

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntatekniikka
Henri Pesola

Opinnäytetyö

Päällysrakennetyöt pitkissä ratatunneleissa

Esimerkkihankkeena Jämsänkoski - Jyväskylä -projekti 2009

Työn ohjaaja
Työn tilaaja

Tampere 12/2010

Diplomi-insinööri Pentti Silén
VR Track Oy Länsi-Suomi, ohjaaja insinööri (amk)
Mika Tepsa

Työn tekijä	Pesola Henri,
Työn nimi	Päälysrakennetyöt pitkissä ratatunneleissa, Esimerkki-hankkeena Jämsänkoski - Jyväskylä- projekti 2009
Sivumäärä	56 sivua ja 6 liitesivua
Valmistumisaika	12/2010
Työn ohjaaja	DI Pentti Silén
Työn tilaaja	VR Track Oy, ohjaaja ins. (amk) Mika Tepsa

Tiivistelmä

Suomen rautatietunneleista merkittävä osa on ikänsä puolesta korjauksen tarpeessa, niin tunnelirakenteiden, kuin radan päälysrakenteenkin osalta. Tunneli on normaaliin ra-taympäristöön verrattuna suljettu tila ja aiheuttaa erityistoimenpiteitä työskentelyssä. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin tarkastelemaan pitkissä rautatietunneleissa työskente-lyä suurilla ratatyökoneilla.

Aiempaa kokemusta isojen ratatyökoneiden soveltuvuudesta pitkiin tunneleihin on vä-hän, ja sitä on voitu arvioida lähinnä lyhemmissä tunneleissa suoritettujen esimerkki-hankkeiden pohjalta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja toimia suuntaa-antavana ohjeena, mitä tulisi huomioida ratatöissä tunneliympäristössä. Suurilla ratatyökoneilla tarkoitetaan tässä työssä lähinnä raiteenvaihtoon ja sepelitukikerroksen puhdistamiseen tarkoitettuja ratatyökoneita.

Työtä tehtäessä käytettiin apuna käytännön töistä saatuja kokemuksia ja työntekijöiden ammattitaitoa. Toukokuun 2009 aikana tapahtuneella työkohteen seurannalla arvioitiin työmenetelmien toimivuutta ja osaltaan ennakoitiin tulevaisuudessa huomioitavia asioi-ta. Tavoitteena olisi, että tulevaisuudessa toteutettaessa pitkiä tunnelitöitä tiedettäisiin siihen soveltuvat työmenetelmät paremmin ja osattaisiin kiinnittää huomio oikeisiin asioihin turvallisuuden ja työn sujumisen kannalta. Työn tuloksena saatiin lisättyä tur-vallisuutta kehittämällä ilmanvaihtoa sekä työ- ja toimintamenetelmiä tunneli olosuh-teissa.

Erityisesti ohjeita rautatietunneleissa tapahtuvasta työskentelystä ovat tällä hetkellä RATO 18 ja SRT YTE. Rautatietunneleiden turvallisuutta koskevat säädökset ovat tällä hetkellä yhtenäistymässä Euroopassa.

Writer	Pesola Henri,
Title	Railway works in long tunnels, Example project Jämsänkoski - Jyväskylä 2009
Pages	56 pages and 6 appendices
Graduation	12/2010
Thesis Supervisor	Pentti Silén (Msc)
Co-operating company	VR Track, supervisor project manager Tepsa Mika

Abstract

Finnish railway tunnels are getting old and they are partly in need of repairing. Working in these closed spaces causes certain measures to working manners and safety. Yet we do not have much experience working in these long tunnels with our biggest rail constructing machines. This final thesis concentrates in this problem.

The Use of big machines in tunnels can be evaluated by the example work in shorter ones. This thesis examines the effects to normal work procedures in tunnels and especially to safety. Big rail construction machines in this text are mainly ment machinery for chancing the rail and for ballast cleaning.

The purpose of this work is to study and give some guidelines how to work in the future. The work is mainly done by following the example work during the summer 2009. When monitoring the work, few different measurements were done mainly focusing to safety (MVR and air quality measurement). The whole progress can be also evaluated by functionality and the point of work achievement.

In future when working in longer tunnels we should know better witch working methods are good and concentrate right things in safety.

At the moment in Finland guidelines for working in railway tunnels are given in RATO 18 and SRT YTE. These are not usable for all situations cause resent developed and change in working methods. Guides for safety in tunnels are under change in Europe.

Keywords: tunnel, railroad, ballast cleaning, track renewal

Esipuhe

Opinnäytetyön laatiminen vähäisen lähdemateriaalin varassa ja lähinnä käytännön kokemusten pohjalta oli melko haastavaa. Oleellisen ja hyödyllisen tiedon kerääminen oli hidasta. Työssä joutuikin lähinnä keskittymään käytännössä havaittuihin ongelmiin ja niihin työmaalla soveltamalla etsittyihin ratkaisuihin. Suurelta osin onkin yritetty koota yhteen tällä hetkellä olemassa olevan tiedon pohjalta huomioitavat asiat.

Tulevaisuudessa tunneleihin liittyvää ohjeistoa pystytään varmasti laajentamaan, kun työkokemusta yhä pidemmistä tunneleista saadaan lisää. Myös Suomessa työmenetelmät tulevat varmasti kehittymään, vaikkakin hitaammin kuin muualla Euroopassa liikennemäärien ollessa vähäisempiä. On mielenkiintoista nähdä, siirrytäänkö meilläkin tunneleissa kiinteisiin päällysrakenteisiin ja kuinka turvallisuusnäkökohdat tulevat lisääntymään.

Kiitokset työn ohjaajille Mika Tepsalle ja Pentti Silénille, sekä kaikille muille työn tekemistä omalta osaltaan edesauttaneille henkilöille.

Tampereella joulukuussa 2010

Henri Pesola

Sisällysluettelo

1	Johdanto	10
1.1	Työn tausta.....	10
1.2	Työn tavoitteet	10
2	Rautatiet työympäristönä	11
2.1	Yleistä	11
2.2	Rautatieympäristön erityisvaatimukset.....	11
2.3	Työskentelyyn liittyviä käsitteitä	12
2.3.1	Ennakkoilmoitus työstä.....	12
2.3.2	Ratatyö	13
2.3.3	Raili.....	13
2.3.4	Turvamiesmenettely	14
2.3.5	Turvakoulutus ja vaatetus	14
3	Tunneli ympäristönä	15
3.1	Yleistä	15
3.2	Tunnelin poikkileikkaus	15
3.3	Mitoitus.....	16
3.4	Tunneleiden järjestelmät.....	17
3.5	Suuaukkorakenteet	17
3.6	Kiinteä päällysrakenne.....	17
4	Radalla toimivat osapuolet.....	18
4.1	Yleistä	18
4.2	LiVi eli Liikennevirasto.....	18
4.3	Urakoitsijat.....	19
4.4	Trafi eli Liikenteen turvallisuusvirasto.....	20
5	Raiteenvaihtotyö veeralla.....	22
5.1	Yleistä.....	22
5.2	Työn valmistelu.....	23
5.3	Kiinnitysten harvennus	25
5.4	Portaalinosturi eli "elukka"	25
5.5	BOPpy-vaunut	26
6	Radan tukikerroksen puhdistaminen eli seulonta	28
6.1	Yleistä	28
6.2	Koneen toiminta	28
6.3	Seulotun hienoaineksen käsittely	30
6.4	Jättesepelivaunut (MFS-vaunut)	30
6.5	Routaeristys.....	31
6.6	Tukikerroksen vaihto	32

7	Radan tukikerroksen viimeistely	33
7.1	Tukeminen	33
7.2	Valmiin sepelipatjan tiivistäminen	33
7.3	Harjaus	33
8	Esimerkkihanke Jämsänkoski - Jyväskylä.....	34
8.1	Hankkeen esittely	34
8.2	Työn kuvaus	35
8.2.1	Yleistä	35
8.2.2	Työsaavutukset	36
8.2.3	Tulevat työt	36
8.3	Tunnelikohtainen erittely	36
8.4	Perehdytys tunneleihin	37
8.5	Työtä häiritsevät rakenteet	38
8.5.1	Kuivatusrakenteet	38
8.5.2	Kaapelit	38
8.6	Turvallisuusnäkökohdat.....	38
8.6.1	Kiskonohjain	38
8.6.2	Kiskoilta suistuminen	39
8.6.3	Tulipalo tunnelissa.....	39
8.6.4	Työkoneet ja pakokaasu.....	40
8.6.5	Työn jaksottaminen	40
8.6.6	Työskentely ilman tarkkailumittarit	40
8.6.7	Tukikerroksen pölynsidonta tunnelissa	41
8.6.8	Henkilösuojaimet.....	42
8.6.9	Ilmanvaihto	42
8.6.10	Ilman virtausnopeus.....	43
8.6.11	Tuulettimet	43
8.7	Pelastautuminen	44
8.7.1	Pelastuslaitos	44
8.7.2	Hätäpoistuminen.....	45
8.7.3	Pelastuspakkaukset	46
8.8	Ympäristö.....	46
8.8.1	Öljyvuoto tunnelissa	46
8.8.2	Valaistus.....	47
9	Loppupäätelmät ja jatkotoimenpiteet	48
	Lähteet	49
	Liitteet.....	51
	Liite 1: RT-ilmoitus pohja	51
	Liite 2: Malli graafisesta aikataulusta	52
	Liite 3: Turvamiesmääräys	53
	Liite 4: Tunnelin normaali poikkileikkaus	54
	Liite 5: Liikenneviraston organisaatiokaavio	55
	Liite 6: Tunneliluettelo.....	56

Rautatiehen liittyviä käsitteitä

<i>ATU</i>	Aukean tilan ulottuma; tila, jonka juna tarvitsee turvallisuussyistä liikkuaan.
<i>ETJ</i>	Ennakkoilmoitusjärjestelmä, jossa suunnitellaan ja ilmoitetaan tulossa olevat ratatyöt ja niiden aikaikkunat.
<i>Jatkuvakiskoraide</i>	Kiskot on hitsattu neutraloitu yhteen jatkuvaksi rakenteeksi
<i>Kuilut</i>	Tunneleihin liittyviä ilmanvaihto- ja savunpoistoreittejä sekä huolto-, poistumis- ja pelastusteitä.
<i>Liikenteenohjaus</i>	Tarkoittaa liikennöintiä hallitsevaa organisaatiota, joka turvaa junien kulkutiet ja antaa lupia vaihtotyöhön sekä suojaa ratatyön liikenteenohjauksen piirissä olevalla alueella.
<i>Liikenteen suunnittelu</i>	Hoitaa liikenteen ja ratatyön yhteensovittamisen muiden radalla toimijoiden kanssa.
<i>Livi</i>	Liikennevirasto muodostui, kun entinen Ratahallintokeskus, Merenkululaitos ja Tiehallinto yhdistettiin vuoden 2010 alussa.
<i>MVR</i>	Maa- ja vesirakennuksessa käytettävä turvallisuusmittari.
<i>Radan korkeusviiva</i>	Määrittelee raiteen korkeuden.
<i>Radan tukikerros</i>	Yleensä sepelistä oleva rakennekerros, joka pitää raiteen asemassa, antaa sille tasaisen kantavan pohjan sekä jakaa kuormat alusrakenteelle.

<i>Raide</i>	Koostuu ratakiskoista, ratapölkyistä, kiinnitys- ja jatkosista, sekä erikoisrakenteista.
<i>Railiverkko</i>	Liikenneviraston GSM-R-verkko, eli rautateiden integroitu liikenneviestintäjärjestelmä.
<i>Ratakilometri</i>	Ilmoitetaan Helsingistä pohjoiseen päin kilometreinä ja satoina metreinä muodossa km + m. Kilometrit eivät aina ole käytännössä kilometrin pituisia johtuen muu- toksista raidegeometrioissa.
<i>Rautatievirasto</i>	Turvallisuutta ja yhteentoimivuutta valvova elin, joka erotettiin RHK:sta 2006. Nykyään osa Trafia.
<i>RATO</i>	Ratatekniikkaa ja ratateknisiä töitä koskeva kokoelma ohjeita.
<i>RHK</i>	Entinen Ratahallintokeskus, joka huolehti rataverkon ylläpitämisestä, rakentamisesta ja kehittämisestä sekä ratakapasiteetin jakamisesta ja liikenteenohjauksesta.
<i>RT-ilmoitus</i>	Liikenteen ohjaukseen tehtävä ratatyöilmoitus.
<i>Seula</i>	Radan tukikerroksen puhdistamiseen käytettävä rata- työkone (Plasser & Theurer RM 80).
<i>SRT YTE</i>	Eurooppalainen ohjeistus rautatietunneleiden turvalli- suudesta (Safety in Railway Tunnels).
<i>Trafi</i>	Vastaa liikennejärjestelmän sääntely- ja valvontatehtä- vistä, kehittää liikennejärjestelmän turvallisuutta ja edistää liikenteen ympäristöystävällisyyttä.

Turvallisuusselvitys

Esimerkiksi rautatietunnelia varten tehty selvitys, jonka tarkoitus on tunnistaa mahdolliset vaarat ja määrittää toimenpiteet turvallisuustason saavuttamiseksi.

Veera

Raiteenvaihtoon käytettävä ratatyökone (Plasser & Theurer SMD 80).

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Vuonna 2005 Jämsänkoski - Jyväskylä- rataosalla tehtiin Matomäen tunnelissa (km 304 + 011 - 304 + 249), seulontaa ja raiteenvaihtoa kokeilumielessä. Tunneli oli lyhyt, vain 239 metriä pitkä ja toimi pilottikohteena työskentelyyn suurilla ratatyökoneilla tunnelissa. Pituutensa puolesta lyhyt tunneli oli hyvä ensimmäiseksi koe kohteeksi, koska mahdollisia riskejä pystyttiin hallitsemaan paremmin. Työn aikana saatiin kuvaa mahdollisista ongelmista tulevissa töissä. Työssä oli etukäteen varauduttu ilman laadun heikentymiseen pakokaasun ja pölyn takia. Tätä ongelmaa ehkäistiin lisäämällä tunnelin ilmanvaihtoa tuulettimilla. Käytössä oli myös mittareita, joilla selvitettiin, kuinka ilman laatu muuttui työkoneiden vaikutuksesta. (Loukonen 2005.)

Koska ensimmäinen tunnelikohde sujui ilman ongelmia, myös pidempien tunneleiden tukikerroksen seulontaa ja koneellista raiteenvaihtoa voitiin pitää mahdollisena. Tämä työ keskittyikin näihin hieman pidempiin tunneleihin tehtyihin päällysrakenteen korjauksiin ja niissä saatuihin havaintoihin.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on selventää suurien ratatyökoneiden työmenetelmiä pitkissä ratatunneleissa sekä tunneliympäristön vaikutusta kyseisiin töihin. Raportin alkuosa kertoo lyhyesti rautateistä ja tunneleista työympäristönä antaen kuvauksen työn perusedellytyksistä. Keskiosa kertoo laajemmin tukikerroksen puhdistamiseen ja raiteen vaihtoon tarkoitetuista työkoneista ja menetelmistä. Loppuosa keskittyy turvallisuuteen ja työn yhteydessä tehtyihin havaintoihin.

Tarkoituksena on kehittää päällysrakenteiden tekemistä tunneliolosuhteissa ja vähentää työn kulkuun liittyviä häiriö- ja vaaratekijöitä. Kun mahdolliset riskit tunnelitöissä tunnetaan, selvittää työn toteutuksesta turvallisemmin ja mahdollisesti jopa pienemmillä kustannuksilla.

