla myös vaihteen pisimmät pölkyt pysyvät ATU:n sisäpuolella. (Sipiläinen 2016, 82) VR Pieksämäen vaihdehallilla on laadittu vaihde-elementtien kuljetusvaunujen kuormausohjeen, jossa on erikseen yleisempien elementtien kuormausohjeet lähdepiirustuksineen (VR 2017, 3). Nykyisin Pieksämäen vaihdehallilla ei valmisteta vaihteita (Huupponen 2019).

Kuva 30. Vaihde-elementtiä kuljetetaan vaihteenkuljetusvaunuissa (Asko Keski-Petäjä 2006).

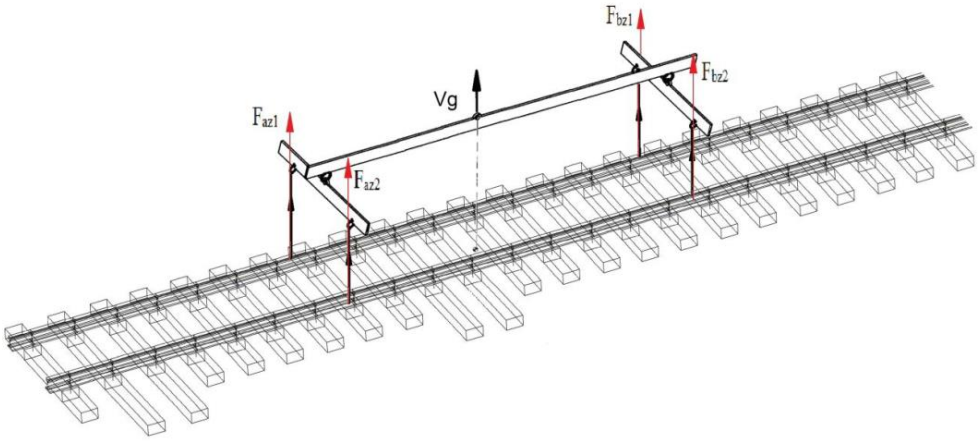
Vaihde-elementtejä ei varastoida päällekkäin, koska tällöin pölkyt taipuvat helpommin. Elementit varastoidaan tasaiselle alustalle. Mikäli tasainen alusta ei ole mahdollinen tulee pölkyt tukea päistään. Välivarastointia tulisi koittaa välttää mahdollisimman paljon, jotta elementit pysyisivät kunnossa. Käsiteltäessä vaihde-elementtejä pölkyt eivät saa liikkua, eikä vahingoittua. (Ratahallintokeskus 1999, 15.) Metalliosiin ei saa kohdistua lainkaan kuormitusta. Elementtejä ei saa työntää, riiputtaa tai lyödä millään tavalla. Vaihde-elementit nostetaan aina nostoa varten suunnitellulla nostopalkilla, nostoapuvälineillä tai vaihteenasennuskoneella. Nostot suoritetaan vain merkityistä nostokohdista. (Ratahallintokeskus 1999, 15.)

5.2 Elementtien nostaminen

Nostot tulee suunnitella niin, että vaihde-elementit saadaan asennettua rataan vahingoittumattomina ja turvallisesti. Ideaalitilanteessa elementtiä nostettaessa siihen ei kohdistu muita kuin pystysuuntaisia voimia (Sipiläinen 2016, 104).

Yhdellä laitteella nostettaessa vaihde-elementtiä tulee nostojen olla vähintään nelipistenostoja (kuva 31). Tämä tarkoittaa sitä, että vaihde-elementti tulee olla

nostettuna neljästä eri nostopisteestä niin, että elementti on tasapainossa. Elementin painon tulee jakautua tasaisesti kaikille neljälle nostoraksille. (Sipiläinen 2016, 77).



Kuva 31. Nelipistenosto (Sipiläinen 2016, 84).

5.2.1 Nostokalusto

Ennen nostoa tulee valita nostokalusto. Kaluston valintaan vaikuttaa nostettavien elementtien painot, vanhojen elementtien poistaminen, sähköistetty rata, työmaan sijainti ja laajuus sekä vaihdettavien vaihteiden lukumäärä. (Palolahti 2011, 132). Mikäli nosto suoritetaan linjalla jossa ei ole huoltoteitä, voidaan vaihde-elementtien nostamiseen käyttää ainoastaan raidenosturia. Kiskopyöräkaivinkoneella nostoja ei saa suorittaa. (Sipiläinen 2016, 39 - 40).

Nostolaitetta valittaessa tulee huomioida, että poistettava vaihde saattaa olla uutta vaihde-elementtiä raskaampi. Tällöin nostolaitteen nostokapasiteetin tulee vastata vanhan vaihteen painoa. (Palolahti 2011, 132). Poistettavan vaihteen paino saattaa routivaan aikaan olla jopa kolminkertainen, verrattuna uuden vaihteen painoon (Ojanperä 2019). Kaikkien rautatiealueella käytettäviä koneiden tulee olla turvallisia ja käyttötarkoitukseensa sopivia.