2 Rautatiet työympäristönä

2.1 Yleistä

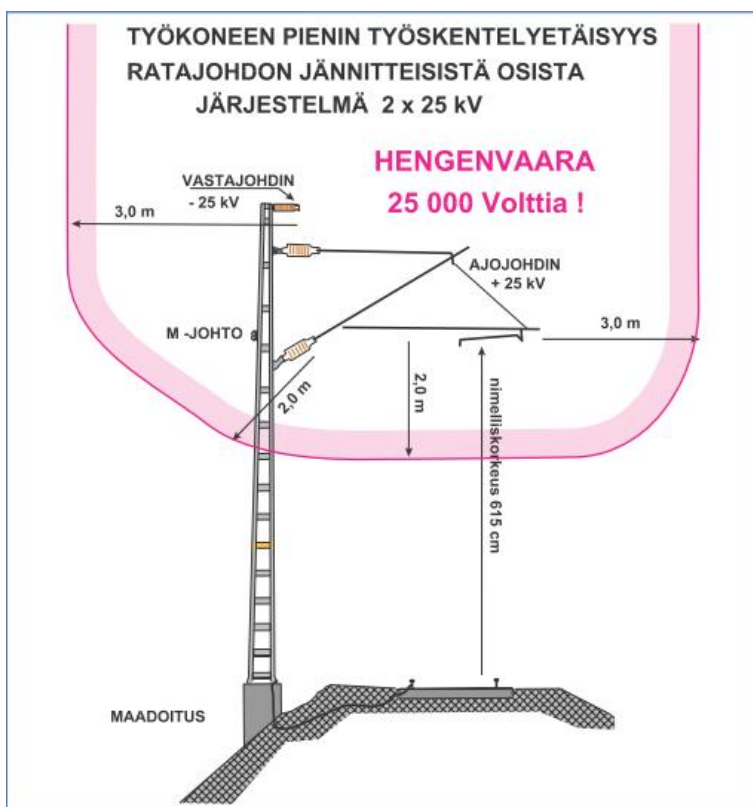
Rautateiden rakentaminen on omaa erikoisalaansa ja eroaa vaatimuksiltaan muusta infrarakentamisesta. Rautatieympäristössä työtä ja sen etenemistä määrittelevä tekijä on pitkälti liikenne ja sen sujuvuus. Työtä pyritään tekemään liikenteen ehdoilla aikana, jolloin rata on tyhjillään. Yleensä se tarkoittaa, että junien liikkeiden välissä olevat raot ovat käytettävissä oleva työaika. Osa suuremmista ja vaativammista töistä joudutaan lisäksi tekemään totaalikatkoilla. Tällöin kaikki junaliikenne on hetkellisesti pysäytetty ja henkilöjunat korvataan mahdollisuuksien mukaan linja-autoilla. Tavaraliikenne kierätetään tarvittaessa vaihtoehtoisilla reiteillä.

Junien kulku aikataulussa menee yleisesti yksittäisen työsuorituksen ohi, ja liikenteelle aiheutetuista viiveistä urakoitsija joutuu yleensä maksamaan tuntuvia sakkoja. Liikenne ei aina ole täsmällistä, ja osan työajasta voi joutua vain odottamaan töihin pääsyä. Kun työn tekeminen on mahdollista, pitää työssä tapahtuvien liikkeiden olla ripeitä ja hyvin selvillä, ettei vähäistä työaikaa kulu hukkaan.

2.2 Rautatieympäristön erityisvaatimukset

Työskenneltäessä rautatieympäristössä, on osattava huomioda sille ominaisia vaaroja. Raideliikenteen nopeudet ja etenkin massat ovat tiellä tapahtuvaan liikenteeseen verrattuna suuria. Juna voi kulkea kiskoilla lähes äänettömästi ja näkemän ollessa huono, se voi päästä hyvinkin lähelle ennen havaituksi tulemista. Rataympäristössä kokematon ottaa helposti tiedostamattomia riskejä, eikä osaa havainnoida tarpeeksi ympäristöään. Työntekijän junan alle jäänti on todellinen riski, joka pitää huomioda. Rautatieympäristössä rakentamiseen liittyvät lisäksi samat riskit, joita esiintyy maarakentamisessa ja rakennusprojekteissa yleisesti.

Junaliikenteen lisäksi sähköistetyillä rataosilla suoran hengenvaaran aiheuttaa ajolangassa kulkeva sähkö ja 25 000 V:n jännite. Tämä on osattava huomioda koko ajan kaikessa tekemisessä. Turvaetäisyyksien sähköistettyihin rakenteisiin on oltava kunnossa ja sähköön liittyvät työt teetettävä ammattilaisilla (kuvio 1). Yleensä työskentely halutaan turvata jännitekatkolla, jos mahdollista.



Kuvio 1: Pienin sallittu työskentelyetäisyys työkonella jännitteisistä osista (RHK Turvallisuusohjeita sähköradalle 2008)

2.3 Työskentelyyn liittyviä käsitteitä

2.3.1 Ennakkoilmoitus työstä

Rautateillä on käytössä ennakkoilmoitusjärjestelmä (ETJ), jonka avulla liikenteeseen vaikuttavat työt suunnitellaan ja ajoitetaan etukäteen yhteen liikenteen kanssa. Näin liikenteenohjauksella on parempi kyky koordinoida töiden vaikutusta liikenteeseen. Järjestelmään ilmoitettavista tiedoista on nähtävissä muun muassa työnaikaiset rajoitteet ja arvioitu kesto. Lisäksi ilmenevät myös mahdolliset työn jälkeen voimaan jäävät rajoitteet, kuten esimerkiksi nopeusrajoitukset. Työt sovitetaan liikenteen kanssa yhteen liikenteen suunnittelussa. Ennakkoilmoitusta ei tehdä turvamiehellä tehtävästä työstä. (TURO, RHK B24, 42.)

Ennen työn aloittamista työstä tehdään ennakkoilmoituksen lisäksi myös ratatyöilmoitus eli RT liikenteenohjaukseen (liite 1). Siitä selviää tarkemmin tietoja työstä ja sen suorittajasta. Jos työstä ei ole ilmoitettu liikenteenohjaukseen kunnolla etukäteen, voi luvan saaminen työlle olla hankalaa. Työaikoja suunniteltaessa apuna on hyvä käyttää junien kulkukaaviota (liite 2). (TURO, RHK B24, 40.)

2.3.2 Ratatyö

Ratatyöt suoritetaan aina liikenteenohjauksen luvalla, kun työ

- estää tai vaarantaa liikennöinnin
- tehdään koneellisesti siten, että kone tai sen osa saattaa ulottua raiteen aukean tilan ulottumaan
- vaikuttaa radan rakenteeseen
- kohdistuu käytössä olevaan turvalaitokseen
- tehdään työkoneella tai ajoneuvolla matkustajalaiturilla
- edellyttää liikennöinnin keskeyttämistä työturvallisuuden takia.

(TURO, RHK B24, 44.)

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että radan kerrokseen tai päällysrakenteeseen vaikuttavia töitä ei voi tehdä ilman ratatyölupaa. Luvan ottoon pätevä henkilö pyytää liikenteenohjauksesta luvan työskentelyyn. Tilanteen niin salliessa liikenteen ohjaaja antaa työluvan ja määräajan, jonka puitteissa työ on tehtävä. Kun luvan ottaja luovuttaa raiteen takaisin, vastaa hän raiteen liikennekelpoisuudesta.

Pyydettäessä liikenteenohjaukselta lupaa ratatyöhön on ilmoitettava

- mitä työtä on tarkoitus tehdä
- mikä alue työhön tarvitaan,
- voiko alueella liikennöidä ratatyön aikana
- suunniteltu työn päättymisaika
- ratatyöstä vastaavan yhteystiedot. (TURO, RHK B24, 44.)

2.3.3 Raili

Raili on GSM-R-tekniikkaan perustuva viestintäverkko (rautateiden integroitu liikenneviestijärjestelmä). Raili-puhelinta käytetään rautatieympäristössä viestintään. Ratatyöstä vastaava henkilö antaa Raili-puhelimella ratatyöilmoituksen työalueen liikenteenohjaukselle. Tämä tehdään Raili-puhelinluettelossa olevaa yhteystietoa käyttäen. Ennen työn aloittamista ratatyöstä vastaavan on rekisteröidyttävä Raili-verkkoon käyttäen liikenteenohjauksen antamaa yksilöivää tunnusta. Tämän jälkeen liikenteenohjaus voi omalta näytöltään paikallistaa soittajan sijainnin. Järjestelmä on ollut käytössä vasta noin vuoden, ja sen tarkoitus on lisätä junaturvallisuutta. Jokaisessa Raili-puhelimessa on muun muassa hätäpuhelutoiminto. (TURO, RHK B24, 45.)

2.3.4 Turvamiesmenettely

Turvamiesmenettely on tapa tehdä ratatöitä ilman raidevarausta. Menetelmää voidaan käyttää sellaisissa töissä, joissa ei vaikuteta radalla tapahtuvaan liikenteeseen, eikä radan rakenteisiin ja laitteisiin. Tällaista työtä voi olla esimerkiksi radantarkastus. Turvamiesmenettely ei ole sallittua rata-osilla, joiden suurin nopeus on yli 140 km/h. Turvamies ei voi osallistua varsinaiseen työskentelyyn, hän vaan suojaa muiden työskentelyä ja ilmoittaa ajoissa lähestyvistä junista. Apuna turvamiehellä on tarpeen mukaan radiopuhelin ja merkinantolaite. Turvamies nimetään tehtäväänsä kirjallisesti esimiehen toimesta (liite 3). (TURO, RHK B24, 54.)

2.3.5 Turvakoulutus ja vaatetus

Ennen kuin työntekijä saa toimia rautateillä, on hänellä oltava siihen vaadittavat pätevyudet. Hänen on käytävä läpi perehdytys rautateillä työskentelystä ja turvallisuusnäkökohdista. Aina tarvitaan myös työkohtaisesti työmaan oma perehdytys. Lisäksi vaaditaan tarpeen mukaan turvavaatetus, johon kuuluvat kypärä, varoitusvaatteet, kuulosuojaimet, turvakengät ja silmäsuojaimet (kuvio 2). ATU:n sisäpuolella sekä raiteiden välittömässä läheisyydessä työskentelevien tulee käyttää näkyvää varoitusvaatetusta, joka täyttää vähintään SFS-EN 471 CE-2 -vaatimusluokan. (TURO, RHK B24, 19.)



Kuvio 2: Esimerkki sääntöjen mukaisesta turvavaatetuksesta (Pesola, 2009.)

Työmaalla pitää lisäksi uusiin työvälineisiin ja työympäristöihin liittyen antaa lisäperehdytys ennen työn aloittamista. Niitä voivat olla esimerkiksi tunnelityöt ja siihen liittyvät pelastautumistoimet.

3 Tunneli ympäristönä

3.1 Yleistä

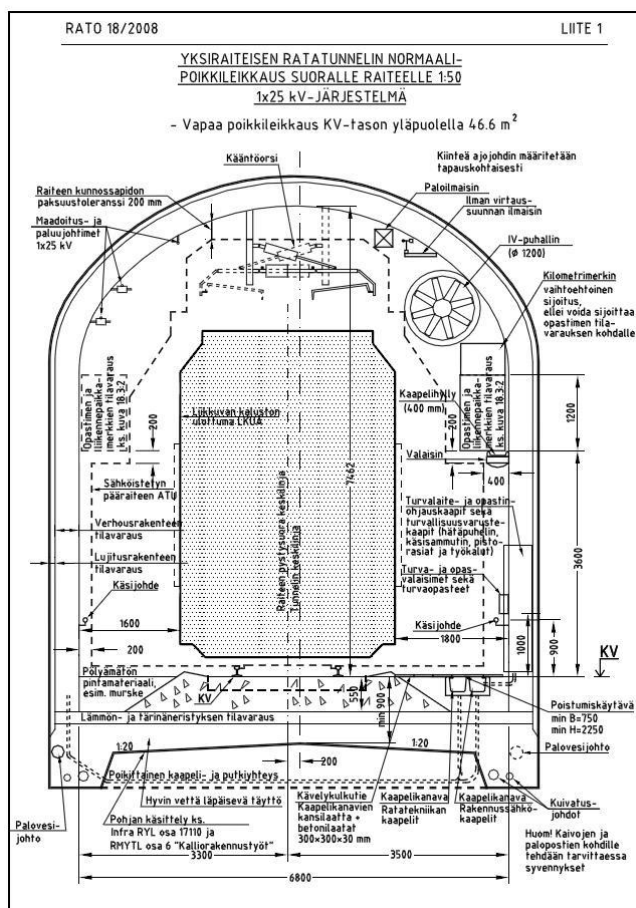
Rautatietunneli on yhden tai useamman ratatunnelin ja siihen liittyvien rakenteiden muodostama kokonaisuus. Tunneliin voi lisäksi kuulua siihen liittyviä tunneleita ja kuituja, suuaukkorakenteita, teknisiä tiloja ja turvallisuuteen liittyviä rakenteita, kuten poistumisreittejä. Tunnelin eroaa muusta rataympäristöstä, koska sen ahtaus rajoittaa liikumista ja työskentelyä.

Suomessa olevat tunnelit ovat pääasiallisesti vanhoja ja tehty nykyistä heikommalla louhinta- ja mittaustekniikalla. Siksi ne eivät ole profiililtaan täysin suunnitelmien mukaisia ja louhinnan yhteydessä on kallioon voinut jäädä kynsiä. Kahdesta eri suunnasta louhittaessa myös tunneleiden kohtaamisessa on voinut tapahtua pientä heittoa. Tukikerroksen toimivuutta ajatellen nämä aiheuttavat haittaa pienentämällä tukikerroksen paksuutta paikallisesti ja aiheuttamalla ylimääräistä rasitusta radan päällysrakenteelle. Turvallisuudeltaan nykyisin rakennettavat tunnelit ovat huomattavasti vanhoja parempia, koska huomiota on kiinnitetty myös ilmanvaihtoon, paloturvallisuuteen ja hätäpoistumiseen. Suunnittelussa onnettomuuksia pystytään ehkäisemään esimerkiksi välttämällä vaihteiden sijoittamista tunneliin.

Tunneleissa pohjan korkoa voidaan selvittää etukäteen maatutkaluotauksella. Suomessa tähän on olemassa radalla liikkuvaa kalustoa, jolla kartoitus voidaan tehdä ajon yhteydessä. Luotauksen tarkkuus on kuitenkin vain suuntaa-antava, ja sillä pystytään ainoastaan osittain arvioimaan mahdollisia ongelmakohtia. Myös mahdollinen rakennekerrokseen jäänyt louhe pystytään kartoittamaan maatutkaluotauksella.

3.2 Tunnelin poikkileikkaus

Tunnelin poikkileikkauksella (Kuvio 3, liite 4) tarkoitetaan valmiin tunnelin rakenteiden rajaamaa vapaata tilaa. Kantavat rakenteet, lujitus- ja verhousrakenteet sekä alus- ja päällysrakenne ovat sen ulkopuolella olevia rakenneosia. Sen sijaan poikkileikkaukseen sisältyvät aukean tilan ulottuma (ATU), huollon ja kunnossapidon tilat, turvallisuusjärjestelyjen tilat sekä laiteasennusten tilat (RATO 18).



Kuvio 3: Tunnelin poikkileikkaus (RATO 18, 15.)

3.3 Mitoitus

Rautatietunneli mitoitetaan yleisesti pysyville ja muuttuville kuormille sekä muodonmuutos- ja onnettomuuskuormille. Kantavana rakenteena tunneleissa toimii pääasiassa kallio. Kallion kantokyvyn määrää sen laatu ja erityisesti siinä olevat halkeamat. Kantokykyä voidaan tarpeen mukaan pyrkiä lisäämään lujitusrakenteilla, kuten esimerkiksi injektoinnilla tai ruiskubetonoinnilla. Tunneleille tehdään niiden lisäksi erilaisia liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen vaikuttavia mitoituksia, kuten tunnelin aerodynaaminen ja lämpötekninen mitoitus.

Esimerkkejä mitoitusperusteista:

- Verhousrakenteet on mitoitettava jääkuormalle 3,0 kPa.
- Suuaukkorakenteet on mitoitettava lumi- ja jääkuormalle 5,0 kPa.
- Kalliopinnat on lujitettava siten, että irtolohkareiden putoamisvaaraa ei ole.
- Kantavat ja osastoivat rakenteet on mitoitettava riskianalyysin perusteella määriteltäville räjähdyspaine kuormille.

- Jäänmuodostus tunnelitiloissa on estettävä. (RHK, RATO 18, 42; Trafi, Rautatiet säädöskäsikirja 2010.)

3.4 Tunneleiden järjestelmät

Tunnelissa on varsinaisen tunnelirakenteen ja radan päällysrakenteen lisäksi myös muita toiminnallisia kokonaisuuksia. Niitä ovat esimerkiksi radan sähköistys- ja turvalaitteet, valvonta-, tele- ja radiolaitteet, ilmanvaihto- ja valaistuslaitteet sekä viemäröinti ja kaapelireitit. Rakennettaessa monet niistä tarvitsevat suojaus-, tai siirtotoimenpiteitä ja ne rajoittavat tilan vapaata käyttöä. Toisaalta uudemmassa tunnelissa tehokkaampi ilmanvaihto ja valaistus myös helpottavat työskentelyä.

3.5 Suuaukkorakenteet

Kiviainekseltaan heikkoihin kallioihin tehdään nykyisin jonkin verran suuaukkorakenteita. Nämä esimerkiksi betonielementeillä tai teräsputkilla tunnelin suuaukoille toteutetut rakenteet kestävät paremmin luonnon rasitusta, kuten pakkasta. Tunnelin suuaukkorakenteeseen voidaan rakentaa myös kuivatus, joka estää jään muodostumista tunnelin suulle. Näin vähennetään riskiä jäätymisen seurauksena kalliosta irronneiden lohkareiden tippumiselle ja lisätään samalla junaturvallisuutta. Suuaukkorakenteet voidaan toteuttaa esimerkiksi betonielementeillä tai teräsputkirakenteena tunnelin suulle. (RHK, RATO 18, 50.)

3.6 Kiinteä päällysrakenne

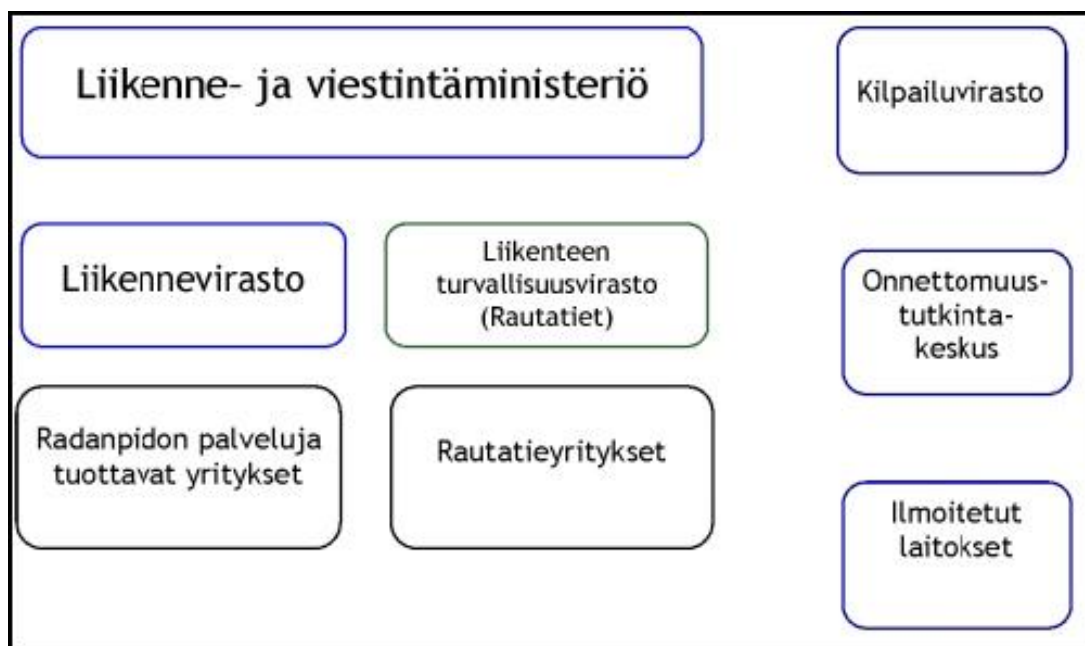
Mualla Euroopassa pitkissä tunneleissa on siirrytty usein kiinteisiin päällysrakenteisiin. Kokemuksia työskentelystä tunneleissa ei ole juuri seulalla eikä eeralla. Kiintoraide on päällysrakenneratkaisu, jossa tukikerros on korvattu betonirakenteella. Rata-pölkyt kiinnitetään betonirakenteeseen, joka on perustettu joko kallionvaraisesti tai murskekerroksen varaan tunnelin pohjalle tai suoraan betonitunnelin pohjalaattaan. Tämä muuttaa rakentamistavan ja päällysrakenteen uusimisen oleellisesti erilaiseksi. Kiintoraiteen etuina ovat pidempi käyttöikä ja alhaisempi kunnossapitotarve. Ratkaisuna se on kuitenkin kalliimpi ja vioittuessaan hankalampi korjata. (RHK A17, 2008.)

4 Radalla toimivat osapuolet

4.1 Yleistä

Rautatieympäristö on ollut pitkään valtion hallinnassa ja toiminnot ovat melko tarkkaan säädeltyjä. Radanpito voidaan jakaa omiin toiminnallisiin osa-alueisiinsa. Näitä ovat pääpiirteissään henkilö- ja tavaraliikenne, liikenteen ohjaus, rakennuttaminen, valvonta, rakentaminen ja kunnossapito.

Säädökset ja ohjeet tulivat vuoteen 2009 asti Ratahallintokeskukselta, jonka toimintaa valvoi Rautatievirasto. Vuoden 2010 alusta alkaen Ratahallintokeskus kuitenkin siirtyi hallinnollisesti osaksi uutta Liikennevirastoa. Turvallisuus ja valvontapuoli taas ovat siirtyneet 2010 Rautatievirastosta Trafille. Rautateillä rakentamista koskevat asiat on pääasiassa koottu ratateknisiin ohjeisiin (RATO). Rataympäristön eri osapuolet näkyvät kuviossa 4.

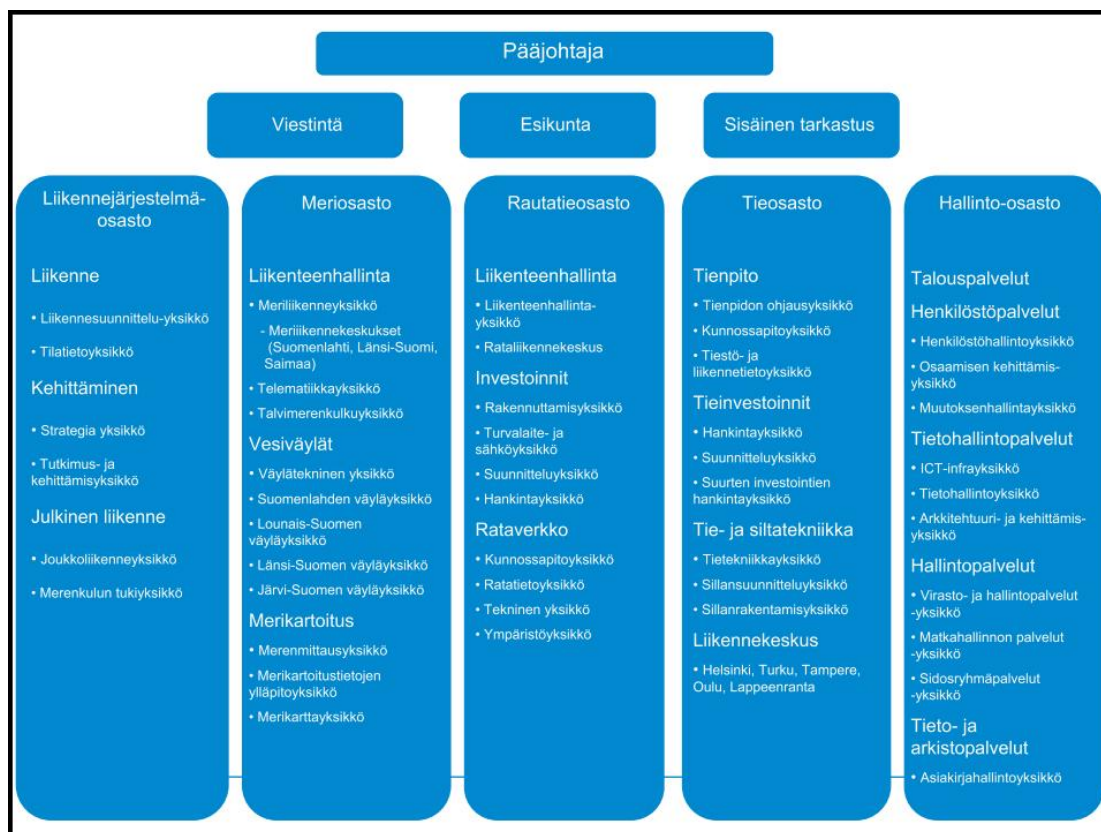


Kuvio 4: Rataympäristössä toimivat osapuolet (Trafi.)

4.2 LiVi eli Liikennevirasto

Liikennevirasto on liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toimiva virasto. Se vastaa liikenteen palvelutason ylläpidosta ja kehittämisestä valtion liikenneväylillä. Liikennevirasto on uudehko organisaatio, joka muodostui 1.1.2010, kun Merenkulkulaitoksen väylätoiminnot, Ratahallintokeskus sekä Tiehallinnon keskushallinto yhdistyivät.

Käytännössä liikennevirasto toimii tilaajana valtion toteuttamissa hankkeissa. Organisaatio on hakenut muotoaan ensimmäisen toimintavuotensa aikana. Liikennevirasto on jaettu toiminnallisiin osa-alueisiin (kuvio 5, liite 5).



Kuvio 5: Liikenneviraston organisaatio (Liikennevirasto)

4.3 Urakoitsijat

VR Track Oy

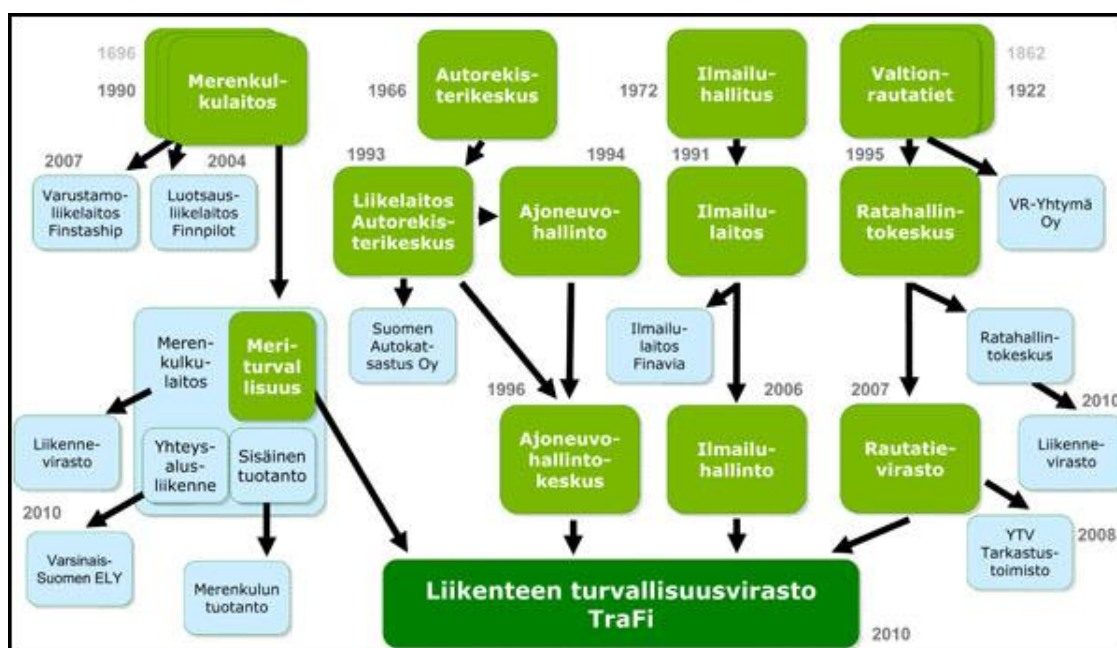
VR Track Oy, entiseltä nimeltään VR-Rata on valtion omistama yritys ja maamme suurin radan rakentaja. Se kuuluu osana valtion omistamaan VR-konserniin. Asiakkaina toimivat pääasiassa valtio, kunnat, yritykset ja satamat. Henkilöstöä on ollut töissä keskimäärin noin 2400 henkeä ja liikevaihtoa noin 340 miljoonaa euroa. Vahvuutena yrityksellä on korkea erikoisosaaminen ja pitkälle erikoistunut radanrakentamiskalusto. Asiantuntemusta löytyy koko radan elinkaaren toteuttamiseen suunnittelusta toteutukseen. VR Trackillä on myös kokemusta insinöörirakentamisesta, ja toiminta on laajentunut viime aikoina paljon myös radan ulkopuolelle.

VR Trackin tuottamat palvelut

- suunnittelu- ja asiantuntijapalvelut
- ratojen perusparannuksen suunnittelu ja toteutus
- ratojen rakennustöiden kokonais- ja osaurakointi
- radan tarkastus, huolto ja kunnossapito
- sähkö- ja turvalaiteurakointi sekä kunnossapito
- sähkönsiirron valvonta- ja käyttöpalvelut
- radan materiaalipalvelut
- insinöörirakentaminen
- kalusto- ja materiaalipalvelut
- radantarkastuspalvelut.

4.4 Trafi eli Liikenteen turvallisuusvirasto

Trafi muodostui eri liikennemuotoja valvovien viranomaisten yhdistyessä 2010 (kuviot 6). Trafin tehtävä on vastata liikennejärjestelmän sääntely- ja valvontatehtävistä sekä kehittää liikennejärjestelmän turvallisuutta ja edistää liikenteen ympäristöystävällisyyttä. Tarkoituksena on, että turvallisuus ja ympäristöystävällisyys vastaavat kansainvälistä tasoa. Myös turvallisuuspuolella eri toimintoja yhdistettiin ja liitettiin saman viraston alaiseksi.



Kuvio 6: Trafin muodostuminen (Trafi)

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin tehtävät

- antaa tarvittavia lupia, määräyksiä, hyväksyntöjä ja muita päätöksiä sekä toimialaa koskevia oikeussääntöjä
- vastaa tutkintojen järjestämisestä, toimialan verotus- ja rekisteröintitehtävistä sekä luotettavista tietopalveluista
- valvoo liikennemarkkinoihin liittyviä tehtäviä sekä liikennejärjestelmää koskevia sääntöjä ja määräyksiä
- osallistuu kansainväliseen yhteistyöhön
- huolehtii liikennejärjestelmän toimivuudesta myös poikkeusoloissa ja normaaliolojen häiriötilanteissa
- luo edellytyksiä älyliikenteen innovatiivisen kehittämisen
- jakaa tietoa kansalaisille liikkumisen valinnoista.

5 Raiteenvaihtotyö veeralla

5.1 Yleistä

Radan päällysrakenteen nopeaan uusimiseen voidaan käyttää raiteenvaihtokonetta. Se voi vaihtaa samanaikaisesti radasta sekä kiskot että pölkyt. Raiteenvaihtokone on ensisijaisesti suunniteltu kaksi- tai useampiraiteiselle radalle, jolloin työskentelyn alainen raide voidaan sulkea liikenteeltä pidemmäksi aikaa. Yksiraiteisella osuudella minimityörakona raiteenvaihtokoneella toimimiseen voidaan pitää kahdeksaa tuntia niin, että työskentely on vielä järkevää.

Raiteenvaihdon työnopeus on kahdeksan tunnin työvuorossa noin 900–1150 raidemetriä valmista rataa. Raiteenvaihtokone siirtää vanhat kiskot raiteen sivuun ja kerää vanhat pölkyt pois. Pölkyt siirretään nostoyksiköllä kuljetusvaunuun. Tukikerroksen aurauksen jälkeen kone jakaa uudet pölkyt oikealla välillä tasatun sepelitukikerroksen päälle. Tämän jälkeen raiteenvaihtokone ohjaa uudet kiskot pölkkyjen päälle ja koneen perässä tuleva ryhmä pienkoneineen kiinnittää kiskot pölkkyihin. Raiteenvaihtokoneen jälkeen rata sepelöidään ja viimeistellään oikeaan asemaansa. (RHK D16.)

Veeran liikkuminen tapahtuu työn aikana sekä kiskoilla että telaketjuilla. Raiteenvaihtokone suorittaa useita työvaiheita samanaikaisesti. Sen käyttäminen vaatii aina jännitekatkon työskentelyn alaiselle raiteelle. Tämä johtuu lähinnä vaunuissa liikkuvasta pölininsiirtolaitteesta, johon kipuaminen kuuman ajolangan alla ei ole välttämättä turvallista. Konevikojen sattuessa ei myöskään huolto aina onnistu jännitteisen ajolangan alla.