Ajoneuvonostureilla saavutetaan helposti hyvä nostokapasiteetti, mutta niiden käyttöä varten vaaditaan huoltotie tms. radan viereen. Ajoneuvonosturit tarvitsevat ympärilleen paljon tilaa tukijalkojen perustamista varten (kuva 32). (Sipiläinen 2016, 40).

Kuva 32. Ajoneuvonosturit työssään Riihimäellä 10.8.2016 (Kari Ojanperä 2016).

Raidenosturi on kiskojen päällä kulkeva nostolaite, joten se ei tarvitse radan viereen huoltotietä tai muuta samankaltaista. Laite on suunniteltu varta vasten nostotöiden tekemiseen radalla (kuva 33). Raidenosturin avulla vaihde-elementin nosto voidaan tehdä varovaisesti ja tehokkaasti. Tällä tavoin ehkäistään mahdollisuutta elementtien vahingoittumiseen. Raidenosturien avulla vaihde-elementtejä voidaan kuljettaa lyhyitä matkoja, toisin kuten ajoneuvonostureilla. (Mainline 2014).

Kuva 33. Vanhan vaihteen poisnostaminen raidenosturilla Pieksämäellä (Tommi Huupponen 2018).

Nostolaitteen valinnassa tulee huomioida myös ympärillä olevan maaperän ja raiteen kantavuus. Etenkin perustettaessa ajoneuvonostureita tai autonostureita tu-

lee maaperän kestää tukijalkojen perustaminen. Nostolaitteeksi tulee valita sellainen kone, jolla vaihde-elementti voidaan nostaa suoraan ylöspäin, ja jonka puomi on riittävän pitkä. (Ratahallintokeskus 2007, 5).

Pidempiä vaihde-elementtejä nostetaan yleensä vaihteenasennuskoneella (kuva 34), joka on varta vasten vaihde-elementtien nostamiseen ja asentamiseen suunniteltu kone. Nosto on tällöin huomattavasti vakaampi, eikä vaihde vaurioidu niin helposti. Vaihteenasennuskone pystyy liikkumaan vaihde-elementin kanssa jopa esteidenkin yli. Kone on säädettävä, joten sillä voidaan nostaa ja asentaa erilaisia vaihteita. Vaihteenasennuskoneella pystytään varmistamaan, että elementtiin ei kohdistu ylimääräisiä kuormia noston aikana. (Sipiläinen 2016, 3).

Kuva 34. Vaihteen asennuskone Riihimäellä 27.9.2016 (Kari Ojanperä 2016).

Useamman laitteen nostoja pidetään kriittisempinä kuin yhden laitteen nostoja. Useammalla laitteella useamman koneen käyttäjän tulee kommunikoida keskenään ja ajoittaa nosto yhteen. Mikäli tulee tilanne, että tarvitsee käyttää useampaa nostolaitetta, pyritään käyttämään kahta mahdollisimman samanlaista nostolaitetta virheiden minimoimiseksi. (Sipiläinen 2016, 87).

5.2.2 Nostoapuvälineet

Nostoapuvälineet ovat nostolaitteen ja nostettavan elementin välissä. Nostoapuvälineissä tulee olla kaikki tarpeelliset merkinnät, jotta niitä saa käyttää. Apuvälineessä tulee muun muassa olla ilmoitettuna sallittu nostokapasiteetti, valmistaja, raaka-aine ja CE-merkintä. Nostoapuvälineen valinnassa tulee huomioida sen irrottamistapa. Kun elementti on laskettu paikoilleen, tulee apuväline voida poistaa turvallisesti ja ilman vaihde-elementin vahingoittumista. (Työsuojeluhallinto 2010).

Nostoapuvälineet tulee kiinnittää elementtiin niin, etteivät ne vaurioita elementtiä. Nostoissa on vaarana, että nostoapuvälineet tai nostettava elementti osuvat nostokalustoon, koska nostokapasiteetti riittää vain pieniin nostoetäisyyksiin. Nostoapuvälineiden osuessa kalustoon on suurena vaarana apuvälineiden tai vaihde-elementtien vääntyminen ja vaurioituminen. Taakka saattaa alkaa myös heittelehtimään tai tippua kokonaan. (Sipiläinen 2016, 45).

Kielisovituselementtiä ei saa nostaa kuin siihen tarkoitetuilla nostopalkeilla (Huupponen 2019). Elementtien nostamisessa ketjujen käyttäminen nostoapuvälineenä on ehdottomasti kielletty (Ratahallintokeskus 1998, 2). Yleisimpiä nostoapuvälineitä ovat tekokuituiset nostoraksit. Tekokuituiset vahingoittavat kiskoja kaikista vähiten, sillä niistä puuttuvat terävät kulmat ja ne aiheuttavat vähemmän hankausta kuin muut nostoraksit. (Sipiläinen 2016, 68). Tekokuituiset nostoraksit ovat myös kevyitä ja helppokäyttöisiä, mutta ne ovat myös alttiita vaurioitumisille. (Työsuojeluhallinto 2010, 30).

Tekokuituisten nostoraksien lisäksi käytössä voi olla myös teräksisiä nostorakseja, jotka altistavat elementin tekokuitua enemmän alttiiksi muutoksille. Raksien kanssa voidaan käyttää myös nostopuomia tai nostopuomijärjestelmää, joka tulee nostoraksien ja nostolaitteen väliin. Nostopuomi pienentää vaihde-elementtiin tulevia rasituksia. (Sipiläinen 2016, 69 - 70).

5.2.3 Nosto- ja painopisteet

Vaihde-elementit koostuvat komponenteista, joille voidaan laskea painopiste. Laskemalla komponenttien painopiste, voidaan myös määritellä koko elementin painopiste. Yhdellä nostovälineellä nostettaessa elementti tulee nostaa painopisteen kohdalta. Muuten elementti ei pysy tasapainossa. Painopisteet saadaan tietoon vaihde-elementtien toimittajalta. (Sipiläinen 2016, 59).

Vaihde-elementtien nostamista varten tulee määrittää sopivat nostopisteet ja merkitä ne elementteihin ennen nostoa. Vaihdehallilla elementteihin on jo merkitty nostopisteet, jotka sopivat vaihdehalleilla käytettäviin nostomenetelmiin, mutta eivät siis välttämättä työmaalla. Nostopisteiden määrä ja sijainti riippuvat nostotavasta ja nostolaitteesta. Nostopisteet tulisi siis aina tarkistaa työmaalla. Nykyisessä Vaihde-elementtien nosto ja siirto -ohjeessa ei ole määritetty nostopisteiden paikkoja vaihde-elementeille. (Ratahallintokeskus 2007.)

5.3 Työturvallisuus

Ennakoiva turvallisuustyö rautatietyömaalla on tärkeää, töiden riskit on tunnistettava ja niihin varauduttava etukäteen. Työt, tässä tapauksessa vaihde-elementtien nostaminen ja asentaminen, tulee tehdä turvallisesti, jotta voidaan taata turvallisuus asennusta tekeville työntekijöille ja turvallinen kulkeminen raiteita käyttäville yksiköille. Jokainen ratatyömaalla työskentelevä työntekijä tulee perehdyttää työhön, työmaahan ja sen olosuhteisiin (Liikennevirasto 2018a, 15).

5.3.1 Nostosuunnitelma

Yksi merkittävimmistä syistä tapaturmiin on puutteellinen suunnittelu (Työsuojeluhallinto 2010, 7). Ennen nostotöihin alkamista päätoteuttajan tulee laatia turvallisuussuunnitelma, josta löytyy työhön liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot. Turvallisuussuunnittelu tulee toteuttaa niin, että turvalliset nostot pystytään varmistamaan koko hankkeen ajaksi. (Valtioneuvoston asetus 578/2003).

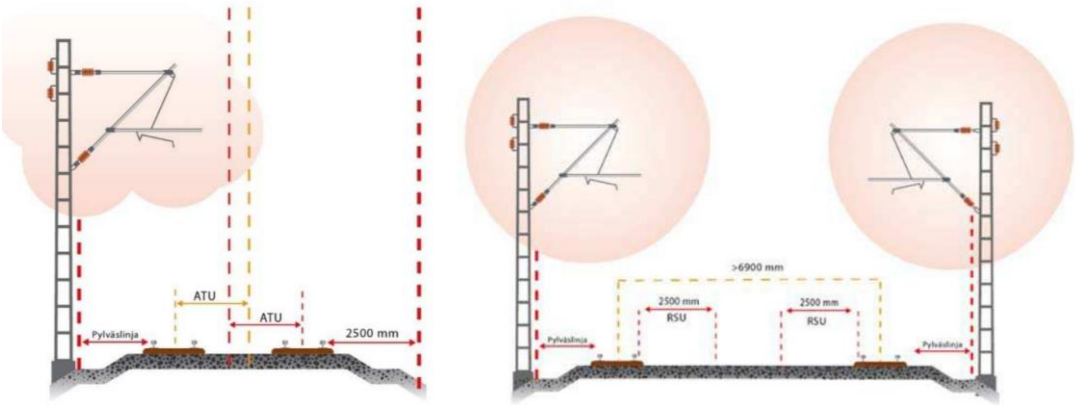
Valtioneuvoston asetuksessa (403/2008) on määritetty seuraavat asiat, jotka tulee tulla ilmi nostotöiden turvallisuussuunnitelmassa:

- Noston suunnittelu tehdään huolellisesti, varmistaen ettei työntekijöiden turvallisuus vaarannu.
- Nostolaitteen tulee olla riittävä ja käyttötarkoitukseen sopiva.
- Noston suorittamiseen on riittävästi tilaa.
- Nostolaitteen tulee sijaita tukevalla paikalla, missä se ei pääse kallistumaan tai kaatumaan.
- Nostamiseen valitaan sopivat nostoapuvälineet.
- Nostolaitteen käyttäjällä tulee olla riittävän hyvät näkyvyydet. (Valtioneuvostonasetus 403/2008.)