Suomessa raiteenvaihtoon käytettäviä työkoneita on tällä hetkellä vain yksi, ja se on malliltaan itävaltalainen Plasser & Theurer SMD 80 (kuvio 7). Itse raiteenvaihtokone koostuu työtä suorittavan koneosan lisäksi työvaunuista, joiden kokoonpano voi hieman vaihdella. Näihin kuuluvat esimerkiksi aggregaatti eli voimayksikkö, miehistön taukhuone, tarvittavat polttoaine- ja vesisäiliöt, sekä topparivaunu, jonka on tarkoitus estää portaalinosturin ulosajo työkiskoilta.



Kuvio 7: Raiteenvaihtokone Plasser & Theurer SMD 80 Haapamäki - Myllymäki rataosalla (Pesola, 2007.)

Syy, miksi raiteenvaihtoon ei ole hankittu enempää kalustoa, on rajoittunut toiminta-aika ja -ympäristö. Vaikka Suomessa ratoja onkin paljon, rakentamiskausi täällä on lyhyt ja rata pääasiassa yksiraiteista. Yksiraiteisella osuudella junaliikenne joudutaan aina pysäyttämään työn ajaksi, eikä tätä mielellään tehdä usealla rataosalla samanaikaisesti. Lisäksi Suomessa on käytössä isompi raideleveys kuin muualla Euroopassa, joka vähentää käyttömahdollisuuksia ulkomailla.

5.2 Työn valmistelu

Ennen raiteenvaihdon aloittamista tehdään työstä huolellinen suunnitelma. Työstä aiheutuvat kustannukset tulevat pitkälti määräytymään työn sujuvuuden ja rytmityksen perusteella. Oleellisia huomioitavia asioita ovat esimerkiksi työsuunta, varattava henkilöstön ja työkonien määrä, sekä uuden materiaalin toimitustapa. Suunnittelulla pyritään siihen, että varsinaisessa työssä vältetään yllätyksiltä.

Ensimmäisenä raiteessa olevat erikoisrakenteet kartoitetaan kävelytarkastuksessa. Samalla saadaan kokonaiskuva radan kunnosta ja mahdollisesti työtä hankaloittavista koh-

dista. Ennen työn alkua täytyy kaikki turvalaitteisiin liittyvät rakenteet irrottaa päällysrakenteesta. Siltojen kohdalta pitää huomioida tukikerroksen paksuus kannen päällä ja koneelle jäävä työtila. Lisäksi radan rakennekerroksissa olevat kaapelireitit pitää kartoittaa, ja liian pinnassa olevat kaapelit tarpeen mukaan siirtää. Itse raiteenvaihtokone tarvitsee työn aloittamiseksi tyhjän tilan, johon se saa sepelillä liikkuvan telansa kulkemaan. Telaa varten aloitusmontusta joudutaan poistamaan ratapölkkyjä ja tukikerrosta.

Tunnelissa tavanomaisten valmistelevien töiden lisäksi pitää huomioida tukikerroksen keventäminen niin, että raiteenvaihtokoneella on tilaa tehdä tasainen pohja uudelle päällysrakenteelle (kuvio 8). Jos tilaa ei ole kunnolla, auraa raiteenvaihtokone tunnelin seinille maata, joka on hidasta poistaa varsinkin tukikerroksen puhdistamisen jälkeen, sotkematta uutta sepeliä hienoaineella.



Kuvio 8: Raiteenvaihtoa varten kaivinkoneella kevennettyä tukikerrosta Sahinmäen tunneli (Pesola, 2008.)

Valmisteleviin töihin kuuluu myös uusien kiskojen jako. Kiskot jaetaan vaihdettavalle osuudelle etukäteen vanhan raiteen pölkkyjen päiden kohdalle. Jakamisen jälkeen kiskot

tupetetaan sidekiskoilla kiinni toisiinsa vaihtotyötä varten niin, että työkone saa käsitellä yhtenäistä kiskoa. Vaihdeettavan kiskon jako, sekä vanhan keräys voidaan tehdä siihen tarkoitettulla keräysvaunustolla. Vaihtoehtoinen tapa on jakaa uudet kiskot vaunuista pelkästään kaivinkoneavusteisesti.

5.3 Kiinnitysten harvennus

Ennen varsinaista vaihtotyötä tehdään kiskokiinnityksen harvennus työn nopeuttamiseksi. Näin itse työn edetessä vain osa kiinnityksistä joudutaan poistamaan. Tämä nopeuttaa työtä, etenkin tunnelissa, joissa kiinnitykset voivat olla korroosion ja syöpymisen takia usein lujassa. Tällöin kiinnitysten aukaisu on hidasta ja jouset katkeilevat helposti. Kiinnitykset voidaan osittain harventaa vielä liikenteen ollessa raiteella, jos siitä ei aiheudu vaaraa turvallisuudelle. Tämä tarkoittaa kiinni olevien jousien harventamista esimerkiksi niin, että vain joka toinen tai neljäs on kiinni. Kiinnityksistä osa täytyy jättää kuitenkin aina paikalleen, ettei kisko pääse kaatumaan työkoneen alla. (RHK D16.)

Työskentelyn alkaessa kiinnityksiä harvennetaan raiteenvaihtoyksikön edellä lisää ja loput poistetaan koneen alla. Samassa työvaiheessa loput kiinnitykset kerätään pois. Irtonaisten jousien jäädessä tukikerrokseen tukkivat ne sepelinpuhdistuksessa seulan verkon. Irtonaisten jousien ja metalliromujen keräämiseen voidaan käyttää erillistä magneettia työkoneen perässä. Harvennettavien kiinnitysten määrä riippuu kiinnitystyyppistä ja pölkkyjen kunnosta. Jatkuvakiskoraiteella kiskon lämpötila voi rajoittaa kiinnitysten harventamista. Harventaminen määritellään kiinnityksille tarkemmin työkohtaisessa työselityksessä.

5.4 Portaalinosuri eli "elukka"

Raiteesta poistuvien ja uusien tilalle tulevien pölkkyt kuljetetaan sitä varten suunnitellulla portaalinosurilla. Tämä elukaksi kutsuttava pöllinkuljetuslaite liikkuu raiteenvaihtokoneessa itsenäisesti omilla työkiskoillaan. Elukan ohjaaminen tapahtuu koneen etuosassa olevasta hytistä. Edestakaisin tapahtuvan liikkeen takia kuljettajalla on oltava hyvä näkyvyys. Elukka tarttuu vaunuihin lastattuihin pölkkyihin päistä ja vie niitä 20 kappaletta kerrallaan vaunuista raiteenvaihtokoneelle. Suomessa käytössä oleviin portaalinosureihin ei ole hankittu välipuuautomaatiikkaa.

Itse raiteenvaihtoa tekevä kone poimii vanhat pölkyt radasta ja nostaa ne elukan haettaviksi. Samalla toinen osa koneesta jakaa uudet pölkyt oikealla välillä takaisin rataan. Sekä tulevien, että lähtevien ratapölkkyjen käsittelyyn tarvitaan työmies käyttämään raiteenvaihtokonetta niin, että uusien pölkkyjen syöttö oikealla jaolla ja vanhojen poistaminen onnistuu. Normaalissa raiteenvaihdossa elukka tuo edestakaisella liikkeellä uusia raiteeseen meneviä pölkkyjä raiteenvaihtokoneelle ja vie vanhoja raiteesta poistuvia tilalle vaunuihin. Tällä tavalla turhia liikkeitä on mahdollisimman vähän.

5.5 BOppy-vaunut

Raiteeseen tulevat uudet ratapölliä kuljetaan niitä varten suunnitelluissa BOppy-vaunuissa, jotka liitetään työskentelyn alkaessa raiteenvaihtokoneeseen (kuviokuva 9). Vaunujen molemmilla sivuilla on työraide, joka voidaan vaunuja liittäessä muodostaa yhtenäiseksi kulkureitiksi pölliinsiirtolaitteelle. Yleensä vaihdettavia pöllejä on niin paljon, että pöllivaunuille on järjestettävä kierto.



Kuvio 9: BOppy-vaunut ja elukka tulossa ulos Keljo I tunnelista
(Varimaa, 2009.)

Kun raiteenvaihtotyö aloitetaan, pitää ensimmäinen BOppy-vaunu saada tyhjäksi uusista pölleistä. Tämän jälkeen voidaan vanhat radasta poistuvat pölliä lastata tilalle vaunuihin.

hin. Vaihtoehtoinen tapa on varata valmiiksi yksi ylimääräinen vaunu, mutta tämä vie yleensä turhaan jo vähäisiä kalustoresursseja.

Työn aikana vaunuissa tarvitaan kaksi henkilöä poistamaan välipuita, jotka erottavat ratapöllien eri kerroksia toisistaan. Poistettavia välipuita käytetään apuna vanhojen lastaamisessa. Vaunuissa työskentelevien työntekijöiden on oltava varovaisia ja tietoisia työkiskoilla liikkuvasta portaalinosurista. Vaarana on työkoneen pyörien ja työkiskon väliin jäänti. Välipuumiehet kommunikoivat pöllinkuljetinta ajavan henkilön kanssa radiolla.

Työmaan edetessä BOppy-vaunuja, joissa on vanhoja ratapölkkyjä, viedään tyhjennettäväksi ja tuodaan uusia tilalle. Näin pöllinsiirtolaitteen liikkumavälimatka ei kasva niin pitkäksi, että raiteenvaihtokone joutuisi odottamaan sen liikkeitä. Vaunuletkan takimmaisena on niin sanottu topparivaunu. Sen pitäisi hätätapauksissa pysäyttää pöllinkuljetimen työkiskoilta ulosajo.

Raiteenvaihtokonetta voidaan käyttää myös vain kiskojen tai pölkkyjen vaihtoon. Käytettäessä raiteenvaihtokonetta pelkästään pölkkyjen vaihtoon toimitaan kuten normaalisti raidetta vaihdettaessa, mutta vanhat kiskot ohjataan koneen perässä takaisin raiteeseen. Tämän jälkeen ne kiinnitetään uudelleen. Pelkkää kiskoa vaihdettaessa pölkkyihin ei kosketa ollenkaan. Veeralla pelkästään kiskojen tai pölkkyjen vaihtaminen ei kuitenkaan ole taloudellisesti järkevää.

6 Radan tukikerroksen puhdistaminen eli seulonta

6.1 Yleistä

Tukikerroksen puhdistamisella tarkoitetaan raidetta purkamatta tapahtuvaa vanhan päällysrakenteen tukikerroksen seulomista. Radan päällysrakenteen tukikerrosmateriaalina käytetään pääsääntöisesti raidesepeliä. Valmiiseen tukikerrokseen ei saisi olla sekoittuneena hienoaainesta, sallittua raekokoa isompia kiviä tai muita kiviaineslajikkeita. Tukikerroksessa oleva sepeli täytyy puhdistaa, koska sepelitukikerroksen kantavuus heikenee sepelin murskautuessa ajan myötä pienempirakeiseksi. Hienoaainesta sisältävä likainen sepeli routii helpommin kuin puhdas, mikä vaikuttaa suoraan radan liikennöitävyyteen.

Itse seulontatarve määräytyy radan käyttöasteen mukaan. Yleensä vilkkaimmin liikennöidyt rataosat tarvitsevat seulonnan noin 25–30 vuoden välein. Seulonnan yhteydessä voidaan rataa lisätä eristelevyä routimisen vähentämiseksi. Uusittaessa raidetta raiteenvaihtokoneella tukikerroksen puhdistus voidaan ajoittaa tehtäväksi joko ennen raiteenvaihtoa tai sen jälkeen. Mikäli tukikerroksen puhdistus tehdään ennen raiteenvaihtoa, vaarana on puhdistetun tukikerroksen likaantuminen. Raiteenvaihdon jälkeen tehdyn tukikerroksen puhdistuksen yhteydessä on pidettävä erityistä huolta raiteen tukemisesta ja oikomisesta kiskojen pysyvien muodonmuutoksien välttämiseksi.

6.2 Koneen toiminta

Tukikerroksen puhdistamiseen on Suomessa käytössä itävaltalaisia sepelinpuhdistuskoneita mallia Plasser & Theurer RM 80 ja RM 80-U (kuvio 10). Seula ottaa sepelin pois raiteen alta ja nostaa sen koneessa olevalle seulakoneikolle. Seulakoneikko poistaa sepelistä hienoaainesta ja palauttaa oikean suuruisen sepelin takaisin tukikerrokseen. Itse kiven muotoon seula ei kuitenkaan voi juuri vaikuttaa. Seulottu raidesepeli palautuu rataa ja seulontajäte poistuu joko suoraan radan sivuun tai raiteella kulkevaan kuljetusvaunuun. Rataa saadaan yhdessä 8 tunnin työvuorossa seulottua olosuhteista riippuen keskimäärin 400–700 raidemetriä. Suurimmat hidasteet työn etenemiselle ovat konerikot, kalliopinnan kynnet, isot kivet, seulan palkille ahtaavat kohdat, kuten kapeat sillat, sekä leikkaukset ja tunnelit, joissa jätesepeli joudutaan kuljettamaan pois.

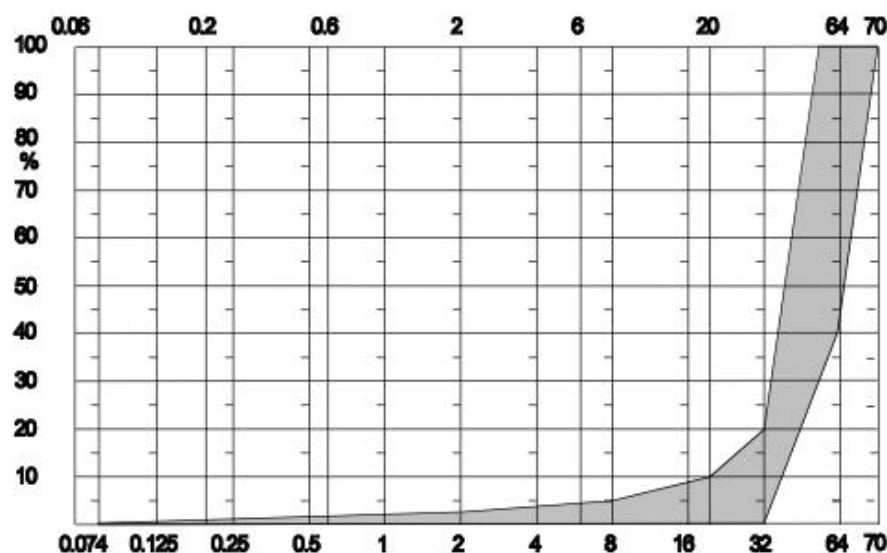


Kuvio 10: Seula lähestyy Lautakkomäen tunnelia (Varimaa, 2009.)

Ennen seulonnan aloittamista, kaapeleiden pois tieltä siirtämisen lisäksi täytyy seulalle kaivaa raiteen alle tyhjä tila. Seula ajetaan montun päälle ja palkki, jossa itse tukikerrosta sen rakenteesta poistava ketju kulkee, asennetaan raiteen alapuolelle paikoilleen. Seulan palkki on rajoittava tekijä koneen etenemistä ajatellen. Esimerkiksi kapeita siltoja ei voida aina seuloa, koska palkki ei mahdu kulkemaan. Pölkyn alla seula tarvitsee liikkuakseen tilaa noin 20 cm. Jos palkki ei muuten mahdu kulkemaan, voidaan raidetta joissain tapauksissa pystyä väliaikaisesti nostamaan tukemiskoneella ennen seulontaa. Kun raidetta ei seulota paikalleen ja raideprofiili muuttuu paljon, voidaan jatkuvakiskoraide joutua katkomaan seulontaa varten. Jos seulonnan yhteydessä on mahdollista, että palkki menee viereisen raiteen tukikerrokseen ja ATUn sisälle, joudutaan viereisen raiteen liikenne pysäyttämään työtä varten. (RHK D16.)