Ennen noston tekemistä jokaisessa vaihde-elementissä tulee olla merkittynä painopisteiden sijainnit. Elementtiä jota ei ole merkitty, ei saa nostaa. (Valtioneuvostonasetus 403/2008). Painopisteiden sijainti ja elementin paino olisi hyvä tuoda esille myös nostosuunnitelmassa (Sipiläinen 2016, 129).

5.3.2 Ratatyöturvallisuus

Ratatyö tarkoittaa rataverkolla tai sen läheisyydessä tehtävää työtä. Ratatyöhön tarvitaan aina liikenteenohjauksen lupa. Ratatyön suojaulottuman (RSU) sisäpuolella tehtävä työ tulee suojata turvamiesmenettelyllä tai liikenteenohjaukselta saatavalla työluvalla. Yksiraiteiselle radalla suojaulottuma ulottuu 2,5 m päähän lähimmästä kiskosta tai sähköradan pylväslinjan sisäreunaan. Useampiraiteisilla radoilla suojaulottuma ylettyy myös 2,5 m päähän tai pylväslinjaan. Raiteiden välissä RSU on sama kuin aukean tilan ulottuma (ATU), mutta jos raideväli on yli 6,9 m on suojaulottuma 2,5 m päässä kiskosta (kuva 35). (Liikennevirasto 2018a, 15 - 16).



Kuva 35. Ratatyön suojaulottuma (Liikennevirasto 2018a, 89).

Kun työskennellään RSU:n ulkopuolella, työhön ei tarvitse pyytää erillistä lupaa liikenteenohjaukselta (Liikennevirasto 2018a, 15). Vaihde-elementtien nostamiseen tarvitaan aina liikenteenohjauksen lupa, sillä vaihteita nostetaan RSU:n sisäpuolella. Useampi raiteisilla työmailla käytetään usein turvamiesmenettelyä ratatyöluvan lisäksi. Turvamies turvaa vieressä olevaa raidetta, jolla saattaa tapahtua liikennöintiä. Turvamies ilmoittaa aina lähestyvästä junasta äänimerkillä, jolloin vaihteen nostotyöt tulee keskeyttää yksikön ohittamisen ajaksi.

Ennen työmaan alkamista päätoteuttajan tulee aina laatia turvallisuussuunnitelma työmaasta. Tilaaja toimittaa päätoteuttajalle turvallisuusasiakirjan, jota päätoteuttaja käyttää hyödyksi laatiessaan turvallisuussuunnitelmaansa. Suunnitelmassa käydään lävitse muun muassa työturvallisuuteen liittyvät asiat, vastuuhenkilöt, henkilökohtaiset suojaimet, toimintaohjeet onnettomuuden varalta ja käytännöt perehdyttämisen suhteen. (Lappalainen & Sauni 2018). Turvallisuussuunnitelman tarkoitus on varmistaa työmaan ja työntekijöiden turvallisuus.

5.3.3 Vastuut ja pätevyydet

Työmaan päätoteuttaja vastaa siitä, että työmaalla toimitaan lainsäädännössä asetettujen vaatimusten mukaisesti. Päätoteuttaja vastaa työmaan tiedonkulusta ja turvallisuuden seuraamisesta. (Työsuojelukeskus 2013, 23). Päätoteuttaja vastuulla on nimetä vaihdetyömaalle ratatyöstävastaava (RTV). RTV vastaa liikenteenohjauksen kanssa käytävästä keskustelusta. RTV:n vastuulla on laatia

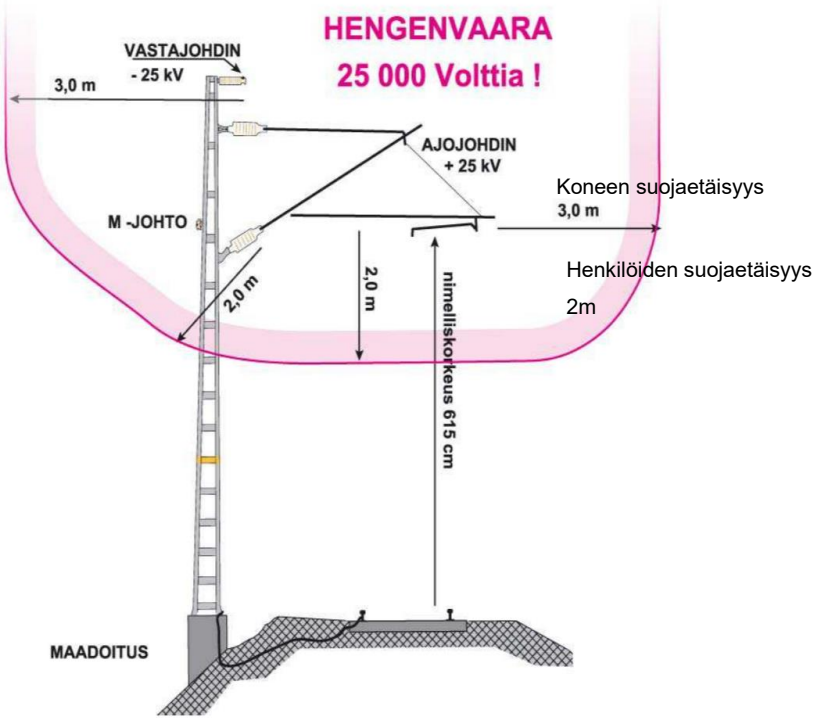
ilmoitus ratatyöstä (rt-ilmoitus) ennen työskentelyluvan hakemista. RTV hakee liikenteenohjaukselta työskentelylupaa RSU:n sisäpuolella ja sen saatuaan informoi työryhmiä. (Liikennevirasto 2018a, 11).

Kaikilta vaihde-elementtien nostotyömaalla työskenteleviltä vaaditaan voimassa oleva rataturva -pätevyys. Päätoteuttaja tarkistaa pätevyydet aina perehdytyksen yhteydessä. Pätevyyksien lisäksi työntekijöiden henkilökohtaiset suojaukset tulee olla kunnossa. Henkilökohtaisiin suojavarusteisiin kuuluvat heijastava keltainen heijastava vaatetus, turvakengät, leukahihnallinen kypärä sekä henkilötunniste. Ratatyömaalla oranssi vaatetus on sallittu vain turvamiehenä toimivalla henkilöllä. (Liikennevirasto 2018a, 17).

Vaihdeurakoissa vastuu materiaaleista on tilaajalla. Tilaaja vastaa, että vaihde-elementtien kuljetuksissa noudatetaan asetettuja turvallisuusvaatimuksia ja -menettelyjä. Tilaajan tulee huolehtia, että tavarantoimittajat ovat suojautuneet määräysten mukaisesti ja, että tavarantoimittajat tulee perehdytettyä kyseiseen työmaahan, sen olosuhteisiin ja rautatien turvallisuuskäytäntöihin. (Sipiläinen 2016, 149).

5.3.4 Sähkörataturvallisuus

Suomessa sähköistetyillä radoilla on 25 000 V jännite. Päätoteuttajan tulee perehdyttää kaikki työmaan henkilöt sähkörataan ja sähköturvallisuusohjeisiin, mikäli kyseinen työmaa sijaistee sähköistetyllä rataosalla. Työskenneltäessä sähköradan läheisyydessä tulee noudattaa erityistä tarkkuutta etenkin nostojen kanssa. Sähköradalle on asetettu turvalliset työskentelyetäisyydet sähköradan sähköistetyistä osista (kuva 36). Työskentelyetäisyydet henkilöille ja työkoneille on määritetty erikseen. (Liikennevirasto 2018b, 5, 10 - 11).



Kuva 36. Vähimmäisetäisyydet työkoneille ja henkilöille ratajohdon jännitteisistä osista (Liikennevirasto 2018a, muokattu, 20).

Vaihde-elementtien nostot tulee tehdä aina jännitekatkon aikana. Jännitekatkoa käyttämällä saadaan luotua turvalliset työskentelyolosuhteet. Jännitekatkon periaatteena on erottaa ajojohdin jännitteestä. Työalue suojataan molemmin puolin päätyömaadoituksilla, jotka estävät johtimien tuleminen jännitteisiksi työn aikana. Jännitekatkon tekemistä varten tarvitaan tarvittavat pätevyydet omaava sähköalan urakoitsija. Työmaadoituksen saa tehdä sähköalan ammattihenkilö opastettuna työhönsä. (Liikennevirasto 2018b, 12).

Nostolaitteet tulee aina maadoittaa ennen työhön ryhtymistä, mikäli on mahdollista, että koneen osa saattaa ulottua vähimmäisetäisyyksiä lähemmäksi rajan jännitteisiä osia. Jos nostolaitteen työskentelyalue on lähempänä kuin 5 m radan jännitteisistä osista, tulee sitä varten hakea lupa käytönjohtajalta. Käytönjohtaja myöntää nostolaitteelle työluvan. Työluvan lupaehdoissa mainitaan Väyläviraston edustaja, jonka tehtävän on tehdä nostolaitteelle käyttöönottotarkastus ennen sen pystytystä. Nostolaitteissa käytetään mahdollisuuksien mukaan nostokorkeuden rajoittimia. (Liikennevirasto 2018a, 30).

5.4 Riskienarviointi

Riskienarviointi koostuu riskianalyysista ja riskien merkityksen arvioinnista. Riskianalyysissa määritellään riskin raja-arvot, tunnisteen vaarat ja arvioidaan riskin suuruus. Riskien merkityksen arvioinnissa päätetään, että hyväksytäänkö riski vai vaatiiko se välittömiä toimenpiteitä. Kun riskienarviointiin lisätään vielä toimenpiteiden täytäntöönpano ja niiden seuraaminen, syntyy riskienhallinta. (Työsuojeluhallinto 2013).