Tukikerroksen kaivaminen sepelinpuhdistuskoneella tapahtuu koneen alla liikkuvien kaivuterien avulla. Kaivuketjun terät irrottavat vanhan tukikerrosmateriaalin pölkkyjen alta. Isot kivet tai kalliopinta haittaavat tukikerroksen puhdistustyötä. Ketjussa on kuluvia osia, jotka vaativat huoltoa ja vaihtamista. Seulan lopetuskohdassa ketju taas katkaistaan ja palkki poistetaan. Lopetuskohta sepelöidään erikseen. Tukikerroksettomaan kohtaan raide asetetaan väliaikaisesti pölliin päälle niin, että ylikulkevat koneet eivät suistu kiskolta. Koska tukikerroksesta poistuu paljon kiviainesta, täytyy rataa sepelöidä

seulonnan jälkeen vanhan raide profiilin saavuttamiseksi. Ennen liikenteelle luovuttamista raide täytyy palauttaa asemaansa. Tukikerroksen puhdistustyössä noudatetaan Tukikerroksen vaihto ja puhdistustyön laatuvaatimukset -ohjetta. Seulottavasta sepelistä otetaan näytteitä lopputuloksen seuraamiseksi (kuvio 11) (RHK D16).



Kuvio 11: Rataan palaavan sepelin vaatimuskäyrä (PYL 1998.)

6.3 Seulotun hienoaineksen käsittely

Seulonnassa radasta poistuu tukikerrokseen kelpaamaton materiaali. Syntyvän jätteen käsittelyssä noudatetaan työmaan ympäristösuunnitelman mukaista menettelyä. Rajoitukset seulontajätteen kierrätyskäytölle tulevat pohjavesialueista ja mahdollisista pilaantuneista maista. Yleensä tukikerroksesta tuleva hienoaines käytetään pengerlevityksenä ja muotoillaan luiskiin. Jättesepelin sijoittamiselle pitää olla katsottuna läjityspaikka valmiiksi ennen seulontaa, jos se joudutaan keräämään vaunuihin. Puhdistettavan tukikerroksen käyttökelpoisuus voi vaihdella huomattavasti, mistä johtuen rataa palautuvan materiaalin määrä ja ominaisuudet voivat vaihdella. Samasta syystä myös radasta poistuvan aineksen määrä vaihtelee. Syntyvän seulontajätteen määrään vaikuttaa myös suoraan vanhan tukikerroksen paksuus. (RHK D16.)

6.4 Jättesepelivaunut (MFS-vaunut)

Jättesepelivaunut keräävät seulan hihnalta tulevan hienoaineksen talteen, kun sitä ei voida ajaa suoraan luiskaan. Seulontajäte siirtyy seulalta kuljettimilla luiskaan, tai ensimmäiseen vaunuun, josta se voidaan MFS-vaunun omalla kuljettimella siirtää eteenpäin (kuvio 12). Jättesepelivaunut voidaan tyhjentää vaunun omalla kuljettimella. Seulonta-

jätteen normaali käsittely ei onnistu esimerkiksi leikkauksissa tai tunneliosuudella. Tällöin radasta poistuva kiviaines kerätään talteen vaunuihin ja kuljetetaan pois muualla hyödynnettäväksi. Jätesepelivaunujen tyhjennys pitää huomioida tunneleita ja leikkauksia seulottaessa etukäteen. Seulontakapasiteettiin verrattuna jätesepelin käsittelyyn soveltuvia (MFS) vaunuja on Suomessa liian vähän.



Kuvio 12: Seulan jätesepelin kuljetin (Varimaa, 2009.)

6.5 Routaeristys

Tarvittaessa seulonnan yhteydessä voidaan asentaa sepelitukikerroksen alle routaeristelevyjä. Ennalta määritellyn paksuinen routaeristelevy asennetaan tällöin jatkuvaksi matoksi seulottavan tukikerroksen pohjalle eristystä vaativalle alueelle. Seulan palkin tulee olla riittävän leveä, jotta routalevyille saadaan tasainen asennuspohja. Levy ei saa jäädä kantamaan päistään tai tulla vinoon. Routalevyt toimitetaan seulalle omassa vaunustossaan, joka liitetään sepelinpuhdistuskoneen perään. Vaunustosta levyt kulkevat hihnaa pitkin seulalle, josta ne asennetaan rataa. Lastauksessa pitää huomioida levyjen pontti oikein päin niin, että levyjen asentaja ei joudu kääntelemään levyjä.

Mikäli seulottavalla osuudella on aikaisemmin tehty routaeristys, voi seulontaa haitata, jos routalevyt on asennettu väärin. Yleensä tällainen routaeristys poistetaan mahdoli-

suuksien mukaan ennen seulontaa. Vanha routalevy voidaan poistaa kaivinkoneella routalevyn poistoon kehitetyllä laitteella. (RHK D16.)

6.6 Tukikerroksen vaihto

Jos tukikerrosta ei voida seuloa tilanpuutteen takia, voidaan tukikerros vaihtaa paikallaan. Tämä tapahtuu poistamalla vanha tukikerros ja tuomalla tilalle uutta. Lyhyille kohteille massat voidaan vaihtaa suoraan kaivamalla ne raiteen alta pois. Tähän tarkoitukseen on olemassa kaivinkoneeseen massanvaihtokauha, jossa kiskoille on urat. Kaivaminen onnistuu tällöin päältä poistamalla ratapölkkyt. Kun rata on ilmassa, voi kisko vioittua taipuessaan liikaa raskaan työkoneen alla. Tämä rajoittaa kiskoilla liikkumista kohdassa, jossa tukikerros on poistettu raiteen alta. Tunnelissa ongelmaksi muodostuu ahtaus, kun kaivinkone ei mahdu kääntymään ja massojen poiskuljetus hidastuu. Isommat alueet tarvitsevat yleensä vaihdettaessa päällysrakenteen poiston elementteinä. Näin kaivu helpottuu ja se voidaan suorittaa nopeammin esimerkiksi tela-alustaisella kaivinkoneella. (RHK D16.)

7 Radan tukikerroksen viimeistely

7.1 Tukeminen

Päällysrakenteen asemaan vaikuttavien töiden jälkeen raide täytyy tukea oikeaan asemaansa. Ilman tukemista junat eivät suurilla nopeuksilla pysyisi mutkaisella ja väärässä asemassa olevalla kiskolla. Työskennellessään tukemiskone mittaa radan asemaa ja siirtää sitä oikealle kohdalleen. Samalla se tiivistää sepelitukikerrosta hakuillaan. Järkevä nosto raiteelle on suurimmillaan yhdellä tukemiskerralla noin 5-10 senttimetriä ja sivusiirto hieman vähemmän. Kuinka paljon raidetta pystytään kerrallaan siirtämään, riippuu jonkin verran tukemiskoneen tyypistä. Jatkuvakiskoraide vaatii suurien siirtoliikkeiden jälkeen neutraloinnin. Toimiakseen tukemiskone tarvitsee yleensä mittamiesten tekemät nuotit, sillä itse kone ei pysty sanomaan, mihin suuntaan radan asema on pois kohdaltaan. Pieniä oikaisuja voidaan tehdä myös tukemiskoneen omalla laserilla. (RHK D16.)

7.2 Valmiin sepelipatjan tiivistäminen

Valmis sepelipatja tiivistetään raiteella liikkuvalla tiivistyskoneella eli stabilisaattorilla. Stabilisaattori vähentää nopeusrajoitusten ja uudelleen tukemisen tarvetta. Ennen stabilisaattoritiivistystä raiteen tulee olla tuettu ja oiottu oikeaan geometriseen asentoonsa. Stabilisaattorin tiivistysvaikutus vastaa maksimissaan 150 000 tonnin junakuormaa. Vertailukohtana yksi henkilöliikenteessä käytettävä Pendolino voi painaa vaunuyhdistelmällä esimerkiksi 1000 tonnia. Tiivistystyö vastaa siis noin yhden tai kahden päivän junaliikennettä raiteella. (RHK D16.)

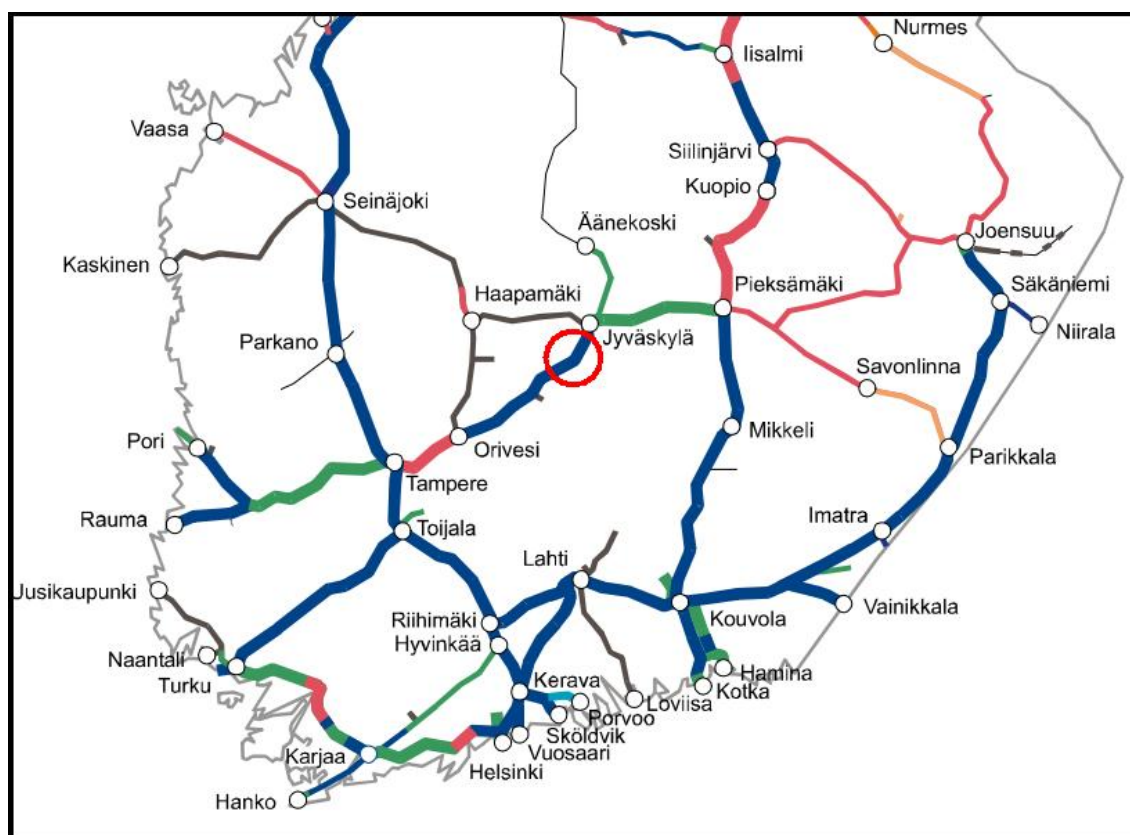
7.3 Harjaus

Päällysrakennetyön viimeisenä vaiheena tukikerros viimeistellään poikkileikkausmuotoon tarkoitukseen soveltuvalla kalustolla. Viimeistelyssä työvaiheita on kaksi, joista ensimmäinen käsittää auraamalla tapahtuvan muotoilun ja jälkimmäinen tukikerroksen yläpinnan harjauksen päällysrakenneluokan vaatimuksien mukaiseen muotoon. Jos rataprofiili on noussut tai raide esimerkiksi seulottu, tarvitsee raide lisää sepeliä ennen tukikerroksen viimeistelyä. (RHK D16.)

8 Esimerkkihanke Jämsänkoski - Jyväskylä

8.1 Hankkeen esittely

Pitkissä tunnelikohteissa päällysrakenteen uusimista koskevat työt sijoittuivat kesän 2009 aikana Jämsänkoski - Jyväskylä- rataosalle (kuvio 13). Kyseessä oli noin 6 miljoonan euron hintainen urakka. Pää toteuttajana oli silloinen VR Rata, jonka lisäksi samalla rataosalla toimi useita aliurakoitsijoita. Projekti oli osa Ratahallintokeskuksen teettämää monivuotista Tampere - Jyväskylä- välin perusparannusta. Päällysrakenteen osalta hankkeessa tehtiin töitä Lautakkomäen, Paavalinvuoren ja Keljonkankaan tunneleissa. Tämän lisäksi Lahdenvuoren ja Paasivuoren tunneleissa tehtiin aliurakoitsijoiden toimesta muun muassa ruiskubetonointia ja kallion vahvistustöitä. Rataosalla tehtiin myös tunneleiden kuivatukseen ja valaistukseen vaikuttavia töitä sekä rumpujen kunnostusta.



Kuvio 13: Jämsänkoski - Jyväskylä- rataosan sijainti kartalla (Liikennevirasto, Rataverkonkuvaus 2010)

Totaalikatkon aikana päätoteuttajalla oli rataosan käsittävä yksilöity ratatyölupa, jota piti hallussaan ratatyöstä vastaava henkilö. Hän vastasi työmaaliikenteen hallinnoinnista. Mahdollisuuksien mukaan hän antoi työlupia eteenpäin työryhmille määritellen työajan ja alueen, jolla sai liikkua. Aliurakoitsijoiden tunneleissa oli oma luvanottaja ja junaturvallisuudesta vastaava, joka sai työluvan päätoteuttajan ratatyöstä vastaavalta.

Etukäteen tunneleihin oli sovittu työkoneiden läpimenoajat ja esimerkiksi ratapölkkyjen täydennyskuljetukset päällysrakenneurakkaa ajatellen. Tämä oli välttämätöntä, koska muiden urakoitsijoiden tunnelit jakoivat työalueen osiin. Tärkeä osa työtä oli toimintojen yhteensovittaminen muiden kanssa. Näin totaalikatkon aikana, jolloin radalla ei ollut liikennettä, saatiin mahdollisimman paljon töitä tehtyä.

Työn seurannassa tehtiin lisäksi mittauksia työturvallisuuteen liittyen. Näitä olivat muun muassa erilaiset MVR- ja ilmanlaatumittaukset. Työmenetelmien toimivuutta arvioitiin turvallisuuden ja työn etenemisen näkökohdasta työn kuluessa.

8.2 Työn kuvaus

8.2.1 Yleistä

Päällysrakenteet uusittiin tunneleissa useassa eri työvaiheessa. Ensimmäisenä tehtiin valmistelevat työt ja kevennettiin tukikerros tunnelissa. Tämän jälkeen omissa vaiheissaan tehtiin veera- ja seulatyö. Seulonta tehtiin omana työvaiheenaan raiteenvaihdon jälkeen, mikä vähensi tukikerroksen mahdollista likaantumista raiteenvaihdon jälkeen. Pituutta tunneleista eniten oli päällysrakenteen osalta uusituilla Keljonkangas I:llä (1064 metriä) ja Paavalinvuorella (768 m).

Viimeistelevinä töinä tehtiin raiteen asemaan vaikuttavia töitä: raiteen stabilointi, tukeminen ja tukikerroksen harjaus. Tämän jälkeen kiskot vielä hitsattiin jatkuvaksi ja palautettiin radan turvalaiteet toimintaan ennen liikenteelle luovuttamista. Päällysrakenteen uusimisen lisäksi tunnelissa tehtiin samalla kertaa kuivatukseen liittyviä töitä, jotka jatkuivat toukokuun jälkeen liikenteen seassa, yöllä erillisessä työraossa. Kaikki tunnelit olivat pituuskaltevia kuivatuksen takia. Tunnelien tiedoista on olemassa ylläpidettävä rekisteri (liite 6).

8.2.2 Työsaavutukset

Veeran suunniteltu työsaavutus oli noin 1000 raidemetriä työvuorossa ja seulan vastavasti noin 700 raidemetriä. Vuorojen suunnittelussa oli mahdollisuuksien mukaan yritetty huomioida, että molemmat suuret työkoneet eivät olisi tunnelissa samanaikaisesti.

Käytännössä työsaavutuksia oli tarkasti mahdoton tietää etukäteen johtuen esimerkiksi konerikoista ja vaihtelevista olosuhteista.

8.2.3 Tulevat työt

Samalla rataosalla on myöhemmin tulossa kunnostettavaksi radan päällysrakenteen osalta Paasivuoren ja Lahdenvuoren tunnelit, joissa kesän 2009 aikana tehtiin muiden urakoitsijoiden toimesta tunnelirakenteisiin liittyviä töitä. Edellä mainituista Lahdenvuoren tunneli on yli 4 kilometriä pitkä, ja sen päällysrakenteen uusiminen tulee olemaan vaikea toteuttaa. Pitkässä tunnelissa kahden ison ratatyökoneen työskentely yhtä aikaa voi olla ilmanlaadun säilymisen kannalta mahdotonta. Lahdenvuoren tunneliin tehtiin kesän 2009 aikana paineentasauskuiluja, jotka mahdollisesti parantavat myös ilmanvaihtoa.