5.4.1 Riskienhallinta

Riskienhallinnalla tuetaan hankkeen onnistumista. Tavoitteena on tunnistaa ja arvioida projektiin vaikuttavia epävarmuuksia, määritellä toimenpiteet epävarmuuksien ehkäisemiseksi ja seurata toimenpiteen toteutusta. Hankkeen tilaaja ohjaa ja valvoo riskienhallintaa sekä asettaa riskienhallinnalle tietyt tavoitteet. Vaihteiden vaihtoon liittyviä riskienarviointeja koskevat seuraavat säädökset: Rautatielaki (304/2011) ja YTM-asetus (402/2013). (Liikennevirasto 2017a, 8.)

Suunnitteluvaiheessa tilaajan tulee vastata riskienhallinnasta, kun taas palveluntuottajan tulee vastata siitä, että riskienhallinta toteutetaan sopimuksen mukaisesti. Suunnitteluvaiheessa tilaajan tulee määritellä riskienhallinnan toimintaympäristö, sekä asettaa riskienhallinnalle tavoitteet ja rajoitukset. Tilaaja laatii tässä vaiheessa hanketta tilaajan riskienhallintasuunnitelman ja huolehtii sen toimittamisesta palveluntuottajalle. Tilaajan riskienhallintasuunnitelmaa päivitetään suunnittelun ja hankkeen toteutuksen aikana. (Liikennevirasto 2017a, 12 - 14).

Palveluntuottajalta edellytetään riskien tunnistamista ja niiden arviointia. Riskienarvioinnin tulokset esitetään riskienhallintasuunnitelmana. Palveluntuottaja voi halutessaan päivittää tilaajan riskienhallintasuunnitelmaa tai laatia omansa. Riskienhallintasuunnitelma laaditaan ennen urakan aloittamista. Taulukossa 2 on koottu riskienhallinnan kokonaiskuva eri vaiheissa. (Liikennevirasto 2017a, 14, 16 - 17).

Taulukko 2. Riskienhallinnan kokonaiskuva ja näkökulmat läpi väylänpidon elinkaaren (Liikennevirasto 2017a, 10).

Suunnittelu	Toteutus	Kunnossapito
Tilaaja		
- Tilaajan projektinhallinnan riskit, erityisesti: - Hankkeen toteuttamiseen ja prosesseihin liittyvät riskit - Toimeksiantoihin liittyvät riskit - Turvallisuusriskit		
Palveluntuottaja		
- Hankkeen toteutumiseen ja prosesseihin liittyvät riskit - Suunnitteluun liittyvät riskit - Rakentamisen tekniset ja turvallisuusriskit - Ympäristöriskit - Käyttöönoton riskit - Kunnossapidon aikaiset riskit	- Projektinhallinnan riskit - Tekniset riskit - Turvallisuusriskit - Ympäristöriskit - Käyttöönoton riskit - Kunnossapidon jäännösriskit	- Projektinhallinnan riskit - Tekniset riskit - Turvallisuusriskit - Ympäristöriskit

5.4.2 Riskimatriisi

Riskimatriiseja on useita erilaisia ja sopiva matriisi voidaan valita aina rakennuskohteen mukaan. Riskienhallintasuunnitelmaa laadittaessa Väyläviraston hankkeisiin käytetään viraston riskimatriisia. Riskimatriisi on tapa arvioida riskin suuruus todennäköisyyden ja seurausten perusteella. Matriisin vasemman puolella olevien sanojen avulla voidaan määrittää riskin todennäköisyys. Tapahtuman todennäköisyys määritellään joko erittäin harvinaiseksi, harvinaiseksi, satunnaiseksi, yleiseksi tai erittäin yleiseksi. Yläreunan avainsanojen perusteella määritetään riskin vakavuus todennäköisyyden ja vakavuuden perusteella matriisi määrittelee riskille toimenpideluokan. Toimenpideluokat ovat nähtävissä liitteessä 1. (Liikennevirasto 2017b, 15).

6 POHDINTA

Aloittaessani opinnäytetyötä perehdyin tarkasti Vaihteiden nosto ja siirto -ohjeeseen. Työni puolesta olen paljon tekemisissä Väyläviraston eri ohjeiden kanssa ja luen niitä päivittäin. Omasta mielestäni kyseinen ohje oli enemmänkin koonti muista ohjeista kuin oma ohjeistuksensa. Ohjeessa on paljon kohtia suoraan muista ohjeista, esim. vaihde-elementtien mitat, jotka löytyvät myös RATO osasta 4 Vaihteet.

Itse näen ohjeen tärkeimpänä asiana nostopisteiden määrittämisen. Opinnäytetyössänikin todettaan, ettei nostoa saisi suorittaa ilman nostopisteiden merkintää. Vaihteiden nosto ja siirto -ohjeessa nostopisteiden määrittämisestä puhutaan hyvin ympäripyöreästi eikä tarkkoja ohjeita kerrota. Ohjeessa ei mainita kenen vastuulla nostopisteiden merkkaaminen on eikä sitä mistä löytää ohjeet nostopisteiden määrittämiseen. Päivitettyyn ohjeeseen tulisi siis tulla selkeä ohjeistus, kenen vastuulla pisteiden merkitseminen on ja miten ne osataan merkitä oikein.

Opinnäytetyötä laatiessani totesin, että Väylävirastolta löytyy useita ohjeita vaihteisiin koskien ja osittain ohjeissa on päällekkäistä asiaa. Ohjeiden tulisi olla lyhyitä ja ytimekkäitä, jotta varmistuttaisiin siitä, että ne tulevat myös luetuksi. Samalla kun ohjeista otettaisiin ylimääräinen asia pois, poistettaisiin myös riski päällekkäisyyksistä ja mahdollisista ohjeiden eroavuuksista.

Työtä laatiessani ja lähteitä lukiessani opin paljon uusia asioita vaihteista ja niiden asentamisesta. Vaihteisiin perehtyminen tässä vaiheessa tulee todennäköisesti edesauttamaan työskentelyäni tulevaisuudessa. Opinnäytetyön aihe oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen eikä aihe pitkästyttänyt matkan varrella.

LÄHTEET

Agico Group. Products. Luettu 11.3.2019. http://m.railtrackparts.com/rail-fasteners/other-rail-fasteners/railroad-train-track-switches-railway-turnout.html

ArcelorMittal. 2018. Carril 54E1 / UIC 54. Luettu 11.3.2019. https://rails.arcelormittal.com/pages/162-rail-54e1-uic54

CarlStahl. 2014. Tuote-kuvasto. Luettu 4.4.2019. https://www.carlstahl.fi/1424-teraskoysiraksi-silmukat-koussilla-puristusliitos.html

Fiberglass Specialities. 2019. Luettu 16.4.2019. https://www.fiberglassspecialtiesnd.com/railroad-switch-heater-shields/

Huupponen T. Valvoja. 2019. Opinnäytetyö; vaihteiden nosto ja siirto. Sähköpostiviesti. tommi.huupponen@rejlers.fi. Luettu 5.4.2019.

Lappalainen R., Sauni S. 2018. Turvallisuuskoordinaattorikoulutus -materiaali.

Mainline. 2014. Rail switches and crossings. Dewelopment of new technologies for replacement. Luettu 29.3.2019. http://www.mainline-project.eu/IMG/pdf/ml-d3.3-f-methods_for_switches__-crossings_replacement.pdf

Mech4study. 2017. Termite Welding: Principle, Working, Equipment´s, Application, Advantages and Disadvantages. 12.8.2017. Luettu 11.3.2019. http://www.mech4study.com/2017/04/thermite-welding-principle-working-equipment-application-advantages-and-disadvantages.html

Nurmikolu A., Peltokangas O. 2015. Raidegeometrian kunnossapito tukemalla ja tukemiskalusto Suomen rataverkolla. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2015.

Ojanperä K. Päällysrakenneasiantuntija. Opinnäytetyö; vaihteiden nosto ja siirto. Sähköpostiviesti. kari.ojanpera@rejlers.fi. Luettu 9.4.2019.

Palolahti T. 2011. Betonielementtien nostot. Rakentajain kalenteri 2011. Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja Insinöörit AMK RKL ry.

Sipiläinen A. 2016. Vaihde-elementtien käsittelymenetelmät. Diplomityö.

The Contact Patch. R. 1605 The steel rail. Luettu 1.4.2019. http://the-contact-patch.com/book/rail/r1605-the-steel-rail

The Washington Post. 4.1.2012. Too cold too soon for Metro tracks. Artikkeli. Luettu 11.3.2019. https://www.washingtonpost.com/local/too-cold-too-soon-for-metro-tracks/2012/01/04/gIQAuLWZbP_graphic.html?noredirect=on&utm_term=.acc9f2e078bc

Työsuojeluhallinto. 2013. Riskienarviointi. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14. Tampere.

Työsuojelukeskus TTK. 2013. Esimiehen työsuojeluopas - rakentaminen. Painojussit Oy. Kerava.

Työsuojeluhallinto. 2010. Nostoapuvälineet turvallisuus. Työsuojeluoppaita- ja ohjeita 12. MultiPrint Oy. Tampere.

Vaunut.org. 4.11.2010. Kuvaaja Jorma Rauhala. Luettu 11.3.2019. http://vaunut.org/kuva/66410

Vaunut.org. 23.11.2006. Kuvaaja Asko Keski-Petäjä. Luettu 11.3.2019. http://vaunut.org/kuva/31542?a=1

VR Yhtymä Oy. 2017. Vaihde-elementtien kuljetusvaunujen kuormausohje.

Ratahallintokeskus. 1998. Ratakiskojen käsittely työmaalla.

Ratahallintokeskus. 1999. Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL) osa 3 vaihdetyöt.

Ratahallintokeskus. 2002. Ratatekniset ohjeet RATO osa 11, Radan päällysrakenne.