8.3 Tunnelikohtainen erittely

Lautakkomäki

Lautakkomäen tunneli on vain noin 373 metriä pitkä ja profiililtaan kapea. Tunnelissa päällysrakennetöitä haittaavia rakenteita olivat kaivot molemmin puolin tunnelia. Tämä aiheutti ongelmia paitsi seulonnan yhteydessä, niin etenkin kaapelikanavia rakennettaessa. Tuuletus tämän kokoisessa tunnelissa onnistui hyvin 1–2 lumitykillä, eikä siinä ilmennyt ongelmia.

Paavalinvuori

Paavalinvuori on 768 metriä pitkä tunneli, jonka eteläpäässä on betonista tehty suuaukorakenne. Päällysrakenteen kiinnitykset olivat kärsineet korroosiosta, ja esimerkiksi jouset olivat tiukassa sekä hajoilivat irrotettaessa. Tunnelin seinämissä oli lisäksi kohtia, joista vesi tihkui ruiskubetonoinnin läpi. Talvella nämä kohdat ovat aiheuttaneet töitä kunnossapidolle, kun jään muodostuminen pitää estää. Jos vesi jäisi seisomaan tunneliin, on routiminen ongelma etenkin tunneleiden suulla. Tunneli on profiililtaan kaareva vasemmalle päin, mikä näkyi selvästi tuuletuksen toimivuudessa. Kaarevassa tunnelissa valo ei tullut tunnelinsuulta pitkälle. Vaikka tunneli ei ollut pisin päällysrakenteen osal-

ta kunnostettavista, tuuletus toimi selvästi heikoiten juuri kaarevuuden takia. Tunnelin ilmanvaihto olisi parantunut, jos tunnelin sisälle olisi saatu koko ajaksi yksi tuuletin puhaltamaan. Tämä ei kuitenkaan tilanpuutteen takia ollut mahdollista. Nyt vain toisen ratatyökoneen mukana oli tuuletin ja sekin pystyi olemaan vain osan aikaa tunnelissa. Paavalinvuoren tunneli oli huonosti louhittu ja tunneliprofiili vaihteli paljon.

Keljonkangas I

Keljonkangas I oli kesän 2009 aikana päällysrakenteen vaihdossa olleista tunneleista pisin. Tuuletus toimi tunnelissa kuitenkin paremmin kuin Paavalinvuoressa, johtuen tunnelin suoruudesta. Tunnelissa oli luontaisesti ilmavirtausta, joten ilma vaihtui jo normaalisti melko hyvin. Tuulensuunnasta riippuen virtaussuunta vaihteli, ja tämä piti huomioida tuulettimien oikeassa sijoittelussa niin, että tuuletus tehostui eikä ilmavirran suuntaa yritetty muuttaa. Myös Keljongas I seinämissä oli kohtia, josta vesi tuli läpi tunneliin. Kuivatuksen takia tunnelin pituuskaltevuudessa korkein kohta oli keskellä, että vesi valuu tunnelin päihin.

Keljonkangas II

Keljonkangas II on lyhyehkö tunneli, jossa on metalliputkesta tehty suuaukkorakenne eteläpäässä. Tuuletuksen kanssa ei tunnelin kohdalla ollut päällysrakennetöiden yhteydessä ongelmia ja ilmanvaihto hoitui yhdellä tuulettimena käytetyllä lumitykillä. Lyhyenä tunnelina Keljonkangas II oli pituuskalteva vain yhteen suuntaan.

8.4 Perehdytys tunneleihin

Tunnelikohteissa on tavallisen työmaakohtaisen perehdytyksen lisäksi hyvä olla erillinen perehdytys juuri tunnelissa työskentelyyn liittyen. Perehdytykseen kuuluvat esimerkiksi toiminta vaaratilanteessa, tunneliin liittyvien työkonoiden ja välineiden käyttö sekä tunnelin aiheuttamat toimenpiteet työskentelyyn. Tärkeää on kertoa myös toiminta hätätilassa ja numerot, joihin ottaa yhteyttä. Ilmoitus onnettomuudesta annetaan vähintään liikenteenohjaukselle ja yleiseen hätänumeroon. Perehdytys pidettiin esimerkkikohteissa juuri ennen työn aloittamista, jolloin asiat olivat tuoreena muistissa.

8.5 Työtä haittaavat rakenteet

8.5.1 Kuivatusrakenteet

Tunnelin rakenteessa töihin vaikuttavia osia tunnelin mittojen lisäksi ovat muut tunnelin rakenteet. Tällaisia ovat esimerkiksi kuivatusjärjestelmät. Rataa puhdistettaessa seulan palkin, jossa ketju kulkee, pitää pystyä kulkemaan tukikerroksessa. Tunnelissa yllätyksenä tuli kohdakkain olevia viemärikaivoja, jotka olivat niin lähellä toisiaan, että seulanpalkki ei mahtunut kunnolla ohitse. Pahimmillaan kaivojen lähekkäisyys saattoi merkitä uuden aloituksen kaivamista seulonnalle kaivojen toiselle puolelle, mikä hidasti työtä huomattavasti. Kaivot saattoivat siirtyä seulonnan tuloksena, aiheuttaen sen, että betoniputkesta tehty linja ei välttämättä ollut kohdakkain kaivon kanssa. Tämä haittasi viemärin toimintaa ja aiheutti vaikeuksia kuivatuksen kunnostuksen kannalta. Sujutusta tehdessä jouduttiin useita kertoja kaivamaan putki näkyviin, kun sujutettava putki oli juuttunut tai sitä ei saatu etenemään vanhassa viemäriässä putkien ollessa huonosti kohdakkain.

8.5.2 Kaapelit

Kaapelit tunnelissa kulkivat työn aikana muovisessa kaapelikourussa tunnelin seinällä noin metrin korkeudella. Työtä ajatellen ne eivät olleet edessä, mutta niiden vahingoittumista piti silti varoa. Tunnelin päissä olevat kaapelit oli kartoitettu valmistelevien töiden yhteydessä ja siirrelty sivuun työn edestä. Seulonnan ja raiteenvaihdon jälkeen kaapelit siirrettiin tunnelin reunoille tehtyihin betonikouruihin. Tunnelin ahtauden takia kourut ovat edessä tulevia päällysrakennetöitä ajatellen ja ne joudutaan purkamaan ainakin väliaikaisesti seuraavien töiden yhteydessä. Tällöin ongelmaksi voi muodostua kaapeleiden sijoittaminen työn ajaksi. Työn aikana katkennut kaapeli tarkoittaa yleensä suuria kustannuksia ja haittoja junaliikenteelle.

8.6 Turvallisuusnäkökohdat

8.6.1 Kiskonohjain

Suoritettaessa kiskonvaihtoa tunnelissa veeralla, yksi vaaraa aiheuttavista tekijöistä on raiteenvaihtokoneen kiskonohjain ja sen lähellä työskentely. Kisko on ohjauslaitteen luona mutkalla ja näin jännittyneessä tilassa (kuvio 14). Kiskon irrotessa tai katketessa se iskee vaarallisen suurella voimalla itsensä suoraksi. Tunnelissa työskenneltäessä lisä-

haittaa tuo tilan puute ja huonot mahdollisuudet väistää kiskoa. Lisäksi on olemassa mahdollisuus jäädä kiskon ja seinän väliin, toisin kuin avoimessa tilassa. Tilanne on onneksi äärimmäisen harvinainen, mutta toisaalta hengenvaarallinen tapahtuessaan.



Kuvio 14: Raiteenvaihtokoneen kiskon ohjaus ja koneen sivulle jäävä tila (Pesola, 2009.)

8.6.2 Kiskoilta suistuminen

Suistuminen kiskoilta saattaa viivästyttää työn aikataulua huomattavasti. Työkoneen suistumiseen tunnelissa on osattava varautua. Raskaan työkoneen nostaminen tunnelissa takaisin kiskoille on hankalaa ja hidasta. Työkoneen nostamiseen tarvitaan raidenosturi tai tunkki. Suistumisessa myös mahdollisten päällysrakennevaurioiden korjaaminen vie aikaa ja materiaalia.

8.6.3 Tulipalo tunnelissa

Tunnelissa mahdollinen tulipalo on erittäin vaarallinen. Poistuminen on hankalaa ja savukaasuja ja lämpöä ei pääse kunnolla karkuun. Jos esimerkiksi polttoaineen kaasuuntuminen on mahdollista, aiheutuu erityinen paloturvallisuus- ja räjähdysriski. Tätä ehkäistiin pitämällä kaikki ylimääräinen palava materiaali tunnelin ulkopuolella. Pienkojen tankkaus ja polttoaineen säilytys hoidettiin mahdollisuuksien mukaan tunnelin ulkopuolella. Alkusammuttimet olivat mukana työkohteissa ja niiden määrään ja saatavuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota tunnelissa. Palon vaikutuksia tunnelissa pystytään vähentämään jo suunnitteluvaiheessa käyttämällä mahdollisimman vähän materiaaleja, jotka palavat tai muodostavat savua.

8.6.4 Työkoneet ja pakokaasu

Pakokaasut ovat tunnelissa työskenneltäessä suurimpia haittoja pölyn ohella. Hengitysilman heikko laatu rajoittaa työskentelyä ja sen kestoa tunnelissa verrattuna normaaliin ratatyöhön. Yksi tapa tuulettamisen ohella vaikuttaa ilman laatuun on päästöjen rajoittaminen tunnelissa.

Kiskon kiinnittäminen ja raidekiinnitysten kiristys tapahtuu raiteenvaihtokoneen jälkeen bensiinikäyttöisillä pienkoneilla. Koneiden tuottamat pakokaasumäärät olivat työn aikana tehtyjen mittausten mukaan riippuvaisia koneen iästä. Uudemmissa moottoreissa palaminen oli huomattavasti puhtaampaa. Saman pystyi huomioimaan esimerkiksi kiskopyöräkaivinkoneiden kohdalla.

Kiskon kiinnityksiä tunnelissa tehdessä kävi hyvin ilmi käytettävien koneiden vaikutus ilman laatuun. Kiskon vedossa käytettävä tunkki toimi aggregaatilla ja antoi häkämittarilla hälyttäviä arvoja. Aggregaatti oli vanha ja pakoputki oli kiskoilla kulkevassa vauvussa ohjattu suoraan alas ja eteenpäin kulkusuuntaan. Kaikki pakokaasut tulivat näin hetkellisesti miesten työskentelykohtaan, joka suljetussa tilassa korostui erityisesti. Kiskon kiinnityksessä käytettävät kaksipulttihärät olivat uusia ja tämä näkyi vähäisempänä pakokaasujen määränä. Raiteenvaihtokoneessa päästöjä aiheuttaa pöllejä kantava "elukka", joka on diesel-käyttöinen, sekä itse raiteenvaihtokone, jossa on ajomoottorin lisäksi aggregaatti sähkön tuottamista varten.

8.6.5 Työn jaksottaminen

Työ jaksotetaan niin, että samanaikaisesti tunnelissa työskentelee vain pienin tarpeellinen määrä koneita ja henkilöstöä. Näin pystytään vaikuttamaan suoraan pakokaasua tunnelissa tuottavien koneiden määrään ja altistuvaan henkilöstöön. Mahdollisuuksien rajoissa isojen koneiden kuljettua tunnelin läpi voidaan myös odottaa ilmanlaadun parantumista ennen seuraavan työvaiheen aloittamista. Esimerkiksi raiteenvaihtokoneen ja pölkkyvaunujen siirrossa käytettävä dieselveuri on vain pienimmän tarvittavan ajan tunnelissa ja sen läheisyydessä, ja poistuu heti, kun mahdollista. Näin vältetään turhia pakokaasuja.

8.6.6 Työskentelyilman tarkkailumittarit

Tunnelitoissa oli käytössä ilmanlaadun tarkkailuun mittareita. Huono työskentelyilma voidaan havaita muun muassa päänsärkinä, huonovointisuutena sekä vakavammissa

tapauksessa tajuttomuutena ja lopulta kuolemana. Kaasuista vaarallisimpia töiden yhteydessä oli häkä, koska ilman mittaria väritöntä ja hajutonta kaasua on mahdoton havaita. Mittareilla pystyttiin seuraamaan ilmassa olevia happi- ja hiilidioksidimääriä sekä räjähtäviä kaasuja (LEL). Näin pystyttiin puuttumaan mahdolliseen työntekijöiden altistumiseen ja ilman laadun heikkenemiseen. Työilman happipitoisuuden olisi oltava vähintään noin 17 %. Kun happipitoisuus lähestyy 16 %, alkaa ensimmäisiä oireita hapenpuutteesta huomata (taulukko 1).

Taulukko 1: Raja-arvot happipitoisuus (aga.)

Happipitoisuus, %	Oireet
18	Alaraja työskentelylle ilman raitisilmamaskia
< 18	Fyysisen ja psyykkisen suorituskyvyn huomattava heikentyminen ilman, että henkilö itse havaitsee mitään tavallisuudesta poikkeavaa
< 10	Äkillisen tajunnan menettämisen vaara muutaman minuutin kuluessa
< 8	Tajunnan menettäminen muutaman minuutin kuluessa Toipuminen mahdollista, mikäli saadaan siirrettyä raittiiseen ilmaan heti
< 6	Lähes välitön tajunnan menettäminen

Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet eli HPT-arvot:

- Hiilimonoksidi 8 h altistuminen 35 mg/m³ (30 ppm) ja
15 min altistuminen 87 mg/m³ (75 ppm)
- Hiilidioksidi 8 h altistuminen 9100 mg/m³ (5000 ppm)

Mittareita oli sijoitettu henkilöille, jotka käyttivät pienkoneita, toimivat korkealla, tai erillään muista. Mittareiden oli esimerkiksi jätesepelivaunujen käyttäjillä ja välipuun laittajilla. Käynnistettäessä mittari testasi itse toimivuutensa. Mittari näytti ylä- ja alaravot altistumiselle. Kun raja ylittyi, hälytys ilmeni 95dB merkkiäänenä, värinä ja valkkyvänä näyttönä mittarissa.

8.6.7 Tukikerroksen pölynsidonta tunnelissa

Tukikerroksen puhdistuksen yhteydessä on varmistettava, ettei käsiteltävä tukikerros pölyä haitallisesti. Pöly huonontaa näkyvyyttä oleellisesti ja heikentää ilman laatua.

Tämän lisäksi pöly on ongelmallista kulkeutuessaan ympäristöön liaten sitä. Tukikerroksen pölyämistä työn aikana voidaan vähentää huomattavasti kastelemalla tukikerrosta. Raiteenvaihtokoneessa ja seulassa on olemassa omaa kastelua, joka tapahtuu koneen edetessä. Tämä on teholtaan kuitenkin aika pienimuotoista ja parempaan tulokseen päästään kastelemalla tukikerrosta etukäteen järeämmällä kalustolla. Helpointa kastelu on toteuttaa vaunussa olevasta vesisäiliöstä.

Toimiva tilapäisratkaisu saatiin Jämsänkoski – Jyväskylä- hankkeessa ajamalla vaunuun säiliöauto, jolla suoritettiin tunneleissa myös salaojien puulauksia. Vaikka tunneli ei ollutkaan ympäristönä erityisen nopea kuivumaan, on kastelu hyvä suorittaa mahdollisimman lähellä varsinaista työtä suurimman hyödyn lisäämiseksi. Erityisesti kastelussa on huomioitava, että raide ei saa olla sähköistetty suoritushetkellä. Myös vaunua valmisteltaessa pitää työskentelyn olla turvallista ja huomioda radan sähkörakenteet.

8.6.8 Henkilösuojaimet

Ilman epäpuhtauksia vastaan esimerkkihankkeessa oli käytössä puolinaamari, johon sai liitettyä kaksi aktiivihiilisuodatinta. Naamarin pääasiallinen tarkoitus oli toimia suojana pölyä vastaan, jota tukikerroksesta nousi työskenneltäessä. Pölyn lisäksi tukikerroksessa on myös biologisia epäpuhtauksia, joita siihen kulkeutuu esimerkiksi junan vessoista. Naamari tekee hengittämisestä jonkin verran raskaampaa ja on hieman epämiellyttävä käyttää työntekijöille. Juuri pölyä vastaan suurimpien koneiden liikkeessä naamari on kuitenkin todella tehokas ja välttämätön varuste tunneliolosuhteissa.

Ongelmia naamarin kanssa ilmeni lähinnä kommunikoinnissa. Radiopuhelinliikenne oli hankala toteuttaa ja vaati yleensä naamarin poiston. Radioliikennettä käyttävien pitäisi pystyä hoitamaan naamarin kanssa välttämätön kommunikointi muiden kanssa. Veeran ja seulan miehistöllä oli tästä syystä käytössä yksinkertaisempia hengityssuojaimia. Pitkään työskenneltäessä (yli 8 h) hengityssuojaimen olisi hyvä olla moottorikäyttöinen, jolloin hengitysvastus on pienempi. Moottorikäyttöiset naamarit ovat hinnaltaan kuitenkin huomattavasti kalliimpia.

8.6.9 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtoon suunniteltujen koneiden käyttöä vanhoissa tunneleissa rajoittaa tilanpuute. Katon rajassa, johon esimerkiksi olisi hyvä sijoittaa huippumuri, on niukasti tilaa. Lisäksi edessä olivat sähköradan rakenteet. Nykyisin pitkiin tunneleihin suunnitellaan

säädösten mukaan myös omaa ilmastointia ja savunpoistoa. Suuri osa Suomessa liikenteen käytössä olevista tunneleista on kuitenkin niin vanhoja, ettei niiden rakentamisen aikaan tällaisia ohjeita vielä ole ollut. Yleensä etenkin seulonnan yhteydessä tunnelissa on tarvetta lisätuuletukselle.

8.6.10 Ilman virtausnopeus

Nykyisissä tunneleissa on koneellista ilmanvaihtoa ja savunpoistoa, mikä parantaa niiden ilmanlaatua huomattavasti. Tunnelijärjestelmä ja sen ilmanvaihto tulee suunnitella siten, että ilman virtausnopeus ei ylitä arvoa 5 m/s normaalitilanteessa sellaisilla alueilla, joilla matkustajat tai ulkopuoliset henkilöt voivat oleskella tai liikkua. Hyvin harvinaisissa tapauksissa, hätätapauksissa tai vain huoltohenkilöstölle tarkoitetuissa tiloissa ilmanvirtausnopeus saa kuitenkin hetkellisesti nousta arvoon 10 m/s. Vanhoissa tunneleissa tätä ei kuitenkaan ole välttämättä huomioitu. Paineenvaihteluun tunnelissa vaikuttavat eniten tunnelipoikkileikkauksen koko ja tunnelin pituus, paineentasauskuilujärjestelyt, mitoitusnopeus sekä liikkuvan kaluston mitat. (RATO 18, 55.)

8.6.11 Tuulettimet

Tuulettimena töissä käytettiin lumitykkiä (aksiaalituuletin), jonka teho oli noin 730 m³/min (kuvio 15). Ilmavirtaa tunnelissa saatiin kasvatettua lisäämällä tuulettimien määrää. Ongelmaksi muodostui kuitenkin tilanpuute. Tuulettimet vaativat toimiakseen aggregaatin, joka koosta riippuen antoi sähköä 1-3 lumitykille. Tuulettimien sijoittelua ajatellessa, on huomioitava käytettävissä oleva tila ja johtojen riittävyys. Haittaa muulle työskentelylle ei saisi juurikaan aiheutua. Aggregaatin hyvä sijoittaminen estää sen ominen pakokaasujen kulkeutumisen tunneliin. Tuulettimia siirrettiin tarpeen mukaan tunnelissa niin, että ilmanvaihto pysyi työkonoiden ja henkilöstön kohdalla tehokkaana.

Raiteen välissä tuuletin tuntui toimivan kokemukseräisesti kaikkein tehokkaimmin.

Yleensä tuulettimen sai nostettua siihen kuitenkin vain lyhyeksi aikaa, koska työkonoiden piti päästä vapaasti liikkumaan. Lumitykin nostaminen ja kuljettaminen oli helpoin toteuttaa kaivinkoneella. Nostettaessa on muistettava varovaisuus, jos rata on sähköistetty. Tuuletuksen ollessa tunnelissa voimakasta täytyy työntekijöiden kiinnittää erityistä huomiota lämpimään pukeutumiseen. Raiteenvaihtokoneella vaunussa käytettäessä, tuulettimen koko pitää huomioida niin, että se mahtuu BOppy-vaunujen ja elukan väliin. Elukalla pitää olla tarvittava kulkureitti viedä pöllejä.



Kuvio 15: Tuuletukseen käytettävä lumitykki tunnelin suulla (Pesola, 2009.)

8.7 Pelastautuminen

8.7.1 Pelastuslaitos

Turvallisuuden lisäämiseksi oli tunneleilla kokeilumielessä paikalla pelastuslaitoksen henkilöstöä suurimpien töiden aikana. Ammattihenkilöstön paikalla olo toi esille huomioitavia asioita pelastustöitä ajatellen. Esimerkiksi palokunnan normaali savusukellusvarustus antaa toiminta-aikaa vain noin 20 minuuttia. Tämä on tunneleita ajatellen todella vähän. Käytännössä pitkät tunnelit eivät ole tällä varustuksella saavutettavissa. Pidempiaikainen toiminta vaatii järeämmän erikoiskaluston ja koulutuksen, joita on pelastushenkilöstöllä vähemmän käytettävissä. Tämä rajoittaa huomattavasti mahdollisuuksia pelastumiselle.

Toimintaa ajatellen olisi tärkeää tietää tunnelissa työskentelevän henkilöstön määrä ja tavalliset työpisteet, joissa he toimivat. Tämä helpottaa mahdollisten loukkaantuneiden ja tajuttomien hakemista turvaan. Käytännön kannalta kaikkien henkilöiden tarkat paikat oli kuitenkin vaikea tietää työn liikkuvuuden takia. Tärkeä tieto pelastushenkilökunnalle on myös vaaraa lisäävät elementit, kuten polttoainesäiliöt ja muut vaaralliset aineet, sekä esimerkiksi liikkuvat osat työkoneessa, joista voi olla vaaraa myös heille it-

selleen. Lisäksi tärkeää olisi suunnitella pelastus- ja sammutusreitit. Ennakkoinformointi isosta tunnelityömaasta on hyödyllinen pelastushenkilökunnalle.

Oleellinen osa pelastustoimia on henkilöstön saaminen pois tunnelista. Tajuttoman ihmisen kuljetus on hankalaa ahtaassa tunnelissa, joissa erillisiä poistumisreittejä ja -teitä ei ole suunniteltu. Uudemmissa tunneleissa, joissa tilaa löytyy yleensä enemmän, tajuttoman kuljetukseen hyväksi työvälineeksi todettiin mönkijä. Tajuttoman ihmisen raa- haaminen pitkiä matkoja, varsinkin savusukellusvälineissä on raskasta.

Pelastuslaitoksella on olemassa koulutusta radan sähkörakenteita koskien. Pelastustoimintaa pystytään edistämään radan sähköistyksen varmennetulla katkaisulla ja maadoitustoimenpiteillä. Jämsänkoski – Jyväskylä hankkeen aikana testattiin muun muassa pelastusviranomaisten uusien puhelinten kuuluvuutta tunnelissa.

8.7.2 Hätäpoistuminen

Ongelmana vanhoissa tunneleissa on hätäpoistumisteiden vähäisyys ja ahtaus etenkin työkoneiden vieressä. Turvallinen poistumistie on kerrottava työntekijöille ja se olisi hyvä mahdollisuuksien mukaan merkata. Parhaiten näkyvät hämärässä loistavat merkit, joissa nuolen pää osoittaa lähintä tunnelin suuta. Hyvä taso merkinnöille oli rinnankorkeudella, josta ne kävellessä on helppo erottaa. Pidemmissä tunneleissa merkinnät ovat hyödyllisiä antaessaan lyhimmän reitin uloskäynnille, jos henkilö on kadottanut suunta- vaistonsa ja ei tiedä, kuinka kaukana tunnelissa on. Merkinnät kannattaa tehdä vähintään toiselle puolelle tunnelia ja riittävän tiheästi, ettei niitä varsinaisesti tarvitse etsiä.

Lyhin poistumistie ei välttämättä ole kuitenkaan turvallisin. Onnettomuuden sattuessa olisi tunnelista pyrittävä poistumaan päinvastaiseen suuntaan kuin savu- ja palokaasut. Tuulettimien asettelulla ja ilmanvaihdon suunnalla on tähän olennainen vaikutus. Huomiota pitää kiinnittää myös tiellä oleviin mahdollisiin esteisiin ja kulkemisen helppouteen. Uusien tunneleiden suunnitteluun on annettu ohjeet turvallisuus näkökohtia ajatellen SRT YTE:ssä (taulukko 2). Ohjeita ei kuitenkaan sovelleta alle 1 000 m pitkiin tunneleihin, joita parannetaan tai uudistetaan.

Taulukko 2: SRT YTE:n mukaiset vaatimukset turvallisuusjärjestelmille (Rautatievirasto, määräys tunnelit.)

Minimivaatimus	Koskee tunneleita, joiden pituus on yli	SRT YTE:n kohta
Luvattoman pääsyn estäminen hätäuloskäynteihin ja laitetiloihin	1000 m	4.2.2.2.
Poistumistiet (kulkutiet tunnelin sivulle)	500 m	4.2.2.7.
Poistumisreittien turva- ja opasvalaistus	500 m	4.2.2.8.
Poistumisreittien merkinnät	100 m	4.2.2.9.
Teknisten tilojen varustaminen paloilmaisimilla	1000 m	4.2.2.5.
Tunneleiden sähkökaapeleita koskevat vaatimukset	1000 m	4.2.3.4.
Sähkölaitteiden luotettavuus	1000 m	4.2.3.5.
Hätäviestintä, GSM-R	1000 m	4.2.2.10.
Rakenteita ja materiaaleja koskevat paloturvallisuusvaatimukset	kaikki tunnelit pituudesta riippumatta	4.2.2.3. ja 4.2.2.4.
<i>Seuraavat vaatimukset ovat keskenään vaihtoehtoisia</i>		
Sivu- ja/tai pystysuuntaiset enintään 1000 m välein hätäuloskäynnit ulkoilmaan	1000 m	4.2.2.6.3.
Yhdyskätävät enintään 500 m välein toiseen tunnelikäytävään	500 m	4.2.2.6.4.
Muut tekniset ratkaisut		4.2.2.6.5.

8.7.3 Pelastuspakkaukset

Suurissa työkoneissa ja niiden läheisyydessä työskentelevää henkilöstöä varustettiin tunnelissa tapahtuvan työskentelyn ajaksi pelastautumispakkauksilla. Nämä antoivat mahdollisuuden puhtaan ilman hengittämiseen noin 15 minuutin ajan. Näin lisättiin todennäköisyyttä mahdollisessa hätätilanteessa päästä tunnelista ulos. Pelastuspakkaukset aktivoituvat aukaistessa ja niissä jäljellä olevan ilmamäärän tarkkailuun oli mittari. Hengitettävän ilman loppuessa pakkauksesta se antoi lisäksi äänihälytyksen. Toimivuuden takaamiseksi poistumispakkaukset vaativat vuosihuoltoa samaan tapaan kuin palosammuttimet.

8.8 Ympäristö

8.8.1 Öljyvuoto tunnelissa

Ratatyökoneissa on käytössä paljon öljyä hydraulikassa ja korkeita paineita. Vaikka käytetyt öljyt ovatkin mahdollisimman ympäristöystävällisiä, letkurikon sattuessa on maassa nopeasti satoja litroja haitallista öljyä. Työkoneissa on olemassa imeytykseen välineistöä, mutta öljyn maaperään pääsyä on vaikea kokonaan estää. Paloriskin lisäksi öljy voi kulkeutua pohjaveteen ja aiheuttaa ympäristöhaittoja. Öljyvuodot aiheuttavat erityisen riskin tunnelissa työn viivästyksen kannalta. Öljyn poistaminen maaperästä

on erittäin hankalaa. Yleensä se vaatii massanvaihdon, joka on hidas toteuttaa tunnelissa.

8.8.2 Valaistus

Jämsänkoski - Jyväskylä- hankkeen tunneleissa oli urakan aikaan työn alla myös tunneleiden oma valaistus. Liikkumisen ja työskentelyn kannalta näkyvyys tunnelissa on elinehto. Tunnelin oman valaistuksen puuttuminen tarkoitti sitä, ettei muuta valaistusta ollut koneiden työvalojen ja henkilöstön omien valaisimien lisäksi. Suurissa työkoneissa työvalot on suunniteltu myös yöllä toimimiseen ja niillä työskentely onnistui hyvin tunnelissa. Pimeydestä oli haittaa lähinnä yksittäin liikkuville työntekijöille. Tunneleita ajatellen otsalamppu oli ehdoton varuste, ettei jäänyt yksin pimeään. Oma valaisin lisää myös työntekijän turvallisuutta ja näkyvyyttä muille. Tunnelissa turvavaatteiden heijastimet korostuivat.

9 Loppupäätelmät ja jatkotoimenpiteet

Turvallisuuteen kiinnitetty huomio sai kiitosta työntekijöiltä, eikä tuntunut liioitellulta. Mahdolliset riskit tulivat esille työn kautta hyvin. Suurimmaksi ongelmaksi työn aikana paljastui työskentelyä heikentävä ilmanlaatu. Ilman tuuletuksen tehostamista tunneleissa, eivät päällysrakenne työt olisi onnistuneet yhtä hyvin. Päällysrakennetyötä ei voida tehdä normaalisti, jos työskentelyilma ei ole kunnossa. Tunneleissa käytettävissä työkooneissa pitäisi kiinnittää huomiota ikään ja polttoaineen laatuun. Uudemmat moottorit käyvät yleisesti puhtaammin, ja niiden polttoaineen valinnalla voidaan vaikuttaa pakokaasun laatuun. Jos mahdollista, pakoputki pitäisi ohjata ylös tunnelin kattoa kohti, pois työntekijöiden välittömästä läheisyydestä. Tässä turvallisuusnäkökohtana pitää kuitenkin huomioida etäisyys mahdollisesti kuumiin ajolankoihin.

Koneen iän lisäksi vaikutusta oli pakokaasun poiston sijoituksella. Kiskonvetolaitteella, jolla suurin häikäpitoisuus mitattiin (noin 100 ppm), oli pakoputki sijoitettu suoraan koneita käyttävien henkilöiden viereen. Normaalissa aukinaisessa tilassa ongelmaa ei välttämättä synny, mutta tunnelissa pakokaasun poistuminen työntekijöiden läheltä ei ollut tarpeeksi tehokasta sellaisenaan. Tunneleissa käytettävillä koneilla olisi hyvä tehdä testimittauksia päästöjen selvittämiseksi. Koneiden ilmanpuhdistimet kannattaisi tarkistaa ennen isoa työmaata ja tarvittaessa asentaa lisäpuhdistimia, jos se on mahdollista.

Vanhojen tunneleiden turvallisuuteen pitäisi kiinnittää tulevaisuudessa enemmän huomiota. Vaaratilanteen tapahtuessa, tunnelissa piilee mahdollisuus suuronnettomuudelle. Poistumistiet ja tuuletus ovat vanhoissa tunneleissa puutteellisia. Jos pitkässä tunnelissa tapahtuu jotain suurempaa, kuten tulipalo, ovat mahdollisuudet auttaa melko vähäiset. Herääminen vasta, kun jotain tapahtuu, on huono lähestymistapa.

Itse työtä ajatellen tunneli-ilman kannalta liian vähäiselle tutkinnalle jäivät hitsaus ja kiskon katkaisu polttoleikkaamalla sekä kiskosahalla. Lisäksi tulevia töitä ajatellen pitäisi tutkia tarkemmin Lahdenvuoren tunnelissa ilmanvirtausnopeutta ja -uusiutumista. Tähän tarkoitukseen pitäisi saada LVI-asiantuntijoiden apua. Heidän avullaan pystyttäisiin päättämään paremmin onko raiteenvaihto ja seulonta mahdollista pitkässä tunnelissa, kuten Lahdenvuori ja mitä se vaatii toteutuakseen.

Lähteet

Cronvall, Timo, Rautatietunneleidenturvallisuus. (RATA 2008 22.–23.2.2008): TkL, Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu.

Loukonen, Simo, 2005. Päällysrakenteet Matomäen tunnelissa. Raportti: Oy VR-Rata Ab, Länsi-Suomi

Liikennevirasto: Rataverkonkuvaus, 2010.

<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/fi> [viitattu 13.13.2010].

Rautatielaki (555/2006) 28 §.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060555> [pdf tiedosto] [viitattu 25.11.2010].

<http://www.finlex.fi/data/normit/34397-rautatietunnelit> [pdf tiedosto] [viitattu 25.11.2010].

Ratatekniset ohjeet (RATO). [pdf tiedosto]. [viitattu 25.11.2010].

http://www.rhk.fi/tietopalvelu/radanpidon_ohjeet/ratatekniset_ohjeet_rato

<http://www.vrtrack.fi> [25.11.2010]

Trafi, 2010, Rautatiet Sääöskäsikirja

http://www.trafi.fi/liikenteen_turvallisuusvirasto [viitattu 25.11.2010]

www.grato.fi [viitattu 8.12.2010]

RHK B 24 Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO).

RHK A 17, 2008, Kehäradan kiintoraideselvitys.

RHK PYL, 1998, Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset.

RHK D16, 2004, Päällysrakennetöiden yleinen työselitys.

http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/nav_inert_gases
[Viitattu 14.12.2010].

Kuvat: Pesola Henri, Varimaa Ari.

Liitteet

Liite 1

RT-ilmoitus pohja



RATATYÖILMOITUS

PIDETTÄVÄ NÄKYVILLÄ ILMOITUKSEN VOIMASSAOLOAIKANA
SÄILYTETTÄVÄ 1KK VOIMASSAOLOAJAN JÄLKEEN

RATATYÖN SIJAINTI				ILMOITUKSEN VOIMASSAOLOAIKA	
Liikennepaikka tai liikennepaikkaväli	-			Alkaa:	. . :
Tunnusväli	-				
Raide				Päättyy:	. . :
Ratakilometri	+	-	+		
Muu tarkenne:					

RATATYÖN KUVAUS:

RATATYÖ EDELLYTTÄÄ LIIKENNÖINNIN KESKEYTTÄMISEN	RATATYÖHÖN LIITTYVÄT ASIAKIRJAT JA MERKINNÄT
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Ei
Ratatyön suojaus:	<input type="checkbox"/> Kaavio työalueesta
	<input type="checkbox"/> Ennakoilmoitus
	<input type="checkbox"/> Jännitekatkoilmoitus
	<input type="checkbox"/> Liikenteen rajoite -ilmoitus
	<input type="checkbox"/> Ratatyöstä vastaavien vuorolistista
	<input type="checkbox"/> Muu:

RATATYÖSTÄ VASTAAVA 1	RATATYÖSTÄ VASTAAVA 2 (Ratatyöstä vastaavan vaihtuessa)
Yritys:	Yritys:
Nimi:	Nimi:
RAILI-yhteys 04556	RAILI-yhteys 04556
Varayhteys: -	Varayhteys: -

☐ Ratatyöstä vastaavien vuorolistan mukaan

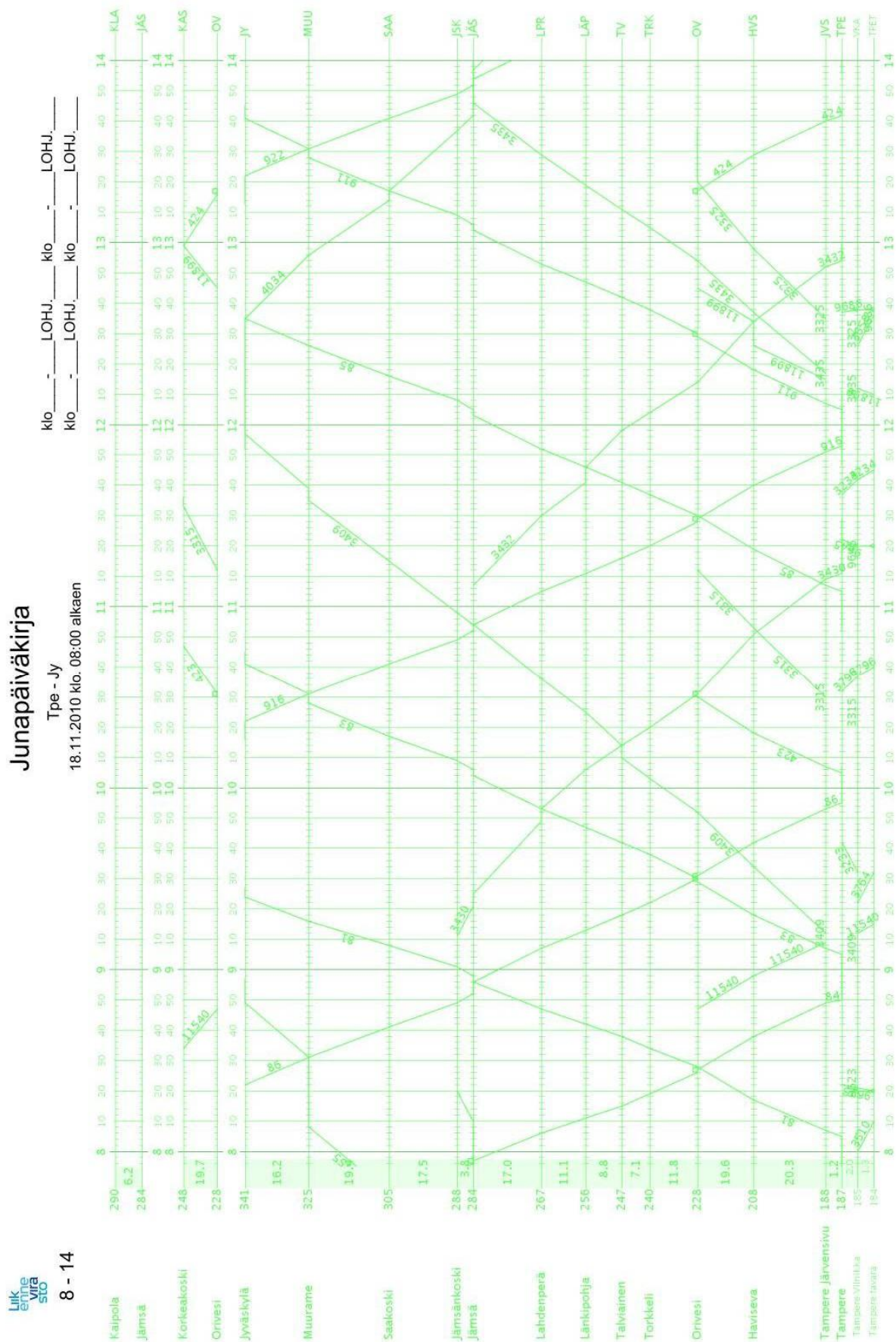
RATATYÖN YKSILÖIVÄT TUNNUKSET JA LUPA RATATYÖHÖN

Tunnus	Tunnus	Tunnus	Tunnus	Tunnus	Tunnus	Tunnus
Lupa ratatyöhön alkoi	Lupa ratatyöhön alkoi	Lupa ratatyöhön alkoi	Lupa ratatyöhön alkoi	Lupa ratatyöhön alkoi	Lupa ratatyöhön alkoi	Lupa ratatyöhön alkoi
päätyi	päätyi	päätyi	päätyi	päätyi	päätyi	päätyi

Laadittu: . . :	Vastaanotettu: . . . : .
Lähetettäjän allekirjoitus ja nimenselvennys	Vastaanottajan allekirjoitus ja nimenselvennys

Liite 2


Malli graafisesta aikataulusta (käytetään apuna töiden suunnittelussa)



Tulostettu 18.11.2010 klo. 08:55

Liite 3

Turvamiesmääräys (TURO, B24)



TAASAVALLI
LIIKENNETURVA
RAVINTOVALVONTA-
OSASTO

Määräys turvamieheksi

Turvamiehen nimi

Esimiehen nimi

Työala

Työaika

Turvamiehen on käytettävä seuraavia varusteita

☐ Varoitustulvit

☐ Äänimerkinantolaitte

☐ Punainen opastelippu / tai -lamppu

☐ Oikosulkujohdin

☐ Ajoneuvolla ajo kielletty -käsiläikennemerkki

☐ Rati-puhelin / radiopuhelin

☐ Matkapuhelin nro

Lisäksi on työssä otettava huomioon

Päivä ja aika

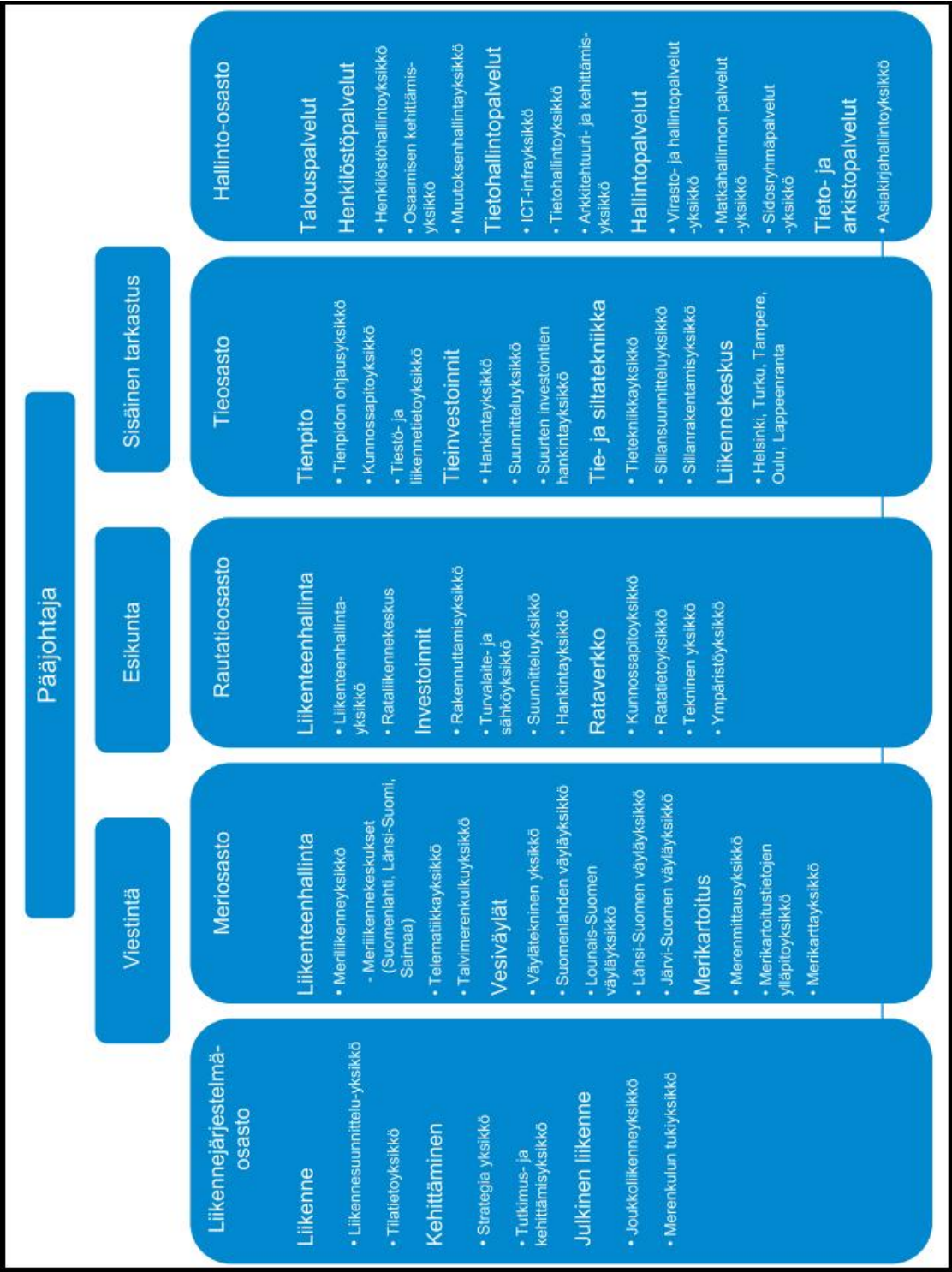
Työnantajan edustaja

Turvamies

VR 5227 A6 300x100 08-08 VR Kirjapaino

Liite 5

Liikenneviraston organisaatiokaavio



Liite 6

Tunneliluettelo (RATO 18)

Tunneli	Pituus (m)	Rak. vuosi	Km-alku	Km-loppu	Rataosa
Kunnossapitoalue 1. Uusimaa					
Espoo	99	1966	21+145	21+244	1104 Pasila - Kirkkonummi
Malminkartano	230	1973	10+636	10+866	1105 Huopalahti - Martinlaakso
Kunnossapitoalue 2. Länsirannikko					
Lillgård	187	1985	46+791	46+977	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Riddarbacken	286	1985	47+769	48+043	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Bäljens	295	1991	88+920	89+230	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Köpskog	45	1991	90+490	90+535	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Aminne	108	1991	92+390	92+500	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Högbacka	200	1991	94+365	94+565	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Kaivosmäki	97	1990	113+962	114+060	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Haukkamäki	436	1990	114+304	114+740	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Harmaamäki	267	1990	115+150	115+418	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Lemunmäki	775	1992	125+870	126+590	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Märjänmäki	1240	1992	126+940	128+180	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Lavianmäki	580	1993	137+720	138+260	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Tottola	520	1959	139+249	139+777	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Halikko	186	1993	150+207	150+395	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Pepallonmäki	530	1989	152+420	152+950	1201 Kirkkonummi - Karjaa - Turku
Kunnossapitoalue 4. Rauma/Pori - Pieksämäki					
Matomäki	239	1970	304+011	304+249	1405 Orivesi - Jyväskylä
Lahdenvuori	4290	1974	308+220	312+508	1405 Orivesi - Jyväskylä
Sahinmäki	154	1973	316+063	316+218	1405 Orivesi - Jyväskylä
Lautakkomäki	373	1972	321+169	321+551	1405 Orivesi - Jyväskylä
Paavalinvuori	768	1975	328+364	329+132	1405 Orivesi - Jyväskylä
Paasivuori	2459	1969	330+112	332+570	1405 Orivesi - Jyväskylä
Keljonkangas I	1064	1968	333+990	335+053	1405 Orivesi - Jyväskylä
Keljonkangas II	193	1967	335+331	335+526	1405 Orivesi - Jyväskylä
Pönttövuori	1223	1918	394+632	395+855	1406 Jyväskylä - Pieksämäki
Kunnossapitoalue 5. Haapamäen tähti					
Möykynmäki	350	1926	365+969	366+319	1503 Haapamäki - Jyväskylä
Kangasvuori	2734	1964	380+028	382+763	1504 Jyväskylä - Äänekoski
Kunnossapitoalue 6. Savon rata					
Kehä II	388	1977	195+806	196+193	1602 Kouvola - Juurikorpi
Suurivuori	765	1983	236+028	236+793	1602 Juurikorpi - Hamina
Venekallio	180	1970	204+400	204+580	1605 Kouvola - Pieksämäki
Vuohijärvi	191	1974	222+400	222+591	1605 Kouvola - Pieksämäki
Kulonpalonvuori	418	1971	232+075	232+493	1605 Kouvola - Pieksämäki
Kunnossapitoalue 7. Karjalan rata					
Paksunniemi	26	1966	399+111	399+137	1705 Parikkala - Joensuu
Kyrönniemi	336	1969	483+892	484+228	1706 Savonlinna - Parikkala
Kunnossapitoalue 8. Ylä-Savo					
Mustamäki	250	1969	416+963	417+212	1804 Pieksämäki - Kuopio
Mustavuori I	282	1969	417+795	418+078	1804 Pieksämäki - Kuopio
Mustavuori II	373	1969	418+344	418+718	1804 Pieksämäki - Kuopio
Pieni Neulamäki	1002	1975	454+288	455+291	1804 Pieksämäki - Kuopio
Yhteensä	24139				