Ratahallintokeskus. 2007. Vaihde-elementtien nosto ja siirto. 1002/611/2007

Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta. 18.6.2003/578.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. 12.6.2008/403.

Väylävirasto. 2010. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 2, Radan geometria. Liikenneviraston ohjeita 03/2010.

Väylävirasto. 2011. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 7, Rautatieliikennepaikat. Liikenneviraston ohjeita 13/2011.

Väylävirasto. 2012. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 4, Vaihteet. Liikenneviraston ohjeita 22/2012.

Väylävirasto. 2014. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3, Radan rakenne. Liikenneviraston ohjeita 17/2014.

Väylävirasto. 2016. YTM-asetuksen mukainen riskienhallinta rautatiejärjestelmässä. LIVI/7714/06.04.01/2016.

Väylävirasto. 2017a. Riskienhallinta väylänpidossa. Liikenneviraston ohjeita 39/2017.

Väylävirasto. 2017b. Ohje riskienhallinnan menetelmistä. Liikenneviraston ohjeita 40/2017.

Väylävirasto. 2018a. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). Liikenneviraston ohjeita 7/2018.

Väylävirasto. 2018b. Turvallinen työskentely sähköistetyllä radalla. Esite.

Zaayman L. 2013. Mechanisation of Track Work in Developing Countries. L.C. Zaayman.

LIITTEET

Liite 1. Riskimatriisi

Liikennevirasto

RISKIMATRIISI / RISKIN MERKITTÄVYYDEN ARVIOINTI

	TAPAHTUMAN SEURAUSTEN VAKAVUUS				
Vahinkolaji	**1 Erittäin lieviä / vähäisiä**	**2 Lieviä / vähäisiä**	**3 Vakavia / kohtalaisia**	**4 Suuria**	**5 Erittäin suuria**
Henkilövahinko	Erittäin lieviä loukkaantumisia, sairausloma alle 1 vrk	Lieviä loukkaantumisia, sairausloma alle 14 vrk	Vakavia loukkaantumisia, sairausloma yli 14 vrk	Kuolemantapauksia	Useita kuolemantapauksia
Omaisuusvahinko	Erittäin vähäisiä omaisuus- tai liiketoimintavahinkoja	Vähäisiä omaisuus- tai liiketoimintavahinkoja	Kohtalaisia omaisuus- tai liiketoimintavahinkoja	Suuria omaisuus- tai liiketoimintavahinkoja	Erittäin suuria omaisuus- tai liiketoimintavahinkoja
Toiminnallinen haitta	Haittaa suunnittelun/urakoiden toteutusta Erittäin lieviä vaateita	Haittaa suunnittelun/urakoiden toteutusta Lieviä vaateita	Haittaa suunnittelun/urakoiden toteutusta Kohtalaisia vaateita	Hanke viivästyy kuukauden Suuria vaateita	Hanke viivästyy useita kuukausia Erittäin suuria vaateita
Liikennevahinko	Ei liikennevahinkoa, vain liikennehaittaa	Vähäisiä liikennevahinkoja	Kohtalaisia liikennevahinkoja	Suuria liikennevahinkoja	Erittäin suuria liikennevahinkoja
Ympäristövahinko	Erittäin vähäisiä ympäristö-vahinkoja tai haittaa, erittäin helposti korjattavissa	Vähäisiä ympäristö-vahinkoja, lievää haittaa, helposti korjattavissa	Kohtalaisia ympäristövahinkoja / haittaa, korjattavissa	Suuria ympäristövahinkoja, huomattavaa ja laajaa haittaa, korjattavissa	Erittäin suuria ympäristö-vahinkoja, vakavaa pitkävaikutteista haittaa, vaikeasti korjattavissa

TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS
5 Erittäin yleinen Esiintyy ainakin 10 kertaa vuodessa
4 Yleinen Esiintyy ainakin kerran vuodessa
3 Satunnainen Esiintyy ainakin kerran 10 vuodessa tai esiintyy ainakin kerran hankkeen toteutusaikana
2 Harvinainen Esiintyy ainakin kerran 100 vuodessa tai esiintyy ainakin kerran hankkeen käytön aikana
1 Erittäin harvinainen Esiintyy harvemmin kuin kerran 100 vuodessa Teoreettinen, ei tiedetä tapahtuneen rakentamisen tai käytön aikana

	1 Erittäin lieviä/vähäisiä	**2 Lieviä/vähäisiä**	**3 Kohtalaisia**	**4 Suuria**	**5 Erittäin suuria**
5 Erittäin yleinen	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä	Sietämätön	Sietämätön
4 Yleinen	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä	Sietämätön
3 Satunnainen	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Merkittävä
2 Harvinainen	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä
1 Erittäin harvinainen	Merkityksetön	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen

TOIMENPIDELUOKAT	
Sietämätön	Välittömät toimenpiteet
Merkittävä	Toimenpiteet meneillään olevassa suunnitteluvaiheessa
Kohtalainen	Toimenpiteet suunniteltava
Vähäinen	Seurataan
Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä