

Tunneleiden ja kallioleikkausten rakenteiden tarkastustoiminnan kehittäminen



Jukka Leskelä, Arto Wegelius, Mikko Inkala,
Heikki Saarikivi, Riku Kytö

Tunneleiden ja kallioleikkausten rakenteiden tarkastustoiminnan kehittäminen

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 32/2014

Liikennevirasto

Helsinki 2014

Kannen kuva: Vuohijärven tunneli, Arto Wegelius

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-486-4

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 029 534 3000

Jukka Leskelä, Arto Wegelius, Mikko Inkala, Heikki Saarikivi, Riku Kytö: Tunneleiden ja kallioleikkausten rakenteiden tarkastustoiminnan kehittäminen. Liikennevirasto, infra- ja ympäristöosasto. Helsinki 2014. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 32/2014. 57 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-486-4.

Avainsanat: Tunnelit, kallioleikkaukset, tarkastus, vauriot, kuntomittaukset

Tiivistelmä

Liikennevirastolla on ylläpitovastuullaan tällä hetkellä 17 tietunnelia, 41 rautatie-tunnelia sekä tuhansia kallioleikkauksia. Tunneleista ja kallioleikkauksista ei ole olemassa systemaattisessa omaisuuden hallinnassa tarvittavia kattavia perus- ja kuntotietoja. Siltarekisterissä on kuitenkin jo olemassa valmius ottaa vastaan tunneleiden perus- ja kuntotiedot.

Tämän selvityksen tavoitteena oli suorittaa tunneleiden ja kallioleikkausten pilotointiluonteisia yleistarkastuksia, päivittää ja kehittää perustietojen inventointi-ohjeistusta sekä laatia tunneleiden ja kallioleikkausten tarkastuskäsikirjan runko.

Työn yhteydessä suoritettiin kahden tietunnelin, kahden rautatietunnelin, yhden tiekallioleikkauksen sekä yhden ratakallioleikkauksen yleistarkastukset. Tunneleiden tarkastustulokset syötettiin lisäksi Siltarekisteriin.

Selvityksen perusteella siltojen yleistarkastusjärjestelmän kaltainen tunneleiden yleistarkastus soveltuu tie- ja rautatietunneleiden rakenteellisen kunnon hallinnan päävälineeksi. Siltarekisteri soveltuu tunnelitietojen perustietovarastoksi. Tunnelin sangen monimutkaisten teknisten järjestelmien toimivuus on kuitenkin varmistettava muilla keinoilla. Selvityksessä on esitetty kattava runko vaurioluokitustaulukoineen tulevaisuudessa laadittavaa tunneleiden tarkastuskäsikirjaa varten.

Selvityksen perusteella kallioleikkausten yleistarkastuksia varten tulisi kehittää siltojen yleistarkastusjärjestelmästä poikkeava kallioleikkausten yleistarkastusjärjestelmä. Yksityiskohtainen vaurioiden kirjausmenettely ei oikein sovellu kallioleikkauksille ja muodostuisi myös kohtuuttoman raskaaksi. Kallioleikkauksille esitetään sen sijaan yleispiirteisempää tarkastusta, jossa kallioleikkauksen pinta-ala (mahdolliset lujitusrakenteet huomioiden) jaetaan prosenttiosuuksina viisiportaisen vaurioitumisasteen mukaisiin luokkiin. Jakauman perusteella voidaan arvioida kallioleikkauksen kunto-luokka muun tieomaisuuden kanssa yhtenevällä tavalla. Siltarekisteri varmasti soveltuu kallioleikkausten perustietovarastoksi, mutta on koko laajuudessaan niille liian raskas, koska tarvittavien perus- ja kuntotietojen määrä on siltoihin verrattuna hyvin pieni ja tiedot erimuotoiset. Tulevaan Taitorakennerekisteriin tarvitaan kallioleikkauksille silloista poikkeavat taulut tietokantaan ja näytöt käyttöliittymään.

Tunneleiden laserskannaus on menetelmä, jolla tunnelin sisäpinoista saadaan tarkka visuaalinen kuva. Lähes kaikki rautatietunnelit on jo laserskannattu ja laserskannausohjelmaa on käytetty rautatietunneleista inventoitujen vauriotietojen tallentamiseen. Tunneleiden yleistarkastusten täydennyksenä kannattaisi kokeilla myös tietunneleiden laserskannausta. Laserskannaus täydentäisi yleistarkastuksessa kerättyjä tietoja ja otettuja valokuvia.

Jukka Leskelä, Arto Wegelius, Mikko Inkala, Heikki Saarikivi, Riku Kytö: Utveckling av metoderna för strukturanalys av tunnlar och bergsskärningar. Trafikverket, Infrastruktur och miljö avdelningen. Helsingfors 2014. Trafikverkets undersökningar och utredningar 32/2014. 57 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-486-4.

Nyckelord: Tunnlar, bergskärningar, inspektion, skador, bedömning av skick

Sammanfattning

Trafikverket har idag underhållsansvar för 17 vägtunnlar, 41 järnvägstunnlar och tusentals bergskärningar. Inom systematisk egendomsförvaltning finns inga nödvändiga och täckande grund- och tillståndsdata över tunnlar och bergskärningar. Broregistret kan dock redan ta emot grund- och tillståndsdata för tunnlar.

Syftet med utredningen var att utföra allmänna granskningar av pilotstudiekaraktär för tunnlar och bergskärningar, uppdatera och utveckla riktlinjer för inventering av grunddata samt utarbeta stommen för en inspektionshandbok för tunnlar och bergskärningar.

I samband med arbetet utfördes allmänna inspektioner av två vägtunnlar samt en väg- och en järnvägsbergskärning. Resultaten matades också in i Broregistret.

På basis av utredningen, så kan en liknande allmän inspektion användas som ett viktigt instrument för förvaltning av väg- och järnvägstunnelkonstruktioners tillstånd. Broregistret är lämpligt att användas som ett register för grunddata. Funktionaliteten av tunnelns ganska komplexa tekniska system måste dock säkerställas genom andra metoder. I utredningen presenterades en omfattande ram med skadeklassificeringstabeller för den inspektionshandbok som kommer att upprättas i framtiden.

På basis av utredningen bör man utveckla ett allmänt inspektionssystem för bergskärningar som skiljer sig från broarnas inspektionssystem. Detaljerade skaderegistreringar passar inte riktigt för bergskärningar och skulle också bli orimligt tunga. Istället förslår man en mer allmän granskning för bergskärningarna, där bergskärningens areal (möjliga förstärkningar beaktas) delas in i klasser enligt dess procentandelar på en femgradig skadeskala.

På basis av fördelningen kan man uppskatta bergskärningarnas tillståndsklass med annan vägegendom på ett enhetligt sätt. Broregistret lämpar sig säkert som grunddataregister, men är i sin helhet för tungt och detta beror på att mängden nödvändiga grund- och tillståndsdata för bergskärningar är mycket liten och dessa data skiljer sig från brodata. Det kommande konstbyggnadsregistret behöver tabeller för bergskärningar som avviker från broarnas samt ett användargränssnitt.

Laserskanning av tunnlar är en metod som ger en detaljerad visuell bild av tunnelnans insida. Nästan alla järnvägstunnlar är laserskannade och laserskanningsprogrammet har använts för att mata in inventerade skadedata från järnvägstunnelarna. Som komplettering för de allmänna tunnelgranskningarna borde man också prova att laserskanna vägtunnlar. Laserskanning skulle komplettera insamlade data och tagna fotografier från den allmänna granskningen.

Jukka Leskelä, Arto Wegelius, Mikko Inkala, Heikki Saarikivi, Riku Kytö: A Study to Develop Methods for Structural Analysis of Tunnels and Rock Cuttings. Finnish Transport Agency, Infrastructure and Environment Department. Helsinki 2014. Research reports of the Finnish Transport Agency 32/2014. 57 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-486-4.

Keywords: Tunnels, rock cuttings, inspection, damages, condition inventory

Summary

The Finnish Transport Agency (FTA) has maintenance responsibility for 17 road tunnels, 41 railway tunnels and thousands of rock cuttings. Both the basic data and the condition data of tunnels and cuttings are not systematically stored. The data is needed in systematic asset management. The FTA Bridge Register has the ability to store all the tunnel data.

The purpose of this study was to make few experimental general inspections for tunnels and cuttings in order to develop a basis for tunnel and cutting inventory and inspection manual. The inspected objects were selected to be two road tunnels, two railway tunnels, one road rock cutting and one railway rock cutting. The inspection results of tunnels were stored in the FTA Bridge Register.

According to the study, the bridge general inspection procedure and the Bridge Register can be easily adopted for road and railway tunnels. The operation and maintenance of complicated tunnel furniture and equipment has to be managed separately, because they demand daily operation. The study presents a basis for the tunnel inspection manual that will be developed in a future project. The damage classification tables for typical tunnel damages are included in the study.

According to the study, a special rock cutting inspection method is to be developed. A detailed damage inventory and classification done on bridges and tunnels are not recommended for cuttings. The study proposes a more general approach in which the face of the cutting is distributed as percentages on five damage classes. According to the damage distribution the situation of a cutting can be considered in a uniform way. The Bridge Register is too heavy system for cuttings. The Special Engineering Structure Register developed in the future should include special features for rock cutting both in the database and in the software.

The laser scanning of tunnels is a method in which the inner lining of the tunnel is scanned in order to gain a continuous visual picture of tunnel roof and walls. Almost all railway tunnels of FTA are already scanned and the scanning program is used also in the inventory of tunnel damages. The study recommends an experimental road tunnel scanning in order to find out the suitability and the added value of the method for road tunnel maintenance. Laser scanning is anyway not to replace the more traditional inspection.

Esipuhe

Liikenneviraston omistuksessa on yhteensä n. 17 km maantie- ja 39 kilometriä rautatietunneleita. Pisimmät tunnelit ovat Karnaisten 2230 metrin pituinen maantietunneli ja Savion 13575 metrin pituinen rautatietunneli. Kallioleikkauksia Liikenneviraston maantie-, rautatie ja vesiväylillä on lukemattomia. Pelkästään rautatieverkolla niitä on n. 260 km. Maantieverkolla kallioleikkaustietoa ei ole kerätty systemaattisesti, vesiväylien osalta kallioleikkauksia löytyy lähinnä kanavarakenteista.

Tunneleiden ja kallioleikkausten ylläpito on perustunut kunnossapitäjien raportointiin sekä vuosittain tehtäviin silmämääräisiin hoidon urakoitsijoiden tarkastuksiin. Yhteistä tietoa rakenteiden kunnosta ei ole. Taitorakenteiden kunnan selvittäminen ja haltuunotto on ollut Liikenneviraston Väylänpidon tärkeimpiä tavoitteita koko sen olemassaolon ajan. Tämän tavoitteen pohjalta syntyi ensimmäinen tunneleiden ja kallioleikkausten tarkastustoimintaan kantaa ottava Liikenneviraston Taitorakenteiden tarkastusohje vuonna 2013.

Tunneleiden ja kallioleikkausten tarkastustoiminnan kehittäminen on jatkoa alkaneelle työlle. Tämän selvityksen tarkoituksena oli päivittää ja kehittää näiden rakenteiden perustietojen inventointiohjeistusta ja laatia alustavaa runkoa yksityiskohtaiselle tarkastuskäsikirjalle. Selvityksen pohjalta on jatkossa tarkoitus laatia Tunneleiden tarkastuskäsikirja jo käytössä olevan Sillantarkastuskäsikirjan ja Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirjan rinnalle sekä laatia kallioleikkauksille soveltuvat kunnan mittarit.

Tämän selvityksen ovat laatineet yhteistyössä Pöry Finland Oy ja VR Track Oy. Työryhmän puheenjohtajana on toiminut Marja-Kaarina Söderqvist infra- ja ympäristö-osaston taitorakenneyksiköstä. Työryhmän jäseninä ovat olleet Mikko Inkala, Jukka Leskelä ja Arto Wegelius Pöry Finland Oy:stä sekä Riku Kytö ja Heikki Saarikivi VR Track Oy:stä.

Helsingissä elokuussa 2014

Liikennevirasto
Väylänpitotoimiala
Infra ja ympäristö -osasto/Taitorakenneyksikkö

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Tausta.....	9
1.2	Lähtökohdat ja terminologia.....	9
1.3	Tavoitteet.....	9
1.4	Suoritettut tarkastukset.....	9
2	TUNNELIT.....	11
2.1	Tunnelit Suomessa.....	11
2.2	Tunnelityypit.....	13
2.2.1	Tunneleiden määritelmät.....	13
2.2.2	Kalliotunnelit.....	13
2.2.3	Betonitunnelit.....	13
2.2.4	Terästunnelit.....	13
2.2.5	Erikoistunnelit.....	14
2.3	Tunneleiden rakenteet ja varusteet.....	14
2.3.1	Tunneleiden tekniset järjestelmät (varusteet).....	16
3	TARKASTUSTYÖ.....	17
3.1	Tarkastustyö yleisesti.....	17
3.2	Tunnelit.....	17
3.2.1	Tietunnelit.....	19
3.2.2	Rautatietunnelit.....	20
3.3	Kallioleikkaukset.....	20
3.3.1	Yleistä.....	20
3.3.2	Kallion vakavuus.....	21
3.3.3	Tieleikkaukset.....	22
3.3.4	Rautatieleikkaukset.....	22
3.4	Valokuvat.....	22
3.5	Laserskannaus.....	23
4	TUNNELEIDEN PILOTTITARKASTUKSET.....	25
4.1	Tietunnelit.....	25
4.1.1	Tarkastetut tietunnelit ongelmiseen.....	25
4.1.2	Tietunneleiden tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti.....	26
4.2	Rautatietunnelit.....	28
4.2.1	Tarkastetut rautatietunnelit ongelmiseen.....	28
4.2.2	Rautatietunneleiden tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti.....	30
5	KALLIOLEIKKAUSTEN PILOTTITARKASTUKSET.....	32
5.1	Kallioleikkausten tarkastukset.....	32
5.2	Tieleikkausten tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti.....	32
5.3	Rautatieleikkausten tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti.....	33
6	SILTAREKISTERI.....	35
6.1	Soveltuvuus tunneleille ja kallioleikkauksille.....	35
6.2	Siltarekisterin tunnelitoimintojen kehittäminen.....	36
6.2.1	Yleistiedot.....	36
6.2.2	Vauriokartta.....	36
6.2.3	Tarkastustiedot.....	36
6.2.4	Lisäparametrit.....	37

6.3	Kallioleikkausten inventointi	40
6.3.1	Yleistä	40
6.3.2	Kallioleikkauksen lujitusrakenteet.....	41
6.3.3	Kuivatusrakenteet.....	41
6.3.4	Varusteet ja muut rakenteet	41
6.4	Vauriopistesumma.....	41
7	VAURIOLUOKITUSTAULUKOT.....	42
7.1	Yleistä.....	42
7.2	Ruiskubetoni.....	42
7.3	Vesivuodot.....	44
7.4	Tunneleiden ja kallioleikkausten kalliopinnat	46
7.5	Lujitusrakenteet	48
7.6	Verhousrakenteet ja varusteet.....	50
8	KUNTOLUOKITUS	54
8.1	Tunneleiden kuntoluokitus.....	54
8.2	Kallioleikkausten kuntoluokitus.....	54
8.3	Kallion Q-luokitus.....	55
9	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET.....	56
9.1	Tunnelit.....	56
9.2	Kallioleikkaukset.....	56
	LÄHDELUETTELO.....	57

1 Johdanto

1.1 Tausta

Tie- ja rautatietunneleiden tarkastustoimintaan ei ole olemassa yhtenäistä käytäntöä eikä kattavaa ohjeistusta. Käytäntöjen ja ohjeistuksen puutteesta johtuen tunneleiden tarkastustoiminta on hajanaista ja koostuu lähinnä eri kunnossapitäjien tekemistä eritasoisista tarkastuksista ja yksittäisistä tunneleiden kuntoselvityksistä. Tunneleiden korjausinvestointeja ei voida kohdentaa väyläverkostolle tarkastustulosten perusteella, koska tarkastustiedot eivät ole kattavia eivätkä keskenään vertailukelpoisia.

1.2 Lähtökohdat ja terminologia

Työn lähtökohdaksi olivat tunneleiden osalta Tiehallinnon Väyläomaisuuden hallinnan tutkimusohjelmassa (VOH) laadittu Selvitys Siltarekisterin laajentamisesta tunneli- ja laituritiedoilla (Tiehallinnon selvityksiä 10/2005) sekä vuonna 2007 tehty Siltarekisterin inventointiohjeen päivitys tunnelitiedoilla (Siltarekisteri 3.6.0, Inventointiohje – Ohjelmiston sähköinen opastetoiminto).

Työn lähtökohdiksi olivat lisäksi Tietunneleiden suunnitteluohje sekä RATO 18 Rautatietunnelit (Ratatekniset ohjeet, Osa 18 Rautatietunnelit).

Tunneleita koskeva terminologia ja määritelmät on esitetty tietunneleiden osalta Tie-tunneleiden suunnitteluohjeessa (Kohta B sekä liite G1) ja rautatietunneleiden osalta RATO:n osassa 18 Rautatietunnelit (Kohta 18.2).

Siltarekisterin tunneliterminologia saattaa poiketa joiltain osin em. tunnelisuunnitteluohjeista, koska ohjeet ovat valmistuneet vasta sen jälkeen, kun Siltarekisterin tunnelitoiminnot on määritelty ja toteutettu.

Kalliroleikkausten osalta työn lähtökohdaksi oli Taitorakenteiden tarkastusohje (Liikenneviraston ohjeita 17/2013).

1.3 Tavoitteet

Tämän selvityksen tavoitteena oli suorittaa tunneleiden ja kalliroleikkausten pilotointiluonteisia yleistarkastuksia, päivittää ja kehittää perustietojen inventointiohjeistusta sekä laatia tunneleiden ja kalliroleikkausten tarkastuskäsikirjan runko.

1.4 Suoritetut tarkastukset

Tarkastukset suoritettiin Pöyry Finland Oy:n ja VR Track Oy:n yhteistyönä marraskuussa 2013. Tarkastukset tehtiin kahdelle tietunnelille, kahdelle rautatietunnelille sekä yhdelle tieleikkaukselle ja yhdelle rataleikkaukselle. Tunneleiden tarkastustulokset syötettiin Siltarekisteriin.

Tunneleiden ja avoleikkausten tarkastukset tehtiin yleistarkastuksina sillantarkastuskäsikirjassa (Liikenneviraston ohjeita 26/2013) esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Tunneleiden osalta käytettiin myös Tiehallinnon selvityksen 10/2005 (Selvitys Siltarekisterin laajentamisesta tunneli- ja laituritiedoilla) yhteydessä esitettyjä taulukkoja ja menetelmiä.

Tarkastuksissa inventoitiin rakenteet ja niiden rakenteellinen kunto. Tässä yhteydessä ei arvioitu tunneleiden teknisten järjestelmien toimivuutta. Pilottitarkastukset suoritettiin tien tai radan pinnan tasolta ilman nostolaitteita.

Tarkastetut kohteet olivat:

- Isokylän tietunnelin pohjoinen tunneliputki (T-3606 N)
- Fiskarin tietunneli (U-4503)
- Vuohijärven rautatietunneli (KaS-3501)
- Högbackan rautatietunneli (U-4539)
- Tieleikkaus VT 25 ja Seututien 186 risteyksestä noin 1,5 km Saloon päin
- Vuohijärven rautatietunnelin suuaukkojen rataleikkaukset tunneliin etelä- ja pohjoispäissä

Tarkastusten tavoitteena oli inventoida tie- ja rautatietunneleiden rakenteet, selvittää tunneleissa esiintyvät tyypillisimmät vauriot sekä määrittää tunneleihin liittyviä lisäparametritarpeita Siltarekisteriin. Lisäksi tarkastusten perusteella pyrittiin ottamaan kantaa tunnelitarkastajalle asetettaviin vaatimuksiin, antamaan suuntaviivoja tarkastustoimintaan ja muodostamaan runko Tunnelitarkastuskäsikirjan laatimisen lähtökohdaksi.

2 Tunnelit

2.1 Tunnelit Suomessa

Taulukossa 1 on esitetty Liikenneviraston ja ELY-keskusten hallinnoimat tietunnelit. Osa tunneleista on kaksoistunneleita. Lisäksi Suomessa on tietunneleita useiden kaupunkien katuverkoilla.

Taulukossa 2 on esitetty Suomen rataverkolla käytössä olevat rautatietunnelit. Espoon ja Malminkartanon tunnelit ovat kaksoisraidetunneleita. Malminkartanon tunneli on Helsingin kaupungin hallinnoima.

Taulukko 1. Liikenneviraston tietunnelit. Käytössä olevia tietunneleita on yhteensä 17 kpl. Lisäksi neljä tunnelia on rakenteilla (R) ja yksi suunnitteilla (S). Betonirakenteiset tunnelit on merkitty tunnuksella (B) ja kaksoistunnelit tunnuksella (2).

Tunneli	Pituus (m)	Käyttöönottovuosi	Tiennumero	Tieosa	Etäisyys tieosan alusta (m)
Fiskarin tunneli	145	1993	104	1	1993
Hepomäen tunneli (2)	250	2008	1	21	6366
Hiidenkallion tunneli	495	2000	102	3	1349
Isokylän tunneli (2)	435	2003	1	24	500
Karkuvuoren tunneli (2)	180	1994	9	204	2030
Karnaisten tunneli (2)	2230	2009	1	13	1774
Kivihaan tunneli (B, 2)	320	2009	100	1	200
Kuparivuoren tunneli	323	1989	189	3	215
Lakianmäen tunneli (2)	480	2008	1	21	4546
Lehmihaan tunneli (2)	265	2009	1	13	1172
Mestarintunneli (2)	500	2011	101	3	-
Orosmäen tunneli (2)	645	2009	1	13	4702
Pitkämäen tunneli (2)	620	2009	1	14	1929
Porvarinlahden tunneli (2)	1520	2007	103	1	2425
Tervakorven tunneli (2)	575	2009	1	14	3880
Revontulen tunneli (B)	250	2008	4	-	-
Hämeenlinnan tunneli (B, 2)	230	2013	3	-	-
Markkinamäen tunneli (R, 2)	478	2014	7	-	-
Kolsilan tunneli (R,2)	174	-	7	-	-
Husulan tunneli (R, B, 2)	499	-	7	-	-
Tampereen rantaväylän tunneli (R, 2)	2327	-	12	-	-
Rasa-Ahomäen tunneli (S,2)	249	-	7	-	-

Taulukko 2. Rautatietunnelit Suomen rataverkolla. Käytössä olevia rautatietunneleita on rataverkolla yhteensä 42. Malminkartanon tunneli ja sen ylläpito kuuluvat Helsingin kaupungille, radan rakenteet ja turvalaitteet ovat Liikenneviraston omistuksessa ja ylläpitovastuulla. Lisäksi yksi tunneli on rakenteilla (R) ja yksi suunnitteilla (S). Kaksoistunnelit on merkitty tunnuksella (2).

Tunneli	Pituus (m)	Käyttöön-ottovuosi	Km alku	Km loppu	Rataosa
Bäljensin tunneli	298	1991	88+924	89+222	Karjaa – Salo
Espoon tunneli	99	1966	21+145	21+244	Pasila - Kirkkonummi
Halikon tunneli	186	1993	150+207	150+393	Salo – Turku
Harmaamäen tunneli	265	1990	115+150	115+415	Karjaa – Salo
Haukkamäen tunneli	436	1990	114+304	114+740	Karjaa – Salo
Högbackan tunneli	200	1991	94+365	94+565	Karjaa – Salo
Kaivosmäen tunneli	99	1990	113+961	114+060	Karjaa – Salo
Kangasvuoren tunneli	2735	1964	380+028	382+763	Jyväskylä - Äänekoski
Kehä II tunneli	388	1977	194+641	195+029	Kouvola - Pieksämäki
Keljonkangas I tunneli	1093	1968	333+973	335+066	Orivesi - Jyväskylä
Keljonkangas II tunneli	224	1967	335+301	335+525	Orivesi - Jyväskylä
Kulonpalonvuoren tunneli	418	1971	232+075	232+493	Kouvola - Pieksämäki
Kyrönniemen tunneli	336	1969	483+892	484+228	Savonlinna - Parikkala
Köpskogin tunneli	43	1991	90+492	90+535	Karjaa – Salo
Labbackan tunneli	651	2008	48+728	49+379	Kerava - Vuosaari
Lahdenvuoren tunneli	4293	1974	308+214	312+507	Orivesi - Jyväskylä
Lautakkomäen tunneli	399	1972	321+171	321+570	Orivesi - Jyväskylä
Lavianmäen tunneli	582	1993	137+720	138+302	Karjaa – Salo
Lemunmäen tunneli	775	1992	125+820	126+595	Karjaa – Salo
Lillgårdin tunneli	187	1985	46+790	46+977	Kirkkonummi - Karjaa
Malminkartanon tunneli	230	1973	10+636	10+866	Huopalahti - Martinlaakso
Matomäen tunneli	262	1970	303+987	304+249	Orivesi - Jyväskylä
Mustamäen tunneli	249	1969	416+963	417+212	Pieksämäki - Kuopio
Mustavuori I tunneli	283	1969	417+795	418+078	Pieksämäki - Kuopio
Mustavuori II tunneli	374	1969	418+344	418+718	Pieksämäki - Kuopio
Märjänmäen tunneli	1240	1992	126+940	128+180	Karjaa – Salo
Möykynmäen tunneli	350	1926	365+969	366+319	Haapamäki - Jyväskylä
Paasivuoren tunneli	2474	1969	330+107	332+581	Orivesi - Jyväskylä
Paavalinvuoren tunneli	771	1975	328+364	329+135	Orivesi - Jyväskylä
Paksunniemen tunneli	26	1966	399+111	399+137	Parikkala - Joensuu
Pepallonmäen tunneli	531	1989	152+420	152+951	Salo – Turku
Pieni Neulamäen tunneli	1003	1975	454+288	455+291	Pieksämäki - Kuopio
Pönttövuoren tunneli	1429	1995	394+476	395+905	Jyväskylä - Pieksämäki
Riddarbackenin tunnelin	273	1985	47+770	48+043	Kirkkonummi - Karjaa
Sahinmäen tunneli	153	1973	316+064	316+217	Orivesi - Jyväskylä
Savion tunneli	13575	2008	32+659	46+234	Kerava - Vuosaari
Suurivuoren tunneli	765	1983	236+028	236+793	Juurikorpi - Hamina
Tottolan tunneli	531	1959	139+084	139+615	Karjaa – Salo
Venekallion tunneli	180	1970	204+400	204+580	Kouvola - Pieksämäki
Voisalmensaaren tunneli	198	1965	290+167	290+365	Lappeenranta, teollisuus-raide
Vuohijärven tunneli	191	1974	222+400	222+591	Kouvola - Pieksämäki
Åminnen tunneli	101	1991	92+391	92+492	Karjaa – Salo
Kehäradan tunneli (R)(2)	-	2015	-	-	Vantaankoski - Tikkurila
Pisararadan tunneli (S)(2)	-	-	-	-	Pasila – Helsinki

2.2 Tunnelityypit

2.2.1 Tunneleiden määritelmät

Tietunneleiden suunnitteluohjeen sovellusalue:

- Yli 500 m pitkät TERN-verkon (Trans European Road Network) tunnelit (joita koskevat myös tunnelidirektiivin vaatimukset) ja kaikki muut yli 500 m pitkät yleisten teiden tunnelit
- Kaikki alle 500 m kalliitunnelit ja 100–500 m betoni- ja terästunnelit liikenteellisten ja rakenteellisten vaatimusten osalta (Tiesillat ja alikäytävät, joiden kansileveys on > 100 metriä, luetaan siis tunneleihin).
- Liikenteen ohjausta ja hallintaa koskevia vaatimuksia sovelletaan alle 500 m pitkiin tunneleihin.

RATO 18 Rautatietunnelit sovellusalue:

- Koskee kaikkia tunneleita pituudesta riippumatta
- Rautatietunnelissa, jonka pituus on < 200 metriä, ei tarvita mitään teknisiä järjestelmiä lukuun ottamatta kuivatusjärjestelmää.
- Rautatietunnelissa, jonka pituus on 200–500 m, tarvitaan kuivatusjärjestelmän lisäksi ainakin valaistus ja sen vaatima muu varustelu.
- Yli 500 m pitkissä tunneleissa harkitaan teknisten järjestelmien tarve ja laajuus tunnelikohtaisesti

Liikenteen turvallisuusviraston (Trafi) määräyksen Rautatietunnelit [9] kohta 4.5.1 ottaa kantaa tunneleiden tarkastukseen tunnelin pituudesta riippumatta. Määräyksen pohjana on mm. SRT YTE (Euroopan komission päätös rautatietunneleiden turvallisuutta koskevasta yhteen toimivuuden teknisestä eritelmästä).

2.2.2 Kalliitunnelit

Suomen pääosin sangen ehyt kallioperä soveltuu erinomaisesti kalliorakentamiseen. Tämän johdosta lähes kaikki Suomen tunnelit ovat kalliitunneleita, sillä kalliitunnelin rakentaminen on pääsääntöisesti halvempaa kuin betoni- tai terästunnelin.

Kalliitunnelit louhitaan Suomessa lähes aina käyttäen poraus-räjäytys-menetelmää.

2.2.3 Betonitunnelit

Betonitunneli tulee kysymykseen paikoissa, joissa kalliitunneli ei ole mahdollinen esimerkiksi väylän geometriasta, kallion pinnasta, kalliolaadusta tai ympäristöolosuhteista johtuen. Tunneli voidaan myös rakentaa betonitunnelina, jos näin päästään kalliitunnelia selvästi lyhyempään betonitunneliin (kalliitunneli vs. alikulkusilta).

Kalliitunneleiden suuaukkorakenteet rakennetaan yleensä betoni- tai terästunneleiksi.

2.2.4 Terästunnelit

Kohteissa, jossa betonitunnelin käyttö ei ole mahdollista esimerkiksi lyhyiden liikennekatkojen tai tilan ahtauden johdosta, voidaan tunneli rakentaa terästunnelina.

Terästunneleita on käytetty myös tunneleiden suuaukoilla.

2.2.5 Erikoistunnelit

Erikoistunneleita ovat mm. TBM (Tunnel Boring Machine) tekniikalla rakennetut tunnelit, upotettavat tunnelit (Immersed tunnel), sekä pehmeiden maakerrosten erikoismenetelmät (esimerkiksi forepoling, jäädytys, suihkupaalutus yms.).

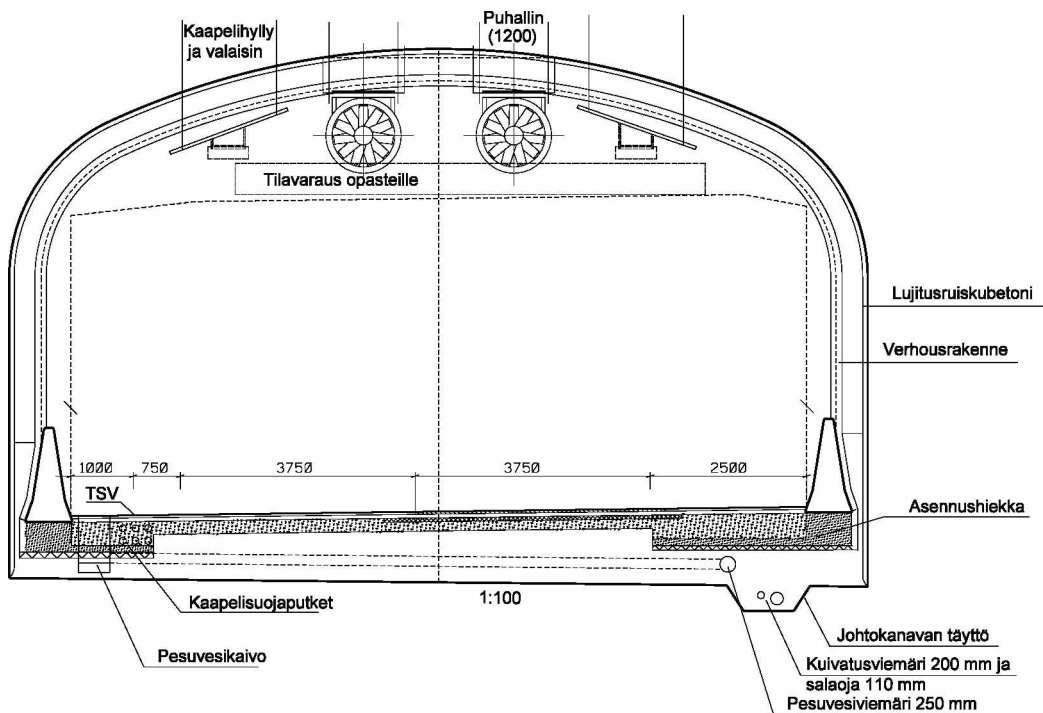
Liikenneviraston väylillä ei ole ainakaan toistaiseksi näitä erikoistunneleita.

2.3 Tunneleiden rakenteet ja varusteet

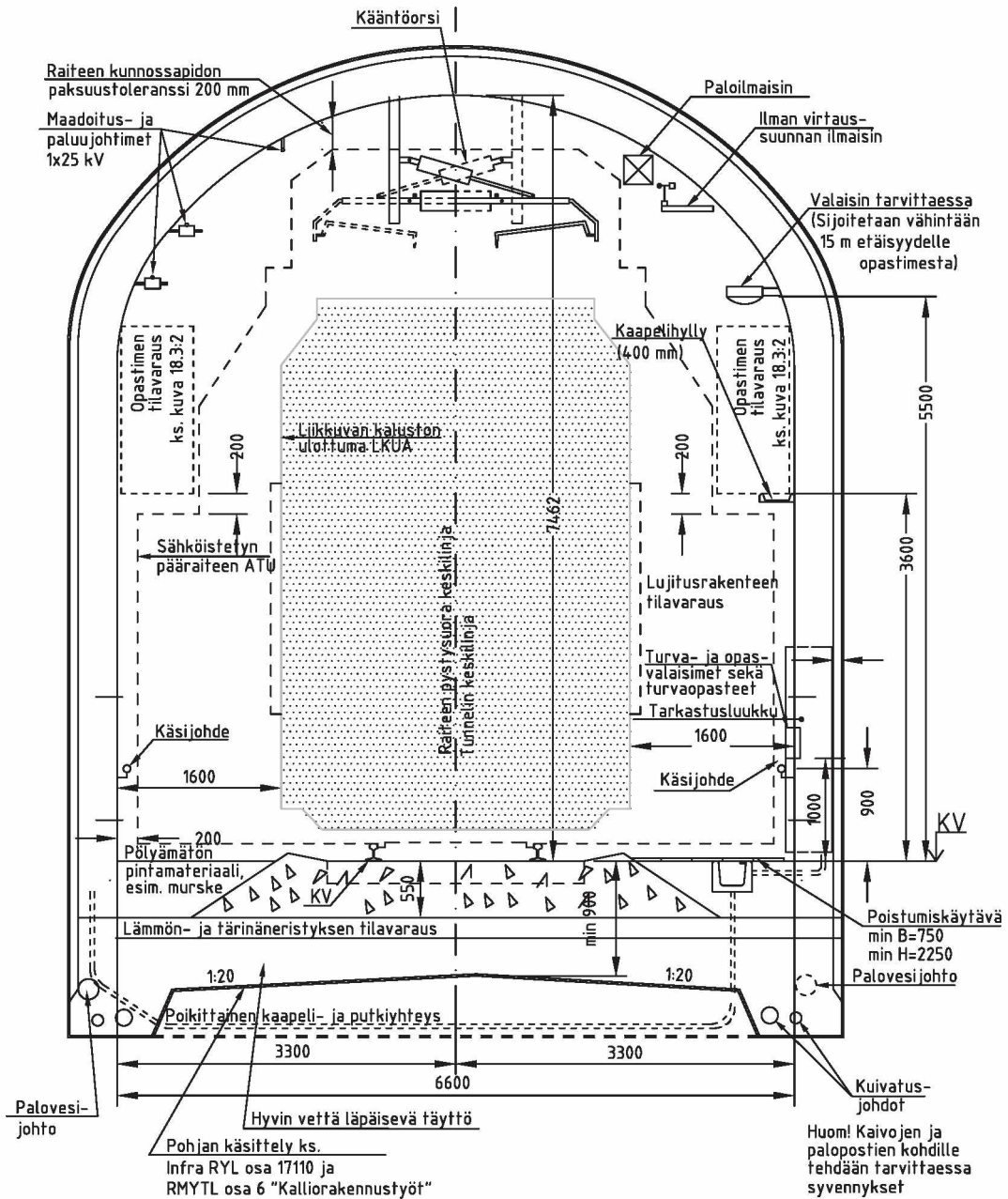
Tunneleiden rakenteita ovat tunnelin lujitukseen ja stabiiliteettiin liittyvät rakenteet, veden- ja lämmöneristerakenteet sekä väylään liittyvät rakenteet.

Tunneleiden pääasialliset rakenteet ovat seuraavat:

- Kalliorakenteet
- Ruiskubetonirakenteet
- Pulttitusrakenteet
- Suuaukkorakenteet (betonitunnelit, -kaukalot, tukimuurit)
- Verhous- ja erillisverhousrakenteet
- Seinän alaosa
- Yhdyskäytävien, ajotunneleiden ja kuilujen rakenteet
- Varusteiden ja laitteiden kannakoinnit
- Tierakenteet
- Ratarakenteet
- Runkomelueristys

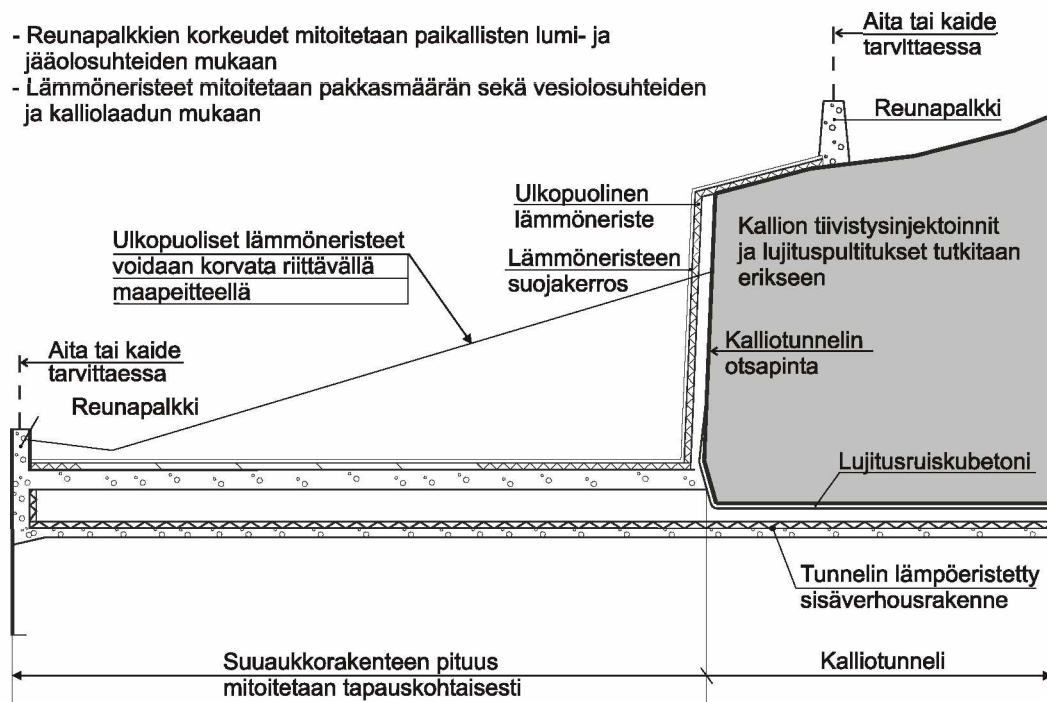


Kuva 1. Erillisverhoillun tietunnelin poikkileikkaus (ja varusteita)



Kuva 2. Rautatietunnelin tyypipoikkileikkaus (ja varusteita)

- Reunapalkkien korkeudet mitoitetaan paikallisten lumi- ja jääolosuhteiden mukaan
- Lämmöneristeet mitoitetaan pakkasmäärän sekä vesiolosuhteiden ja kalliolaadun mukaan



Kuva 3. Erillisverhoillun rautatietunnelin suuaukkorakenteen periaate, pituusleikkaus

2.3.1 Tunneleiden tekniset järjestelmät (varusteet)

Vanhoissa tunneleissa ei ole juurikaan teknisiä järjestelmiä. Uusimpien ja tulevaisuudessa rakennettavien tunneleiden osalta määräykset ja vaatimukset ovat muuttuneet merkittävästi liikenne- ja henkilöturvallisuuden osalta.

Tunneleiden teknisiä järjestelmiä ovat mm.:

- Kuivatus ja vedenpoisto
- Ilmanvaihto ja savunpoisto
- Palonsammutus ja hätäasemat
- Sähkönjakelu ja varavoimakoneet
- Valaistus
- Tele- ja turvajärjestelmät
- Liikenteen hallintajärjestelmä
- Merkit ja opastimet (liikenne- ja ratatekniikka)
- Ratasähkö
- Radan turvalaitteet

3 Tarkastustyö

3.1 Tarkastustyö yleisesti

Tunnelitarkastustyö poikkeaa perinteisestä sillantarkastustyöstä monella tavalla. Ennen tarkastustyön aloittamista on tietunneliin järjestettävä työnaikainen liikenteen ohjaus ja rautatietunneliin on saatava tarkastustyön ajaksi riittävä liikennekatko. Rautatietunnelin tarkastus tehdään aina ratatyönä.

Tunnelitarkastajalta edellytetään sekä Taitorakenteiden tarkastajakurssin yleisen että tunnelitarkastajaosuuden hyväksytyä suorittamista ja osallistumista järjestettävään jatkokoulutukseen.

Kalliroleikkausten osalta liikennejärjestelyt ovat kevyemmät varsinkin tieleikkausten osalta.

Kalliroleikkausten tarkastajalta tulisi edellyttää geologista ja kalliorakennusteknistä koulutusta sekä kokemusta kallion lujittamisesta. Kalliroleikkausten tarkastustoimintaa ei ole kuitenkaan vielä ohjeistettu eikä tarkastajien pätevyysvaatimuksia ole määritelty.

Tarkastajilla tulee olla voimassa tie- ja rautatieympäristössä vaaditut turvapätevyudet (Tieturva-1, Turva). Lisäksi on otettava huomioon, että rautatietunnelitarkastuksissa tehtävä ratatyö vaatii mukaan ratatyöstä vastaavan (RT-pätevyys).

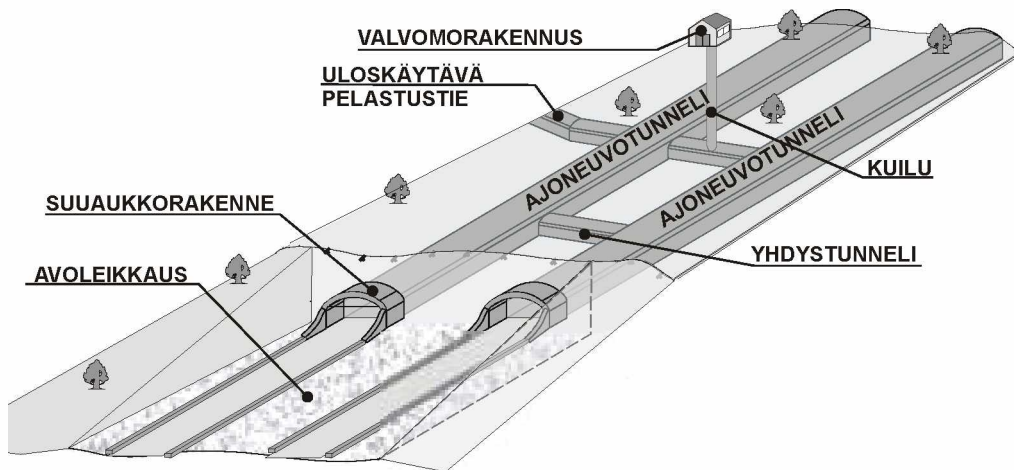
3.2 Tunnelit

Tunneleiden tarkastamisessa tulee keskittyä pääasiassa liikenneturvallisuuteen sekä rakenteiden ja varusteiden vaurioihin. Tunneleiden järjestelmien päivittäinen toimivuus varmistetaan eri keinoin.

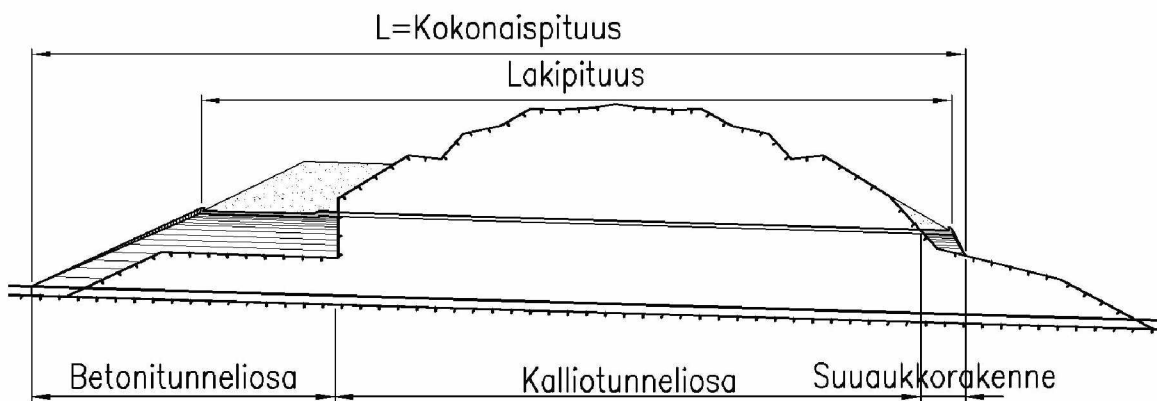
Tunnelitarkastuksessa tarkastetaan myös radan tai tien päällysrakenteen kunto, tunnelin kuivatuksen toiminta sekä tunnelin ja tunneliympäristön siisteys.

Tunnelit koostuvat yleensä useista erilaisista toiminnallisista osista. Päätunnelin osia ovat betonitunneliosa, kalliotunneliosa, terästunneliosa sekä näiden suuaukkorakenteet. Lisäksi tunneliin kuuluu erinäinen määrä tarkastus-, huolto-, yhdys-, pelastus- ja muita tunnelitiloja. Tunnelin ulkopuolella sijaitsevat kalliroleikkaukset, suuaukkorakennetta ympäröivät leikkaukset ja etu-/yläluisikat. Tunnelit sisältävät runsaasti teknisiä järjestelmiä kuten valaistus, ilmanvaihto, liikenteen ohjaus jne.

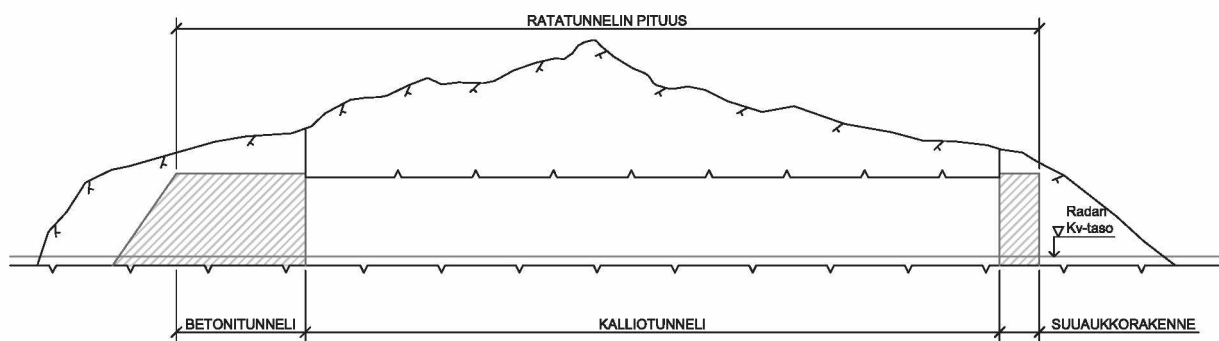
Tunneleiden päärakenneosat on esitetty seuraavissa kuvissa. Tunneleiden suuaukkojen rakenteet ovat lähes poikkeuksetta tunnelikohtaisia, eikä yleispätevää tyyppi-piirustusta voida esittää.



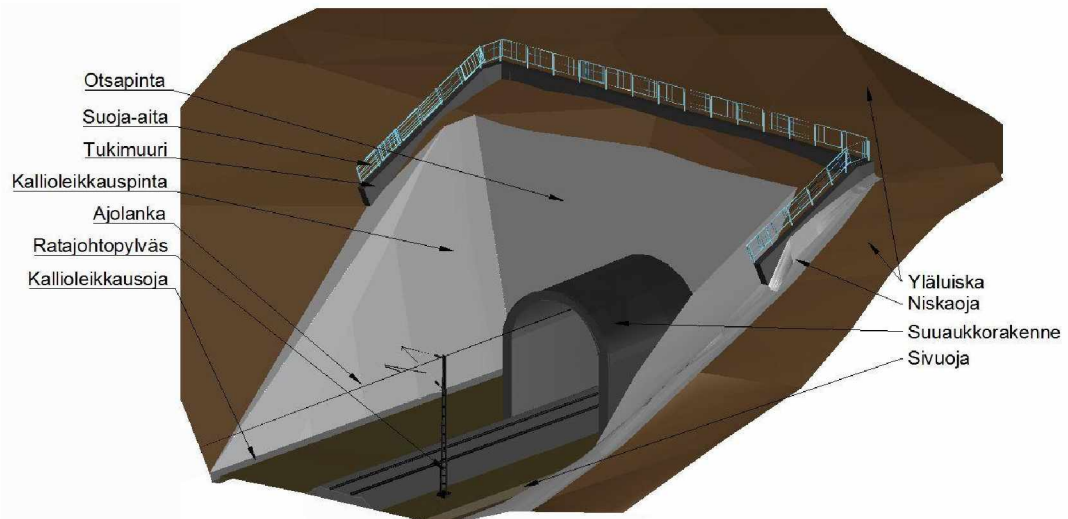
Kuva 4. Tunnelin päärakenneosat.



Kuva 5. Tietunnelin pituusleikkaus



Kuva 6. Rautatietunnelin pituusleikkaus. Rautatietunneli koostuu yhdestä tai useammasta rautatietunnelista sekä siihen liittyvistä tiloista. Rautatietunnelin määritelmät on esitetty julkaisussa RATO 18.



Kuva 7. Esimerkki tunnelin suuaukosta sekä suuaukon rakenteisiin liittyviä määritelmiä.

3.2.1 Tietunnelit

Tietunneleiden tarkastus on tehtävissä kätevästi tunnelin normaalin huoltokatkon aikana. Tällä minimoidaan tarkastuksen liikenteelle aiheuttama haitta. Samalla on mahdollista keskustella kunnossapitäjän kanssa mahdollisista muista tarkastuksessa havaitsemattomissa olevista ongelmista, kuten kuivatuksen puutteista, paannejään kertymisestä yms. huoltohenkilöstön tiedossa olevista ongelmista. Myös tunnelin huollossa havaittuja puutteita voidaan käsitellä huoltohenkilöstön kanssa. Huolto-ongelmien poistamisen ohjelmointi on tällöin mahdollista.

Tunnelitarkastuksissa tarvitaan normaalista sillantarkastusvarustuksesta poiketen muutamia lisävakiovarusteita kuten mittapyörä, voimakas taskulamppu sekä geologin vasara. Lisäksi kameran valoherkkyyden tulee olla riittävä laadukkaiden valokuvien ottamiseen puutteellisesti valaistussa tunnelissa.

Erikoisvarusteita tarvitaan, jos halutaan tutkia verhousten takana sijaitsevaa kallio-pintaa ja verhouksen taustaa. Tunnelin toiminnan kannalta keskeinen kalliopinta lujitusrakenteineen on usein pintaverhouksen tai erillisverhouksen peittämä. Tarkastusluukut ovat yleensä liian harvassa kokonaisvaltaisen tarkastuksen suorittamiseen, koska niistä nähdään vain pieniä alueita kalliopinnan tilasta. Verhousten peittämän kalliopinnan tarkastus perustuukin sen vaurioiden seurannaisvaikutuksiin ja niiden vaikutuksiin verhouksessa ja muissa näkyvissä rakenteissa.

Mikäli verhousrakenteen ja kalliopinnan välinen tila on riittävä, voidaan tarkastuksia tehdä välitilasta tikapuiden avulla. Tarkastusluukkujen kautta voidaan tehdä visuaalisia tarkastuksia teleskooppivarren päässä olevan kameran tai periskoopin avulla. Tarkempaan tarkastusluukkujen kautta tehtäviin tarkastuksiin on mahdollista käyttää myös tarkastusrobotia, jonka avulla ahtaat välitilat saadaan tutkituksi tarkastusluukkujen kautta. Toinen mahdollinen tarkastustapa on käyttää tarkastusluukun kautta ujutettua valokuitua, jolla saadaan kuvatuksi ahtaatkin kalliopinnan osat. Nämä tarkastusmuodot eivät kuitenkaan voi olla yleistarkastukseen tai laajennettuun yleistarkastukseen kuuluva työtä, vaan ne vaativat erillisen erikoistarkastuksen ja näihin tarkastusmuotoihin perehtyneen tarkastusryhmän.

3.2.2 Rautatietunnelit

Rautatietunnelien tarkastus tapahtuu aina liikennekatkon aikana ratatyönä ja se vaatii RT-vastaavan läsnäoloa tarkastusturvallisuuden varmistamiseksi. Radan kunnossapitäjää on mahdollista käyttää ratatyöstä vastaavana mukana tarkastuksissa. Näin tarkastukseen saadaan myös kunnossapitäjän näkemystä samaan tapaan kuin tietunnelien osalta. Rautatieliikenteen aikataulujen vuoksi tarkastusaika ajoittuu yleensä yöaikaan, mikä tuo lisävaatimuksia valaistuslaitteille tunnelin suuaukkojen tarkastuksen osalta. Yleistarkastus tai laajennettu yleistarkastus tehdään niin, ettei tarvita jännitekatkoa. Jännitekatko voi tulla kyseeseen tarkempaa erikoistarkastusta tehtäessä.

Yleisolemukseltaan rautatietunneleilla on tietunneleita pienempi poikkileikkaus ja niiden valaistus on heikompi tai sitä ei ole ollenkaan. Tunnelin tarkastustyössä on otettava huomioon radan sähköistys, joka on oma turvallisuusriskinsä sekä tarkastuksen kannalta että vaurioiden seurannaisvaikutusten kannalta. Sähköradan sähköistys- ja maadoituslaitteiden vauriot tai niitä uhkaavat vauriot vaativat perehtymistä rata-sähkötekniikkaan, mutta tarkastajan havaitsemat selvät vauriot kirjataan Siltarekisteriin.

Tarkastuksessa kirjataan puutteet ja vauriot sekä muut tunnelin turvallisuuteen vaikuttavat havainnot. Näitä havaintoja ovat mm ATUn sisäpuolella olevat liikenneturvallisuutta vaarantavat rakenteet tai esineet sekä esim. tunneliin muodostunut paannejää. Tällä hetkellä useassa rautatietunnelissa on rakenteita, jotka ovat ATUn sisällä. Aukean tilan ulottuma (ATU) on määritelty RATO 2:ssa (Ratatekniset ohjeet, RATO 2 Radan geometria). ATU on pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella ei saa olla kiinteitä rakenteita eikä laitteita. Suoralla raiteella ATUn leveys on 2,5 metriä radan keskilinjasta.

3.3 Kallioleikkaukset

3.3.1 Yleistä

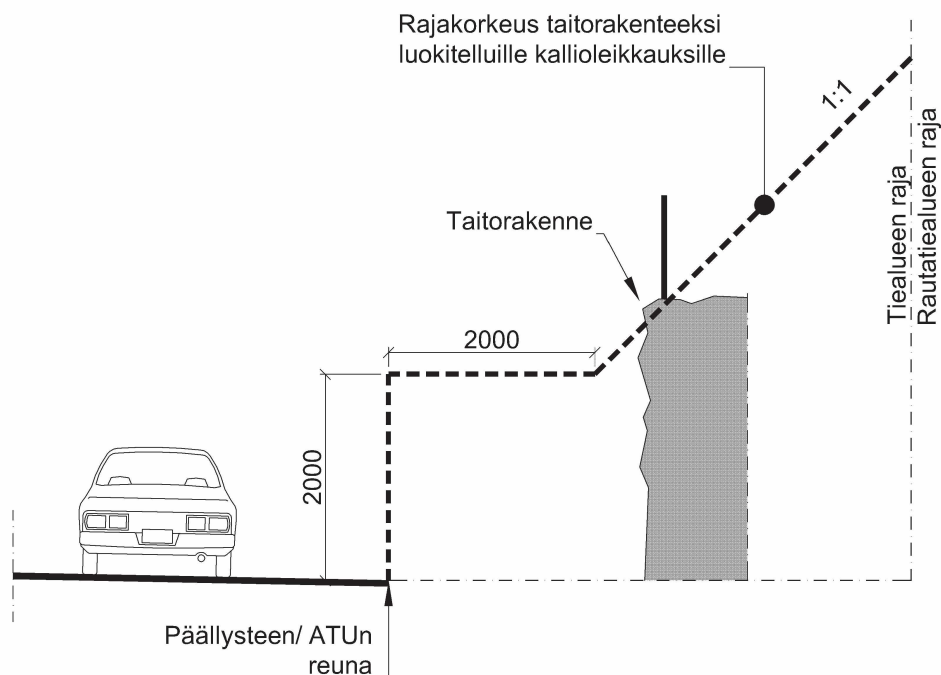
Kallioleikkausten tarkastamisessa tulee keskittyä liikenneturvallisuuden sekä yleisen turvallisuuden ja kallioleikkauksen stabiliteetin varmistamiseen.

Kallioleikkaustarkastuksessa tulee tarkastaa kalliorakenteiden lisäksi myös kallion lujitusrakenteiden ja suojalaitteiden (kaiteet) kunto sekä vaativassa ympäristössä myös siisteys.

Tarkastuksessa selvitettäviä asioita ovat kallion osalta kokonaisstabiliteetti, irtonaiset lohkareet, rapautuneisuus, heikkousvyöhykkeet, vesivuodot ja paannejään muodostuminen sekä kallioleikkauksen seinäpinnassa kasvavat puut, pensaat ja näiden juuret. Mahdollisten lujitus- ja kuivatusrakenteiden olemassaolo ja kunto on myös selvitettävä. Myös kaiteiden toimivuus ja kunto on tarkastettava.

Kallioleikkaus tulee ehdottomasti tarkastaa kauttaaltaan sekä alapuolelta että yläpuolelta.

Taitorakenteiden tarkastusohjeessa, Kuva 8, on määritelty milloin kallioleikkaus luokitellaan taitorakenteeksi. Tämän selvityksen suositus on, että kuvan mukaisille taitorakenteiksi luokiteltaville kallioleikkauksille luotaisiin omaisuudenhallinta rekistereineen ja tarkastuksineen.



Kuva 8. Taitorakenteiden tarkastusohjeen mukainen kallioleikkauksen rajakorkeus tiellä ja rautatiellä. ATUn reunan etäisyys suoralla raiteella on 2,5 m raiteen keskilinjasta.

Kallioleikkauksille esitetään yleispiirteistä tarkastusta, jossa kallioleikkauksen pinta-ala (mahdolliset lujitusrakenteet huomioiden) jaetaan prosenttiosuuksina viisiportaisen vaurioitumisasteen mukaisiin luokkiin. Lisäksi arvioidaan suojalaitteiden kunto. Näiden perusteella voidaan arvioida kallioleikkauksen kuntoluokka muun tieomaisuuden kanssa yhtenevällä tavalla.

3.3.2 Kallion vakavuus

Kallioleikkausten osalta kallioluiskan vakavuus on kriittinen mitoitustekijä. Luiskan vakavuus riippuu:

- Kallion laadusta (kallion rakojen ja rakotäytteiden tiheys ja laatu)
- Kallion rakoilusta (rakojen suunta leikkaukseen nähden)
- Luiskan kaltevuudesta, korkeudesta ja muodosta
- Yksittäisten kallion kappaleiden tai lohcareiden vakavuudesta
- Kivilajista ja rapautuneisuudesta
- Jännitystilasta ja pohjavesiolosuhteista
- Käytetyistä louhintamenetelmistä
- Pinnan tasaisuudesta ja louhitun pinnan rusnauksesta

3.3.3 Tieleikkaukset

Tieleikkaukset ovat pitkiä ja yleensä niissä on riittävät pientareet, joten ne voidaan tarkastaa ilman erityisiä turvajärjestelyjä. Vilkasliikenteisillä väylillä tulee tarkastusten turvallisuuteen kiinnittää huomiota ja tehdä tarvittavat suojaavat toimenpiteet.

Siltarekisteri varmasti soveltuu kallioleikkausten perustietovarastoksi, mutta on koko laajuudessaan niille liian raskas, koska tarvittavien perus- ja kuntotietojen määrä on siltoihin verrattuna hyvin pieni ja tiedot erimuotoiset. Tulevaan Taitorakennekisteriin tarvitaan kallioleikkauksille silloista poikkeavat taulut tietokantaan ja näytöt käyttöliittymään.

Tierekisteri soveltuisi varmasti melko hyvin kallioleikkausten perustietojen hallintaan, mutta kuntotiedot pitäisi varastoida esimerkiksi Kuntotietorekisteriin tai Taitorakennekisteriin.

3.3.4 Rautatieleikkaukset

Suomen valtion omistamalla noin 6000 ratakilometrin rataverkolla kallioleikkauksia on noin 264 kilometriä ja yhteensä noin 1650 kpl. Edellä mainituissa määrissä kallioleikkausten tiedot ovat radan molemmille puolille erikseen. Kallioleikkausrekisterin (VR Track Oy:n hallinnassa) tiedot ovat osittain mm. liikkuvasta kalustosta ja Ratakuvapalvelusta silmämääräisesti arvioituja, joten mitta- ja määrätiedot eivät ole aivan totuudenmukaisia ja yksiselitteisiä. Kallioleikkauksen määritelmänä on käytetty korkeutta 2 metriä. Taitorakenteiden tarkastusohjeen mukainen kallioleikkauksen määritelmä poikkeaa näin ollen kallioleikkausrekisterin mukaisesta määritelmästä.

Leikkauksen yläpuolinen tarkastus voidaan tehdä ilman erityistoimenpiteitä, kunhan pysytään RSU:n (ratatyön suojaulottuma) ulkopuolella, huomioidaan koko tarkastuksen ajan sähköradan suojaetäisyydet eikä aiheuteta vaaraa rataliikenteelle mm. puotavien kivien muodossa.

Pääpiirteissään tarkastus on samanlainen kuin tieleikkauksissa, mutta muutamia erityispiirteitä rautatieleikkauksissa on kuitenkin havaittavissa. Leikkaukset ovat kapeampia kuin tieleikkaukset ja ne ovat vahvemmin lujitettuja. Vesivuodoista aiheutuvat paannejäät ovat ongelma kapeissa rautatieleikkauksissa ja suuret paannejäät voivat aiheuttaa vaaran junaturvallisuudelle. Kapeissa kallioleikkauksissa myös kuivausongelmat ovat yleisiä. Sähköradan sähköistys- ja maadoituslaitteiden vauriot tai niitä uhkaavat vauriot vaativat perehtymistä ratasähkötekniikkaan. Joka tapauksessa tarkastajan havaitsemat selvät vauriot kirjataan Siltarekisteriin.

3.4 Valokuvat

Tunneleista otetaan tarkastuksissa valokuvia Sillantarkastuskäsikirjan ohjeiden mukaisesti. Siltojen kuvausohjeista poiketen on tunneleista kuitenkin järkevää ottaa kuvat myös vaurioluokan 2 vaurioista.

Tunneleista otetaan kuitenkin ohjeista poiketen seuraavat yleiskuvat:

- Kuvat tunnelin molemmista suuaukoista tunnelin ulkopuolelta, tieltä/radalta ja sivulta kuvattuna.
- Riittävästi yleiskuvia tunnelin sisältä erityyppisistä rakennejaksoista tunnelikokonaisuuden hahmottamiseksi.

Pimeässä tunnelissa yleiskuvien ottaminen on haasteellista, mutta suppean alueen vauriokuvat onnistuvat kohtalaisesti vaatimattomillakin laitteilla.

Tunnelin tärkeimmät kuvat ovat yleiskuvat molemmista suuaukoista etu-/yläluiskineen. Lisäksi kuvataan vähintään 2 vaurioluokan vauriot ja muut tarkastustuloksen kannalta olennaiset vauriot ja detaljit Sillantarkastuskäsikirjan ohjeiden mukaan.

Koetarkastuksissa videokuvaaminen koettiin haasteelliseksi huonojen valaistusolosuhteiden vuoksi. Vaikka videokuva antaakin hyvän yleiskäsityksen tarkastuskohteesta, on sen hyödyntäminen yleistarkastuksessa työlästä.

Kallioleikkauksesta tulee ottaa yleiskuvia ja lisäksi vauriokuvia sillantarkastuskäsikirjan ohjeiden mukaan kokonaistilannetta edustavista vaurioista. Sitä onko leikkauksesta tarpeen ottaa videokuva tai tarkempaa yleiskuvaa 10–20 metrin pätkissä tulee jatkossa harkita. Kuvien otto ja nimeämisohjeet tulee laatia myös kallioleikkauksille.

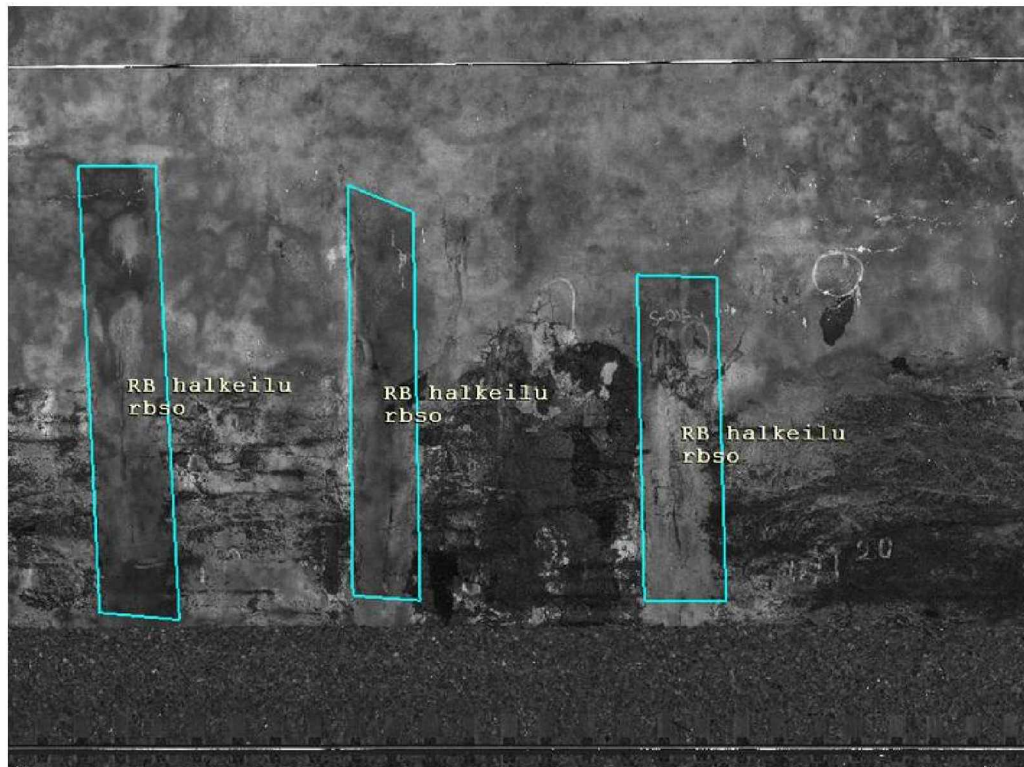
Tiedostojen nimeämisessä voidaan noudattaa sillantarkastuskäsikirjassa esitettyä käytäntöä sovelletuna.

3.5 Laserskannaus

Laserskannaus on rautatietunneleilla käytössä oleva tunneleiden tarkastusmenetelmä, jossa tunneleiden sisäpinoista ja laiteasennuksista saadaan sekä tarkka visuaalinen että lämpökamerakuva. Kuvia käytetään tarkastuksen pohjana.

Havainnot merkitään tunnelissa kosketusnäytöllä varustetulla kannettavalla maastotietokoneella laserskannausohjelmaan juuri siihen paikkaan ja siinä laajuudessa, kuin se tunnelissa havaitaan. Erityyppisistä havainnoista kirjautuvat järjestelmän tietokantaan laajuudet ennakkoon määriteltynä yksikköinä (pinta-ala, pituus tai lukumäärä). Lisäksi havainnolle voidaan antaa lukuarvoina esimerkiksi vaurioluokka ja korjauksen kiireellisyys. Havainnot voidaan tulostaa Excel-taulukkoon ja niitä voidaan muokata halutulla tavalla.

Tällä hetkellä kaikki Suomen rautatietunnelit Voisalmensaaren tunnelia lukuun ottamatta on laserskannattu. Laserskannauksen hinta on suuruusluokkaa 10–15 €/m (vuoden 2014 hintataso), mutta hinta riippuu kerralla tehtävästä laserskannauksen määrästä.



Kuva 9. Kuvakaappaus laserskannausohjelmasta. Kuvassa on pilottitarkastuksella havaittua Vuohijärven tunnelin ruiskubetonihalkeilua ruiskubetonisalaajan kohdalla Km 222+420 ja ohjelmalla tehtyjä havaintomerkintöjä.

4 Tunneleiden pilottitarkastukset

4.1 Tietunnelit

4.1.1 Tarkastetut tietunnelit ongelmineen

Osana työtä tarkastettiin kaksi tietunneliä: Isokylän pohjoinen ajoneuvotunneli ja Fiskarin tietunneli.

Isokylän pohjoinen ajoneuvotunneli sijaitsee Valtatie 1:llä Salossa, on 469 m pitkä, vuonna 2003 valmistunut ja jännemitaltaan 14,25 m tunneli. Se muodostaa yhdessä eteläisen ajoneuvotunnelin kanssa Isokylän tunnelin. Tunneli on kalliotunneliosuudeltaan erillisverhoiltu. Kaikki kalliopinnat on ruiskubetonoitu ja lujitettu.

Tarkastuksen perusteella Isokylän tunnelin keskeisimmät ongelmat liittyvät kuivatuksen. Ongelmia on sekä suuaukkorakenteiden yläpuolisten valumisvesien että ajo-
radan kuivatuksen osalta. Varusteiden ruostuminen oli myös merkittävä ongelma. Pilottitarkastuksen seurauksena onkin ryhdytty laatimaan korjaussuunnitelmaa tunnelin kuivatuksen korjaamiseksi.



Kuva 10. Isokylän pohjoisen ajoneuvotunnelin läntinen suuaukko.

Fiskarin tunneli sijaitsee Maantiellä 104 Raaseporin Fiskarissa, on 145 m pitkä, vuonna 1993 valmistunut yksiputkinen tietunneli. Tunnelissa on siis kaksisuuntainen liikenne. Tunnelissa ei ole erillisverhousrakenteita. Tunneli on kauttaaltaan ruiskubetonoitu ja lujitettu.

Tarkastuksen perusteella myös Fiskarin tunnelin merkittävimmät ongelmat liittyvät kuivatukseen. Tunnelissa on laajalti vesivuotoja seinissä mutta myös katon reuna-alueilla. Vesivuodot ovat aiheuttaneet ruiskubetoniin jo myös rakenteellisia vaurioita ja tunnelin ikääntyminen näkyy Isokylää paremmin jo kaikissa tunnelin rakenteissa. Mm. halkeamia on runsaasti.



Kuva 11. Fiskarin tunnelin suuaukko.

4.1.2 Tietunneleiden tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti

Tarkastusten perusteella arvioitiin tietunneleiden tyypillisimpiä vaurioita sekä niiden vaikutusta liikenne- ja yleiseen turvallisuuteen. Tarkastustulokset syötettiin Silta-rekisteriin, jotta voitiin arvioida rekisterin soveltuvuutta ja mahdollisesti tarvittavia muutoksia tietunneleiden vauriokirjausten näkökulmasta.

Tietunneleissa ongelma varsinkin pitkissä tunneleissa oli vaurioiden sijainnin määrittäminen sekä kirjauksissa vaadittu tarkkuustaso. Sijainnin määrittämistä varten tarkastajalla tulee olla mukana mittapyörä tai muu mittausväline sekä tunnelin piirustukset, joihin tunnelin paalutus on merkitty.

Tunnelin reunaan kannattaisi merkitä rautatietunneleiden tavoin paalutus tai tunnelin pituusmetrit 10 tai 20 metrin välein. Myös vaurioiden sijaintikirjausten vaadittu tarkkuustaso tulee määrittää, sillä 500 metrin tunnelissa saattaa olla halkeama, rapautuma tai vesivuoto -tyyppistä vauriota läpi tunnelin. Vauriot tulee yhdistellä Sillantarastuskäsikirjan ohjeiden mukaisesti. Tietunneleiden valaistus häikäisi toiseen suuntaan tunnelin kattoa tarkastettaessa ja häittäisi tarkastustyötä.

Päätunnelin tyypillisimpiä vaurioita ovat paljaan kallion sekä kalliopinnan ja erinäisten verhousrakenteiden ruiskubetonoinnin vauriot kuten halkeamat, lohkeamat, rapautumat ja vesivuodot sekä verhousrakenteen irtoamat. Näiden syöttäminen Silta-rekisteriin vaatii verhousrakenteiden tarkempaa määrittämistä. Samalla on harkittava, onko verhousrakenteiden taakse jäävän kalliopinnan tarkastus riittävällä tarkkuudella

mahdollista tarkastusluukusta. Tarkastus voidaan joutua suorittamaan käyttämällä indikaattorina verhoursrakenteiden vaurioita.

Tunnelin alaosassa sijaitseva törmäyssuoja (Siltarekisteritermi) on Tietunnelin suunnitteluohjeen terminologian mukaan seinän alaosa.

Ruiskubetonoinnin halkeamat näyttävät sijoittuvan pääosin verhoursrakenteen saumoihin, joten soveltuvaa korjausmenetelmää tulee harkita. Pelkkä koko tunnelin ruiskubetonointi ilman verhouksen reunojen vahvistamista voi olla vain väliaikainen ratkaisu. Tunneleissa on havaittavissa väliaikaista paikallisten halkeamien korjausta ruiskubetonilla tai muulla ruiskutettavalla massalla ja tämä ei ole toiminut ollenkaan. Myös pistemäisten vesivuotojen korjaus tunneleissa on pääosin epäonnistunut. Menetelmänä on ollut vuodon salaajittaminen ja johtaminen ruiskubetonoinnin alla kuivatusjärjestelmään.

Tunnelinsuuaukkojen kaulukset ja niitä ympäröivät leikkaukset sekä etu-/yläluiskat kuivatusjärjestelmiseen ja suoja-aitooneen tulisi lisätä Siltarekisteriin. Suuaukkorakennetta ympäröivät osat olivat jokaisessa tarkastetussa tunnelissa selviä vaaratekijöitä. Suuaukon ulkopuoliset kallioleikkaukset olivat huonossa kunnossa ja niissä oli useita vähintäänkin lisäpulttausta vaativia kohtia. Tässä osasyynä voi olla myös se, että leikkaukset sijaitsevat tunnelin ja kallioleikkausten raja-alueilla, jolloin niiden tarkastus- ja kunnossapitovastuut helposti hämärtyvät.

Etu-/yläluiskan kuivatus ei toiminut tunneleissa, vaan pintavesi valui suuaukoille aiheuttaen selvän paannejääriskin. Pahimmillaan vesi valui Isokylän tunnelissa vuolaana suoraan kallion ja verhoursrakenteen väliin aiheuttaen rakenteiden vaurioitumista sekä tunnelin käyttökatoja paannejään poistamiseksi. Paannejääriskin lisäksi vesivuodot olivat aiheuttaneet rapautumaa ja irtoamia sekä ruiskubetonoinnissa että kalliopinnassa. Kuivatuksen korjaaminen tai rakentaminen ei tunnelin suuaukolla ole aina yksinkertaista. Isokylän tunnelin itäpäässä oli suuaukon yläpuolella vettä pidätävä ja sitä pintavesikouruihin ohjaava muuri, mutta vesi pääsi kulkemaan kalliohalkeamia pitkin suoraan suuaukolle. Tässä kohteessa olisi vaadittu kalliohalkeamien injektointia sekä vedenohjausta myös suuaukon reunoilla.

Suuaukkojen suoja-aidat olivat vaurioituneet molemmissa tunneleissa. Syyt näihin olivat moninaiset mm. väärä aitatyyppi, kaatuneet puut yms. Näistä voidaan päätellä, ettei aitojen tarkastus kuulu vuosihuoltoon tai se jätetään säännön mukaisesti tekemättä aitojen hankalan saavutettavuuden vuoksi. Toinen aitojen suunnitteluun liittyvä ongelma on niiden sijainti. Riista-aita sijoitetaan kymmenien metrien päähän suuaukosta. Fiskarin tunnelin suuaukon yläpuolella oli havaintoja nuorison illanvietosta, ja tällaisiin paikkoihin tulisi sijoittaa lisää aivan suuaukon viereen estämään kivien ja henkilöiden putoamista ajoradalle.

Tunnelin kuivatus ei toiminut Isokylän tunnelissa. Tämän ei pitäisi olla yleistarkastukseen kuuluva asia, vaan normaaliin huoltoon kuuluva ja huollon laadunvalvonnalla hoidettava puute. Tunneleiden huolto ja ylläpito eivät pilottikohteiden perusteella täytä niille asetettuja vaatimuksia. Tämän vuoksi Siltarekisteriin tulisi lisätä huoltoon, hoitoon ja ylläpitoon liittyviä kommentteja tai jopa vauriotyyppejä, joilla asiaan voidaan puuttua.

Yhteenvedona tietunneleiden osalta voidaan todeta, että Siltarekisteri kaipaa useita lisäparametreja mm. rakenneosiin, materiaaleihin, vauriotyyppeihin, vauriosyihin ja korjaustoimenpiteisiin sekä tarkastuskommenttikohtaan. Korjaustoimenpiteitä sekä vaurioiden vaurio- ja kiireellisyysluokkaa varten on luotava uusia vaurioluokitustaulukoita, jotka antavat mahdollisimman yksiselitteisen määritelmän ja ohjeistuksen vauriokirjausta varten. Erityisesti on huomattava, että itse tunnelin kalliorakenne on usein vaikeasti arvioitavissa. Kalliopintaa peittää usein verhous tai erillisverhousrakenne, jolloin kallion ja lujitusrakenteiden kunnon arviointi jää seurannaisvaikutusten arvioinnin varaan.

4.2 Rautatietunnelit

4.2.1 Tarkastetut rautatietunnelit ongelmiseen

Osana työtä tarkastettiin myös kaksi rautatietunnelia: Vuohijärven tunneli ja Högbäckan tunneli. Tarkastustulokset tallennettiin VR Track Oy:n käyttämällä laser-skannausohjelmalla, josta tarkastukset syötettiin Siltarekisteriin. Näin voitiin arvioida Siltarekisterin soveltuvuutta ja siihen tarvittavia muutoksia rautatietunneleiden vauriokirjausten näkökulmasta.

Vuohijärven tunneli sijaitsee (Kmv 222+400 – 222+591) rataosalla Kouvola–Pieksämäki, on 191 m pitkä ja rakennettu vuonna 1974. Tunneli on yksiraiteinen ja sähköistetty kalliotunneli, jossa ei ole suuaukkorakenteita. Tunneli katto on lujitusruiskubetonoitu ja seinäosilla on paljas kalliopinta. Lujituksena on käytetty hajapulttista.

Tarkastuksen perusteella Vuohijärven tunnelin merkittävimmät ongelmat liittyvät tunnelin suuaukkoihin. Tunnelin otsapinnalla oleva ruiskubetoni oli lohkeillut ja osittain pudonnut laattoina radalle ja radan viereen. Pohjoisella suuaukolla oli runsasta vesivuotoa ja tarkastuksella havaittiin jääpuikkoja paluujohdissa.



Kuva 12. Vuohijärven tunnelin eteläinen suuaukko

Högbackan tunneli sijaitsee (Kmv 94+365 – 94+565) rataosalla Karjaa–Turku, on 200 m pitkä ja rakennettu vuonna 1991. Tunneli on yksiraiteinen ja sähköistetty kalliotunneli, jossa ei ole suuaukkorakenteita. Tunnelissa on rakenteena kallionpintaan ruiskutettu lujitusruiskubetoni. Suurimmassa osassa tunnelia lujitusruiskubetonin pintaan on asennettu polyeteenimatoista rakennettu pintaverhousrakente. Verhousrakenteella ei ole palonsuojaukerrosta. Suojaamattoman verhousrakenteen vaurioherkkyyden johdosta tunneliin on asetettu alimmillaan 140 km/h nopeusrajoitus.

Tarkastuksen perusteella Högbackan tunnelin merkittävimmät ongelmat liittyvät verhousrakenteen saumavaurioihin, irronneisiin verhousrakenteen ankkureihin sekä suuaukkoihin. Högbackan tunnelin kaltainen suojaamaton verhousrakente ei kestä junien aiheuttamia painevaihteluita. Junien aiheuttamien painevaihteluiden johdosta verhousrakenteen saumoihin tulee vaurioita ja vesi pääsee vaurioituneista saumoista valumaan tunneliin. Tunnelissa havaittiin useita kymmeniä irronneita verhousrakenteen ankureita. Saumavauriot ja irronneet ankkurit liittyivät osittain toisiinsa. Tunnelin suuaukoilla oli ruiskubetoni lohkeillut ja osittain pudonnut radalle sekä radan viereen. Ruiskubetonin lohkeilun syy oli liian tiheäsilmäinen rauditusverkko, jonka johdosta ruiskubetonin tartunta oli huono. Lisäksi jäätyvät vesivuodot tunnelin suuaukoilla aiheuttivat ruiskubetonin halkeilua.



Kuva 13. Högbäckan tunneli sisältä (Km 94+436)

4.2.2 Rautatietunneleiden tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti

Pääosin rautatietunneleita koskevat samat vauriot ja ongelmat kuin tietunneleitäkin. Rautatietunneleiden huolto ja kunnossapito on kuitenkin ollut selvästi järjestelmällisempää kuin tietunneleissa. Pahimmat ongelmat rautatietunneleissa olivat lievät vesivuodot ja niistä aiheutuvat paannejäät, suojaamattoman verhousmateriaalin irtoilu junien aiheuttamien paineiskujen takia, kallion lohkeamat ja kopot, ruiskubetonoinnin putoaminen ja halkeilu. Vaurioiden inventointi tunnelin sisällä on merkittävästi helpompaa kuin tietunnelissa, sillä ratakilometrit on merkitty tunnelin seinään. Lisäksi VR Track Oy:n käyttämä laserskannausohjelma helpottaa vaurioiden sijainnin tarkkaa määrittämistä, koska vauriot merkitään suoraan tunnelin sisäpinnan valokuvaan kannettavalla tietokoneella. Tarkastustietojen siirto pitää normaalisti tehdä manuaalisesti Siltarekisteriin.

Suuaukon vaurio on tyypillisesti vesivuoto, joka muodostaa paannejäästä ja rapauttaa kalliota sekä ruiskubetonointia. Suuaukon yläpuolinen kuivatus- ja vedenohjausjärjestelmä on puutteellinen tai se ei toimi kuten pitäisi. Vuohijärven tunnelin toisella suuaukolla vesivuoto aiheutti jään muodostusta paluuvirta- ja M-johtimiin, ajolangalle sekä pölkyille ja kiskoille. Lisäksi ruiskubetoni oli pahoin lohkeillut ja pudonnut osittain alas. Högbäckan tunnelin suuaukoilla ruiskubetonin lohkeilua ja irtoamista

on vesivuodon ja jään lisäksi aiheuttanut ruiskubetonin huono tartunta polyeteeni-levyyen. Huono ruiskubetonin tartunta johtuu liian tiheäsilmäisestä ruiskubetoniverkosta. Högbackan tunnelissa oli lisäksi irronneita verhouksrakenteen kiinnityksiä. Tämä aiheuttaa tulipalovaaran, mikäli polyeteenilevyt roikkuvat lähellä ajolankoja. Myös rautatietunneleissa on selvästi vaikeuksia tunnelin ja avoleikkauksen rajapinnan hallinnassa. Tarkastetuissa tunneleissa erityistä huolta aiheuttivat tunneleiden otsapinoilla olleet huonokuntoiset, osin lohkeilleet ja ajoradalle pudonneet, ruiskubetonipinnat. Pilottikohteista ainoastaan Vuohijärven rautatietunnelin kalliopinta oli paljaana ja tarkastettavissa ilman erityisvarusteita.

Tunneleiden suuaukkoalueiden ongelmia voitaisiin pienentää merkittävästi rakentamalla suuaukkorakenteet teräksestä tai teräsbetonista.

Tunnelin etu-/yläluisikan vedenohjaus sekä suoja-aitojen kunnossapito on myös rautatietunneleissa haasteellista. On huomattava, että molemmat radat olivat sähköistettyjä, joten suoja-aitoihin panostamisen tulisi olla itsestäänselvyys. Radan päällysrakenteessa ei tarkastetuissa tunneleissa havaittu muita vaurioita.

Rautatietunneleiden tarkastuksessa havainnot kirjattiin sekä laserskannausohjelmaan, että Sillantarkastuskäsikirjan tarkastuslomakkeeseen. Tällä hetkellä tarkastustiedot pitää viedä manuaalisesti Siltarekisteriin. Ideaalitapauksessa tunnelissa tietokoneelle merkityt tarkastustiedot siirtyvät suoraan rekisteriin. Laserskannausohjelman käyttö osoittautui tunnelitarkastuksen havaintojen merkitsemisessä hyväksi ratkaisuksi, kun halutaan merkitä kaikki havainnot. Ensimmäisessä tarkastuksessa varsinkin pitkissä tunneleissa tarkastus vie paljon aikaa. Seuraavissa tarkastuksissa voidaan pohjana käyttää edellisen tarkastuksen merkintöjä, jolloin tarkastus on nopeampaa. Ohjelman laajempi käyttöönotto vaatii muutoksia ohjelman havaintoparametreihin, jotta ne vastaavat Sillantarkastuskäsikirjassa esitettyjä.

Yhteenvedona voidaan rautatietunneleiden poikkeavina ominaisuuksina pitää rata-sähköistystä ja muuta ratatekniikkaa, tarkastustyön suorittamista liikennekatkoissa sekä junien aiheuttamien kovien paine-erojen aiheuttamia vaurioita verhouksessa. Vanhemmissa rautatietunneleissa tunnelin poikkileikkaus on selvästi nykyisiä määräyksiä pienempi ja useassa rautatietunnelissa rakenteet ovat ATUn sisällä. Vanhojen tunneleiden tekniset järjestelmät ja rakenteet ovat puutteellisia eivätkä vastaa nykyisiä vaatimuksia.

5 Kallioleikkausten pilottitarkastukset

5.1 Kallioleikkausten tarkastukset

Osana työtä tarkastettiin kaksi kallioleikkausta: Seututie 186:n avoleikkaus Raaseporin Mustiossa ja edellä kuvattuun Vuohijärven rautatietunneliin liittyvät kallioleikkaukset. Tarkastusten perusteella arvioitiin kallioleikkausten tyypillisimpiä ongelmia ja vaurioita sekä niiden vaikutusta liikenne- ja muuhun turvallisuuteen.

Seututie 186:n kallioleikkauksen keskeisenä ongelmana ovat kallion rikkonaisuudesta aiheutuvat rapautumis-, ja stabiliteetti-ongelmat. Pudonneita lohkarkeitä löytyy luiskista ja alueurakoitsijalta saatujen tietojen mukaan lohkarkeitä on tullut ajoradallekin asti. Kallioleikkauksessa on myös runsaasti vesivuotoja, ja paannejäästä muodostuu talvisin runsaasti. Koska leikkaus on kapea ja seinät korkeat, voi suuri paannejää pudotessaan tulla ajoradalle saakka.

Vuohijärven tunnelin kallioleikkauksen ongelmia ovat vesivuodot ja huonokuntoiset ruiskubetonoidut kallionlujitusrakenteet. Kallioleikkaus on myös erittäin kapea ja seinät korkeat. Ruiskubetoniset kallionlujitusrakenteet ovat erittäin huonossa kunnossa ja merkittävin osin irti kallioista. Ne muodostavat monin paikoin suuren riskin voidessaan pudota alapuoliselle radalle. Paannejää on myös ongelma kapeassa kallioleikkauksessa ja voi pudotessaan tulla radalle saakka.

Pilottikohteiden perusteella huonokuntoiset suoja- ja riista-aidat voidaan tarkastaa vain tutkimalla ne kauttaaltaan, sillä ne ovat usein tiheän kasvuston peittämiä ja vakavasti vaurioituneita. Myös kallioleikkauksen yläosassa olevien irtonaisten, jo liikkuneiden lohkarkeiden havaitseminen edellyttää yläpuolista tarkastusta.

Kallioleikkauksen tarkastaminen ja kuntoluokituksen tekeminen on kokeneen kallioasiantuntijan tai geologin työtä. Kallioleikkausten kuntoluokitus perustuu kallion stabiliteetin, rapautumisen, lujitusten ja suojalaitteiden arviointiin sekä Taitorakenteiden tarkastusohjeen mukaiseen kuntoluokitukseen. Kallioleikkausten kuntoluokitus on esitetty kohdassa 8.2.

Tarkastuksia ei syötetty Siltarekisteriin, koska siihen ei ole valmiuksia. Siltarekisterin soveltuvuutta ja mahdollisesti tarvittavia muutoksia avoleikkausten vauriokirjausten näkökulmasta arvioitiin tarkastusten ja nykyisen käsikirjan perusteella.

5.2 Tieleikkausten tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti

Pilottitarkastuksessa kokeiltiin yksittäisten vaurioiden kirjaamista kallioleikkauksen rakenteista. Tieleikkauksien tarkistamisessa oli samoja perusongelmia kuin tunneleissa. Kun kirjattiin yksittäisiä vaurioita, oli niiden sijainnin ja laajuuden tarkka määrittäminen vaikeaa pitkässä leikkauksessa. Vaurioiden kirjaaminen oli myös erittäin työlästä. Siksi päädyttiinkin esittämään tässä selvityksessä yksittäisten vaurioiden kirjaamista yleisempää kunnon tarkastusmenetelmää.



Kuva 13. Seututie 186:n tieleikkaus Mustiossa

Tieleikkausten tyypillisiä vaurioita ovat vesivuodot, joista muodostuu paannejäättä ja jotka rapaattavat kalliota aiheuttaen irtokivien putoamisvaaran. Muita vaurioita ovat irtokivien ja kalliolohkareiden irtoaminen, rapautunut kallio, rusnauksen puute, kalliokurrit ja niiden puute, ruiskubetonoinnin vauriot, injektointi ja sen puute sekä vaaka- ja pystyrakoilu ja laajemmat siirtymät. Tieleikkausten tarkastuksessa on tärkeää tarkastaa leikkaus myös sen yläpuolelta. Tämä mahdollistaa irtolohkareiden putoamisvaaran arvioinnin, yläpuolisen kuivatuksen parantamismahdollisuuksien selvittämisen ja suoja-aidan kunnon varmistamisen.

Tieleikkausten paikantamisessa ja tieosoitteen määrittämisessä voi käyttää esimerkiksi mobiilisovellus Mtiepistettä.

5.3 Rautatieleikkausten tarkastamisesta ja vaurioista yleisesti

Pääsääntöisesti rautatieleikkauksissa louhintajälki on parempaa, mutta leikkaukset ovat kapeampia kuin tiekalliroleikkauksissa. Kalliroleikkauksen pysyvyyden ja liikenneturvallisuuden kannalta radalle pudonnut kivi tai kalliomassa aiheuttaa suuremman riskin kuin vastaava tielle pudonnut kivi junien pitkästä jarrutusmatkasta ja suuremmasta matkustajamäärästä johtuen. Rautatieleikkausten haasteet tulevat lähinnä työ- ja rataturvallisuuden puolelta. Kallion ja ruiskubetonin vauriot ovat samansuuntaiset kuin tiekalliroleikkauksissa. Myös leikkausten yläpuoliset osat vastaavat tiekalliroleikkauksia.



Kuva 14. Rataleikkaus Kouvola-Pieksämäki radalla, Vuohijärven tunnelin pohjoisella suuaukolla

Pilottikohteiden perusteella rautatieleikkauksissa silmiin pistävää on lujitusrakenteiden kuten ruiskubetoniverhouksien runsas käyttö sekä niiden toimimattomuus ja huono kunto. Runsas ruiskubetonin käyttö selittyy sillä, että kyseessä oli rautatietunneliin liittyvä kalliioleikkaus, jolloin tunnelin rakennusaikaan paikalla on ollut ruiskubetonikalustoa. Suurimmassa osassa Suomen rautatieleikkauksista on kuitenkin onneksi selvitty ilman ympäristörasituksille voimakkaasti altistuvaa ruiskubetonia. Verhousrakenteet peittävät kalliopinnan ja vaikeuttavat sen kuntoarviota ja samalla huonokuntoisina aiheuttavat itse merkittävän vaaran raideliikenteelle. Havaintojen paikantaminen onnistuu rautatiekalliioleikkauksissa melko hyvin kiskon kylkeen tai ratajohtopylväisiin merkityistä km-luvuista.

6 Siltarekisteri

6.1 Soveltuvuus tunneleille ja kallioleikkauksille

Siltarekisterin soveltuvuus tunneleiden yleistarkastuksiin ja laajennettuihin yleistarkastuksiin on hyvä, mutta kallioleikkauksille nykyisellään rajallinen.

Yleistarkastustoiminnan lisäksi on tunnelin teknisten järjestelmien päivittäinen toimivuus varmistettava eri keinoin. Tässä liikennekeskusten rooli on keskeinen.

Vaurioiden sijainnin määrittäminen on sekä tunneli-, että kallioleikkauksissa hankalaa tarkastuskohteen laajuuden vuoksi. Ratapuolella asiaa helpottaa se, että tunneliin ja kiskoihin on merkitty ratakilometrit riittävän tiheällä jaolla ja tarkkuudella. Lisäksi jokainen rautatietunneli on laserskannattu. Laserskannauksesta saadaan tasokuva tunnelin sisäpinnasta, jota voidaan hyödyntää tarkastustyössä ja tarkastustyö voidaan tehdä tunnelissa suoraan tietokoneella ko. tasokuvaan laserskannausohjelmien avulla. Valitettavasti tiedot on kuitenkin syötettävä manuaalisesti Siltarekisteriin. Vastaavan järjestelmän käyttö tiepuolella voisi olla järkevää varsinkin, kun laserskannattavien tunneleiden lukumäärä tiepuolella on varsin rajallinen.

Siltarekisterissä vauriosijainti tunneleissa merkitään pituussuunnassa metreinä etäisyytenä tunnelin alkupäästä (esim. 20 tai 20–100) ja poikittaissuunnassa v, o, v/o, tyhjä (keskellä), ot (oikealle haarautuvassa tunnelissa) tai vt (vasemmalle haarautuvassa tunnelissa). Vaikka tunneli on kolmiulotteinen tila (jolla on esimerkiksi katto ja lattia) saadaan sijainti kuvatuksi yksiselitteisesti vaurion rakenneosatiedon avulla (Ajoneuvotunnelin katto / Päällyste).

Pitkissä tunneleissa sijainnin määrittäminen on ongelmallista, sillä pelkästään visuaalisin keinoin ei 0,5 km tunnelissa pystytä määrittämään sijaintia riittävän tarkasti. Mittalaitteen tai piirustuksen apuna käyttäminen on hankalaa, eikä niistä pitkässä homogeenisessä tunnelissa ole paljонkaan apua, sen sijaan mittapyörä on tässä hyvä apuväline.

Toimiva ratkaisu olisi myös merkitä tietunneleihin tunnelin päästä alkava pituusnumerointi tai paaluluku 10 m tai 20 m välein. Rautatietunneleiden laserskannauksen avulla havainnot saadaan merkityksi oikeaan paikkaan ja oikeassa laajuudessa ja sijaintitieto tulee automaattisesti, kunhan se on ennen laserskannausta määritetty halutulla tavalla.

Rautatietunneleissa ja rataleikkauksissa pitää havainnon sijainti ilmoittaa sidottuna ratakilometreihin. Maastossa sijainnit määritetään ratakilometreihin perustuen ja samaten korjaussuunnitelmat laaditaan ratakilometriin mukaan. On sovittava, miten Siltarekisterin pituusmittamerkintätapa sovitetaan ratojen osoitejärjestelmään (Ratosa+km+m).

6.2 Siltarekisterin tunnelitoimintojen kehittäminen

Seuraavassa on esitetty tämän työn yhteydessä tunnistettuja Siltarekisterin kehitysehdotuksia, joista osa liittyy rekisterin toiminnallisuuteen tai näyttöihin ja osa parametrien lisäämiseen.

6.2.1 Yleistiedot

Siltarekisteriin voi tunnelille syöttää vain yhden sijaintikunnan. Sijaintikunnaksi valitaan tienumeroinnin tai ratakilometrin mukainen ensimmäisen suuaukon sijaintikunta. Lisäksi tulee olla mahdollista kirjata kunnat, joiden alueella tunneli kulkee ja joiden alueella sijaitsee tunnelin liityntärakennuksia. Ongelma poistuu Taitorakennerekisterin myötä.

Tunnelin kunnossapitäjäksi ei (tarkoituksella) saa valittua Liikennevirastoa vaan käytössä ovat edelleen termit "Tiehallinto" ja "Ratahallintokeskus".

Tunneleiden tie- ja rataosoitteessa tulisi ilmaista tunnelin alkupiste ja loppupiste, vaikka perustietosivulla olisikin annettu alku- ja loppukoordinaatit.

6.2.2 Vauriokartta

Tunneleista voisi luoda yksinkertaistetun yleispiirustus pohjan, vauriokartan, joka mahdollistaa sijainnin määrittämisen ja vauriomerkinnot. Vauriokartassa voi olla myös levityskuva sidottuna mittalinjaan, jolloin seinien ja katon vauriomerkinnot on helppompaa lisätä kuvaan. Käytännössä kyseessä olisi rautatietunneleiden laserskannauskuvaa vastaava manuaaliversio. Tarkastuksen yhteydessä tallennetaan vauriokartasta uusi revisio, jolloin uudet vauriot ja vauriokartan muutokset ovat helposti havaittavissa. Päivitetty piirustus liitettäisiin Siltarekisterin piirustus- tai kuva-arkistoon kuvien koodausta soveltaen. Kuvassa esitettäisiin päävauriot ja erityistä seurantaa vaativat puutteet ja vauriot.

Vaihtoehto voisi olla laserskannauksen käyttöönotto myös tietunneleissa. Tällöin havainnot voidaan merkitä suoraan korkearesoluutioiseen aukilevitettyyn valokuvaan tunnelin sisäpinnasta.

6.2.3 Tarkastustiedot

Tarkastajan kuntoarvio valikosta tulisi lukita/poistaa ylimääräiset kohdat. Tunnelitarkastuksessa ei tarvita päärakennneosien reunapalkki, muu pintarakenne ja liikuntasaumalaitteet sillantarkastajan kuntoarvioita. Rakenneosaryhmiin, joita ei tunnelilla ole, ei tule myöskään sijoittaa tunneleiden vaurioita.

Kallioleikkausten kuntotietojen syöttäminen vaatisi myös ohjeistusta ja näyttöjen päivittämistä Silta- tai Taitorakennerekisterissä. Kallioleikkauksille tulee pystyä syöttämään kuntotila matriisimaisesti vaurioluokkaprosentteina ja lisäksi erikseen kuntoarvio suojarusteille. Myös kallion lujitusrakenteiden olemassaolo ja tyypit tulee voida ilmaista.

Tunneleille ja kalliioleikkauksille sopiva tarkastusväli tulee määritellä. RATO 18 mukaisesti rautatietunneleille tehdään vuositarkastus ja päätarkastus (uudemman terminologian mukaan yleistarkastus) tunnelikohtaisesti määritellyin aikavälein kuitenkin enintään seitsemän vuoden välein. Tunneleiden yleistarkastus tehdään laajennettuna ja toisaalta nopeasti etenevät vauriot havaitaan vuosi- ja huoltotarkastusten avulla. Tämän perusteella järkevä tarkastusväli voisi olla tunnelista ja tunnelin jatkuvien huoltotoimien määrästä ja kunnosta riippuen 3–10 vuotta. Taitorakenteiden tarkastusohje määrittelee tunneleiden yleistarkastusväliksi tietunneleille ja vilkasliikenteisillä rataosilla sijaitseville rautatietunneleille 5 vuotta ja muilla rataosilla sijaitseville tunneleille 7 vuotta.

Kalliioleikkausten tarkastusväli voi vaihdella huomattavasti. Oleellista olisi tunnistaa ongelmalliset leikkaukset ja saada ne tehostettuun seurantaan ja ohjelmoida niille tarvittavat korjaustoimenpiteet. Taitorakenteiden tarkastusohjeessa on esitetty kalliioleikkausten tarkastusväliksi 5–10 vuotta.

Vauriokirjaukset kaipaavat useita lisäparametreja. Vaurioihin liittyviä uusia parametreja tulee lisätä kohdan 6.2.4 ”Lisäparametrit” mukaisesti. Erityisesti tulee kiinnittää huomioita tunneleihin liittyviin toimenpide-ehdotuksiin ja niiden yksikkökustannuksien määrittämiseen.

Tunnelitarkastukseen soveltuvia tarkastusvälineparametreja tulee lisätä kohdan 6.2.4 ”Lisäparametrit” mukaisesti.

6.2.4 Lisäparametrit

Seuraavissa luetteloissa on esitetty Siltarekisteriin ehdotetut lisäparametrit.

Tarkastusvälineiden lisäparametrit:

Mittapyörä
Geologin vasara
Tehokas tunnelivalaisin
Valoherkkä kamera
Henkilönostin
Tarkastusrobotti
Kameran teleskooppivarsi

Rakenneosien lisäparametrit

Rakenneosaparametrit ovat tarkastustyön kannalta olennaisia ja niiden vaikutus vauriopistesummaan on merkittävä.

(100) Alusrakenne:

Tulee pohtia, olisiko tunnelin suuaukkorakenteet ja ehdotettu suuaukkorakenteen kaulus siirrettävä (100) Alusrakenteesta kohtaan (300) Muu päällysrakenne, koska näiden seurannaisvaikutukset vastaavat ko. ryhmän muiden rakenneosien vaikutuksia.

Maavarainen laatta
 Routaeriste
 Tärinäeriste
 Runkoäänimelueriste

(300) Muu päällysrakenne:

Rakenneosaan (300) Muu päällysrakenne tarvitaan useita lisäparametreja:

Betonitunnelin katto
 Betonitunnelin seinä
 Terästunnelin katto
 Terästunnelin seinä
 Kalliopultti
 Verhouksen kiinnike
 Suuaukkorakenteen kaulus
 Lujitusverkko
 Ruiskubetonisaloja
 Palosuojaus
 Verhouksen sauma
 Elementtisauma
 Ruiskubetonisauma

(600) Kaiteet:

Rakennusosaryhmässä (600) Kaiteet oleva (609) Törmäyssuoja tulee korvata tai luoda erillinen sitä kuvaava lisäparametri *Seinän alaosa*. Törmäyssuoja-nimen käyttö edellyttää CE hyväksynnän saamista, jota ko. rakenneosalle ei ole hankittu. Seinän alaosalta ei vastaavia vaatimuksia ole asetettu. Uudet/korvattavat parametrit ovat:

Seinän alaosa (ent. törmäyssuoja)

(800) Muut varusteet ja laitteet:

Rakennusosaryhmässä (800) Muut varusteet ja laitteet nykyiset Siltarekisterin parametrit ovat kattavat. Tunnelit sisältävät runsaasti pienempiä ja vähemmän merkityksellisiä tai harvinaisia varusteita, joten on tarkoituksenmukaista lisätä lisäparametri *Muu tunnelivaruste*. Myös erityisesti rautatietunneleihin liittyviä varusteita on tarkoituksenmukaista lisätä lisäparametrilistaan. Rautatietunneleiden km-merkinnät ja vastaavat mittamerkinnot tietunnelissa so. *Mittamerkki* sekä *Kyltit ja merkit* lisätään parametrilistaan.

Vastaavasti kuin tunnelivarusteisiin, myös ratatekniikkaan liittyvien varusteiden vauriot on voitava merkitä tarkastuksen yhteydessä. Tätä varten listassa on ehdotettu lisättäväksi parametri *Muu ratatekninen laite tai varuste*. Lisäparametri tarkoittaa mm. sähköratateknisiä, turvalaiteteknisiä tai muita vastaavia rakenteita tunnelissa.

Muu tunnelivaruste
 Mittamerkki
 Kyltit ja merkit
 Muu ratatekninen laite tai varuste

(900) Siltapaikan rakenteet:

Rakennusosaryhmästä (900) Siltapaikan rakenteet puuttuvat tunnelin suuaukon yläpuolinen ja ympäröivä luiska ja sen rakenteet sekä kuivatusjärjestelmä. Näiden rakenteiden vaikutus liikenneturvallisuuteen on käytännössä suurempi kuin tunnelin rakenteiden. Tunnelin yläluiskan riista-aita oli jokaisessa pilottikohteessa rikki, eikä yläluiskan kuivatusjärjestelmä toiminut moitteettomasti yhdessäkään tarkastetussa rata- tai tietunnelissa eikä kallioleikkauksessa.

Yläluiska
Yläluiskan riista-aita
Yläluiskan muuri
Yläluiskan kuivatusjärjestelmä
Pudotuskaivo
Suoja-aita

Materiaalien lisäparametrit:

Materiaaleihin tulee lisätä kalliota kuvaava tai kuvaavia parametreja sekä ruiskubetonointi tulee erottaa betonista omalla parametrillaan.

Kallio
Ruiskubetoni

Vauriotyyppien (ja -syiden) lisäparametrit:

Vauriotyypeistä puuttuu *Paannejään muodostuminen*, joka tulee erottaa omaksi vauriotyyppikseen, vaikka se ei olekaan rakenteellinen vaurio vaan seuraus rakenteen ja kuivatuksen puutteista. Paannejää voidaan lisätä myös vaurion syyksi sarjaan (200) kuormitus tai sarjaan (300) kulumisen.

Paannejään muodostuminen

Korjaustoimenpiteiden lisäparametrit ja alustavat kustannukset:

Korjaustoimenpiteiden lisäparametreja tarvitaan kalliopinnan ja tunnelin verhouksen korjaustöiden määrittämiseen. Lisäksi tulee harkita tie- ja rautatietunneleiden tyypillisten korjaustoimenpiteiden lisäämistä taulukkoon. Muilta osin voidaan soveltaa jo olemassa olevia Siltarekisterin parametreja. Myös parametri tunnelin peruskorjausta varten tulisi lisätä. Kustannukset on esitetty ilman arvonlisäveroa.

Korjaustoimenpide	Yksikkö	€, min	€, max
Ankkuripultitus	kpl	100	150
Tiivistysinjektointi	m ²	100	300
Lisälouhinta	m ³	50	150
Pikatulppaus	kpl	20	100
Eristysrakenteen korjaus	m ²	100	200
Eristysrakenteen uusiminen	m ²	100	200
Ruiskubetonisalojan korjaus	m	25	70
Kalliopinnan/verhouksen ruiskubetonointi	m ²	100	500
Kuivatuslaitteiden rakentaminen	m ²	100	500
Tunnelin peruskorjaaminen	kpl		

Tarkastuskommenttien lisäparametrit

Pilottikohteiden perusteella tunneleiden huolto- ja ylläpidossa sekä niiden valvonnassa on kehitettävää. Tätä kehitystyötä tukemaan on tarpeellista lisätä tarkastuskommentteihin muutamia selkeästi tunneleihin liittyviä lisäparametreja. Vaikka laajennettu yleistarkastus ei voi toimia hoidon ja ylläpidon valvontamenetelmänä, on kuitenkin hyvä suorittaa kirjattua pitkäaikaisvalvontaa muutamista keskeisistä hoitoon ja ylläpitoon liittyvistä töistä näiden ongelmien selvittämiseksi ja huoltotöiden kehittämiseksi.

Tarkastuskommenttien lisäparametrit (hoito):

Riista-aita vaatii kunnostusta
Tunnelin pintavesikaivot on puhdistettava ja avattava
Paannejää on poistettava
Irtolohkareet on poistettava tunnelista ja sen suuaukolta
Rata-Km ja tunnelin mittamerkit kaipaavat kunnostamista

Tarkastuskommenttien lisäparametrit (ylläpito):

Riista-aita puuttuu
Tunnelin kuivatus ei toimi
Yläluiskan vedenohjaus ei toimi
Yläluiskasta puuttuu suoja-aita

6.3 Kallioleikkausten inventointi

6.3.1 Yleistä

Kallioleikkaukset tulee inventoida erillisinä tien tai radan kummaltakin puolelta. Kallioleikkauksesta tarvitaan vähintään seuraavat perustiedot:

Kallioleikkaus-id
Kallioleikkausryhmä_id (eri puolilla väylää olevat leikkaukset liitetään toisiinsa)
Sijainti (tieosoite / rataosa + km)
Kallioleikkauksen pituus (km- tai tieosoiteväli)
Kallioleikkauksen maksimikorkeus ja keskikorkeus
Kaltevuuskulma
Muoto (suora, porrastettu...)
Vaakasuora etäisyys ajoradan tai raiteen keskilinjasta ja päällysteen reunasta
Levitykset, rakenteet ja varusteet

Kallioleikkauksesta tarvitaan lisäksi hallinnolliset tiedot sijaintiosoitteen perusteella, mm. sijaintikunta ja kunnossapitoalue.

Tarkastuksesta pitää pystyä tallentamaan tiedot tarkastajasta, tarkastusorganisaatiosta, tarkastustyypistä ja tarkastuspäivämäärästä.

Tarkastuksen yhteydessä otettavien valokuvien tallennus ja katselumahdollisuus tulee järjestää ja kuvat on pystyttävä liittämään tarkastukseen.

Kallioleikkauksen kunto on pystyttävä tallentamaan kohdan 8.1.2 mukaisesti. Myös kuntotilan historiatiedon (edelliset tarkastukset) tulee olla tallessa.

Tarkastuskohtainen ehdotus korjaustoimenpiteiksi (seuranta, vauriokorjaus, peruskorjaus) ja seuraavan tarkastuksen tyyppi (yleis- tai erikoistarkastus) ja ajankohta on pystyttävä tallentamaan.

Erilaisille kommentteille voi olla tarvetta. Niitä voisi tulla syötteinä kunnossapidosta, esimerkiksi paannejään muodostumisesta tai kivien vierimisestä tielle tai radalle.

6.3.2 Kallioleikkauksen lujitusrakenteet

Pääsääntöisesti kallioleikkauksissa ei käytetä erillisiä lujitusrakenteita. Rautatieleikkaukset ovat kapeampia kuin tieleikkaukset. Niissä on kuitenkin käytetty enemmän lujitusrakenteita. Kallioleikkauksien lujitusrakenteita ovat mm:

- Pultitus (systeemi- tai hajapultitus)
- Verkotus
- Ruiskubetonointi
- Injektointi
- Valubetoniset tukirakenteet ja tukimuurit
- Kivikorit
- Kivimuurit

6.3.3 Kuivatusrakenteet

Kallioleikkauksen kuivatusrakenteita ovat mm:

- Reunapalkit (lujitus, vedenohjaus)
- Aidat
- Niskaojat ja vesikourut
- Pudotuskaivot
- Paineenpoistoputket
- Leikkauksen alareunan ojat, salaojat, kaivot ja viemärit

6.3.4 Varusteet ja muut rakenteet

Kallioleikkausten varusteita ja muita rakenteita ovat mm.:

- Suoja-aidat
- Riista-aidat
- Putoavien lohcareiden ohjaus- ja pysäytysrakenteet
- Liikennemerkkit ja varoituskyltit

6.4 Vauriopistesumma

Vauriopistesumman laskentaperiaatteen toiminta tunneleiden tapauksessa tulee tarkistaa, kun saadaan tunneleiden tarkastustuloksia Siltarekisteriin. On harkittava ainakin päärakenneosien painokertoimet, rakenneosien sijoittaminen eri päärakenneosille, tunnelin pituuskerroin sekä vaurio- ja kiireellisyysluokitukset. Kallioleikkauksille ei esitetä kehitettäväksi vauriopistesummaa.

7 Vaurioluokitustaulukot

7.1 Yleistä



Tiehallinnon selvityksessä 10/2005 on annettu taulukot tunnelin ruiskubetonoinnille, tunnelin vesivuodoille sekä tunnelin kalliopinnalle, jota voidaan käyttää myös kallioleikkauksia tarkastettaessa.

Tässä työssä kehitettiin edelleen edellä mainittuja vaurioluokitustaulukoita sekä laadittiin kolme kokonaan uutta vaurioluokitustaulukkoa lujitusrakenteille, verhousrakenteille sekä tunneleiden varusteille ja laitteille.

7.2 Ruiskubetoni

Taulukko 3 kattaa sekä lujitus- että verhousrakenteen palosuoja-ruiskubetonin. Esi-merkiksi ruiskubetonisalaajan jäätyminen voi aiheuttaa lujitusruiskubetonin vaurioitumisen.

Taulukko 3. Ehdotus ruiskubetonin vaurioluokitustaulukoksi 1_T.

Vaurio- luokka	RAKENNETYYPPI	Ruiskubetonipinta	
	VAURIO		
1	<ul style="list-style-type: none"> • Ruiskubetonipinnassa on verkkohalkeilua. • Ruiskubetonipinnassa on yksittäisiä kutistumishalkeamia. • Ruiskubetonipinnassa on yksittäisiä halkeamia verhousen saumakohdissa. 		A
2	<ul style="list-style-type: none"> • Ruiskubetonissa on halkeamia, joista voi aiheutua pienten ruiskubetonikappaleiden irtoamisia. • Ruiskubetonipinta on suoran vesirasituksen alaisena. • Ruiskubetonipinta on rapautunut. 		B




3	<ul style="list-style-type: none"> • Ruiskubetonipinta on halkeillut niin pahoin, että siitä putoilee kappaleita tai levyjä, jotka eivät kuitenkaan voi tippua ajoradalle tai raiteille. • Ruiskubetoniverkko on väärän tyyppinen. • Ruiskubetoniverkon ankkurointi on puutteellinen. 		C
4	<ul style="list-style-type: none"> • Ruiskubetonipinta on halkeillut tai lohkeillut niin paljon, että siitä irtoilee kappaleita tai levyjä, jotka voivat pudota ajoradalle tai raiteelle. • Ruiskubetoniverkko ja sen ankkurointi ovat puutteelliset, ruiskubetoni on jatkuvan vesirasituksen alaisena ja on vaara, että koko ruiskubetoniverhous irtoaa laattana. 		D


- A. Vaurioita seurataan tulevissa tarkastuksissa, kiireellisyysluokka 13. (11).
- B. Ruiskubetonin kiinnipysyminen tarkastetaan vasaralla koputtelemalla. Paikalliset vauriot korjataan ruiskubetonoimalla, kiireellisyysluokka yleensä 12. Laajempien vaurioiden osalta menetellään kohdan C mukaisesti.
- C. Tehdään erikoistarkastus, jossa vaurioiden laajuus ja korjaustoimenpiteet määritetään. Mahdollisten muiden toimenpiteiden ohella pääasiallinen korjaustoimenpide on ruiskubetonoinnin uusiminen. Kiireellisyysluokka on yleensä 11.
- D. Vaurio vaarantaa jo liikenneturvallisuuden ja vaurioiden korjaamiseen on ryhdyttävä pikaisesti. Tehdään erikoistarkastus, jonka perusteella suunnitellaan vaurioituneiden alueiden peruskorjaus. Mahdollisten muiden peruskorjaukseen kuuluvien toimenpiteiden ohella pääasiallinen korjaustoimenpide on ruiskubetonoinnin uusiminen. Kiireellisyysluokka 10.

7.3 Vesivuodot

Taulukkoon 4 voidaan lisätä kaikki vedestä tai vesivuodoista aiheutuvat vauriot, jotka vaativat ohjeistusta vaurioluokitustaulukon muodossa. Tähän voidaan tarvittaessa lisätä kallioleikkausten vesivuodot, yläluiskan vesivuodot ja verhousten vesivuodot. Kaikista vauriotyypeistä ei tarvita selkeää kuvaa, vaan vauriot voidaan kuvata selkokielisesti nykyisen sillantarkastuskäsikirjan käytännön mukaisesti. Talviolosuhteissa tarkastetaan ja kirjataan tunnelissa esiintyvä päännejää.

Taulukko 4. Ehdotus vesivuotojen vaurioluokitustaulukoksi 2_T.

Vaurio- luokka	RAKENNETYYPPI	Kallio- ja ruiskubetonipinta	
	VAURIO		
1	<ul style="list-style-type: none"> • Seinä- tai kattopinta on kostea tai siinä on kalkkihärmää. • Ruiskubetonisalaaja on pinnaltaan kostea. 		A
2	<ul style="list-style-type: none"> • Kallion raosta tai ruiskubetonin halkeamasta on vesivuoto, josta ei kuitenkaan aiheudu veden tippumista ajoradalle. • Ruiskubetonisalaaja on tukossa ja vuotaa tihkumalla. 		B
3	<ul style="list-style-type: none"> • Kallion raosta tai ruiskubetonin halkeamasta on vesivuoto, josta aiheutuu veden tippumista ajoradalle ja joka jäätyessään saattaa aiheuttaa jääpuikkojen tai päännejään muodostumista tai joka rikkoo rakennetta. • Kalliossa on vesivuotoa verhourakenteiden sisään. • Ruiskubetonisalaaja on tukossa ja vuotaa runsaasti. Jään muodostumisen vaara ajoradan tai junaradan reuna-alueilla. 		C

4	<ul style="list-style-type: none"> • Ajoradan yläpuolella on vakava vesivuoto, josta aiheutuu veden valumista ajoradalle ja joka jäätyessään rikkoo rakennetta. • Junaradan yläpuolella tai etu- /yläluiskassa on vesivuoto, josta kertyy jäätä raitteille. • Junaradan yläpuolella tai etu- /yläluiskassa on vesivuoto, josta kertyy jäätä ajojohteille. 		D
---	--	--	---




- A. Vaurioita seurataan tulevaisuudessa tarkastuksissa, kiireellisyysluokka 13.
- B. Korjaustoimenpide voi olla pikatulppaus, halkeamien injektointi polyuretaanilla tai epoksilla, eristysrakenteen korjaus tai ruiskubetonisalojan korjaaminen. Kiireellisyysluokka on yleensä 11.
- C. Tehdään erikoistarkastus, jossa korjaustoimenpiteet määritetään. Korjaustoimenpiteinä voivat tulla kyseeseen mm. tiivistysinjektointi, halkeamien injektointi sekä eristysrakenteen korjaus tai uusiminen. Kiireellisyysluokka on yleensä 11.
- D. Vaurio vaarantaa jo liikenneturvallisuuden ja vaurioiden korjaamiseen on ryhdyttävä pikaisesti. Tehdään erikoistarkastus, jonka perusteella suunnitellaan vaurioituneiden rakenteiden peruskorjaus. Peruskorjaukseen kuuluvia korjaustoimenpiteitä voivat olla mm. tiivistysinjektointi, halkeamien injektointi, eristysrakenteen korjaus tai uusiminen ja kalliopinnan ruiskubetonointi. Kiireellisyysluokka on 10.

7.4 Tunneleiden ja kallioleikkausten kalliopinnat

Kalliopintojen vaurioluokitus on esitetty taulukossa 5.

Kalliopintojen vaurioluokitustaulukossa on esitetty poikkeuksellisesti mallikuvat ja kuvaukset myös tilanteelle, jossa ei kirjata vaurioita eli "0-vaurioluokalle".

Taulukko 5. Ehdotus tunneleiden ja kallioleikkausten kalliopintojen vaurioluokitus-taulukoksi 3_T.

Vaurio- luokka	RAKENNETYYPPI	Kalliopinta	
	VAURIO		
0	<ul style="list-style-type: none"> Kalliopinta ehyttä (ei halkeilua tai rapautumista) Kalliopinnassa näkyvät yleensä porareian puolikkaat 		
1	<ul style="list-style-type: none"> Kalliopinnassa vähäistä rakoilua tai rapautumista 		A
2	<ul style="list-style-type: none"> Kalliopinnassa on rakoilua, joka on pääosin tiivistä, tai pinnassa on irtoilevia pikkukiviä, mutta ei kalliolohkojen irtoamia tai lohkeamia. 		B

3	<ul style="list-style-type: none"> • Kalliopinnassa on avonaisia rakoja tai rikkonaisuus vyöhykkeitä, joista voi aiheutua kalliolohkojen irtoamisvaara, tai pinnasta irtoavia kiviä, mutta irronneet kivet tai kalliolohkareet eivät voi pudota ajoradalle. 		C
4	<ul style="list-style-type: none"> • Kalliopinta on pahoin rapautunut tai siinä on irtoavia kiviä tai lohkareita, joita on pudonnut tai jotka voivat pudota ajoradalle tai vaarantavat rakenteen stabiliteetin. 		D




- A. Vaurioita seurataan tulevissa tarkastuksissa, kiireellisyysluokka 13. (11).
- B. Paikalliset vauriot korjataan tarpeellisilta osin rusnaamalla ja kivipinnan puhdistuksella, kiireellisyysluokka on yleensä 12.
- C. Tehdään erikoistarkastus, jossa vaurioiden laajuus ja korjaustoimenpiteet määritetään. Kalliopinta rusnataan ja irtoavat lohkareet poistetaan tai ankkuroidaan kallioon, kiireellisyysluokka on yleensä 11.
- D. Vaurio vaarantaa jo liikenneturvallisuuden ja vaurioiden korjaamiseen on ryhdyttävä pikaisesti. Tehdään erikoistarkastus, jonka perusteella suunnitellaan vaurioituneiden alueiden peruskorjaus. Peruskorjaukseen kuuluvia korjaustoimenpiteitä voivat olla mm. rusnaus, ankkuripultitus, tiivistysinjektointi ja ruiskubetonointi, kiireellisyysluokka on 10.

Taulukkoon 5, joka käsittelee tunneleiden kalliopintaa, voidaan lisätä selkeästi tunneleita ja tarvittaessa kallioleikkauksia koskevat kohdat. Harkittavaksi jää, pystytäänkö näillä taulukoilla esittämään riittävän tarkasti tunneleiden ja kallioleikkausten lujitusrakenteet, vai onko niitä varten luotava oma vaurioluokitustaulukko. Lujitusrakenteiden vauriokirjausta varten on esitetty ehdotus taulukossa 6.

7.5 Lujitusrakenteet

Taulukossa 6 on esitetty ehdotus lujitusrakenteiden vaurioluokitustaulukoksi. Tässä taulukossa käsitellään mm. pultit ja lujitusverkot.

Taulukko 6. Ehdotus lujitusrakenteiden vaurioluokitustaulukoksi 4_T.

Vaurio- luokka	RAKENNETYYPPI	Lujitusrakenne	
	VAURIO		
1	<ul style="list-style-type: none"> Lujituspultti ruostunut tai siinä on pieni muodonmuutos. Lujitusverkko on ruostunut tai siinä on yksittäinen pieni vaurio 		A
2	<ul style="list-style-type: none"> Lujituspultissa on vakava muodonmuutos tai vaurio tai se on jätetty liian pitkäksi ja on vaaraksi alueella liikkuville. Lujitusverkossa on paikallinen irtoama tai vaurio Lujitusverkon materiaali tai silmäkoko on väärä 		B
3	<ul style="list-style-type: none"> Lujituspultissa on pitkälle edennyt vaurio tai se aiheuttaa vakavan vaaran liikenteelle tai alueella liikkuville. Lujitusverkko on laajoilta alueilta irti tai vaurioitunut. 		C

4	<ul style="list-style-type: none"> • Lujituspultti puuttuu, on irti tai katkennut. • Lujitusverkko on rikki ja aiheuttaa vaaraa liikenteelle ja alueella liikkuville. 		D
---	---	--	---

- A. Vaurioita seurataan tulevissa tarkastuksissa, kiireellisyysluokka 13.
- B. Korjaustoimenpide voi olla pultin katkaisu, muttereiden vaihto tai kiristys, lujitusverkon paikallinen korjaus tai täydentäminen. Kiireellisyysluokka on yleensä 12.
- C. Tehdään erikoistarkastus, jossa korjaustoimenpiteet määritetään. Korjaustoimenpiteinä voivat tulla kyseeseen mm. lujituspulttien korvaaminen uusilla ja lujitusverkon korjaus tai sen kiinnityksen korjaus ja vaurioituneen verkon poisto. Kiireellisyysluokka on yleensä 11.
- D. Vaurio vaarantaa jo liikenneturvallisuuden ja vaurioiden korjaamiseen on ryhdyttävä pikaisesti. Tehdään erikoistarkastus, jonka perusteella suunnitellaan vaurioituneiden rakenteiden peruskorjaus. Peruskorjaukseen kuuluvia korjaustoimenpiteitä voivat olla pultituksen uusiminen ja täydentäminen sekä vaurioituneiden pulttien poisto tai katkaisu ja peitto, lujitusverkon uusiminen ja vanhan poisto. Kiireellisyysluokka on 10.




7.6 Verhousrakenteet ja varusteet

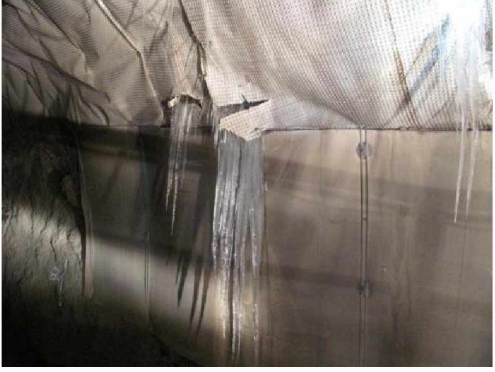
Taulukot 7 ja 8 käsittelevät verhousrakenteita ja varusteita sekä muita erikoisasia, kuten verhousrakenteiden ja varusteiden kiinnityspultteja ja kannakkeita tai muita kiinnitystarvikkeita. Nämä rakenneosien vauriot voidaan esittää myös muiden taulukoiden yhteydessä, mutta ne on tässä haluttu tuoda korostetusti esille niiden keskeisen aseman vuoksi tunnelitarkastuksessa.

Verhousrakenteissa tyypillisimpiä vaurioita ovat saumojen halkeamat, verhousen irtoaminen sekä kiinnityspulttien irtoaminen, puuttuminen tai olosuhteisiin nähden liian harva kiinnitysjaako. Tärkeää on ottaa huomioon irronneen tai irtoavan verhousrakenteen vaikutus liikenne- tai sähköturvallisuuteen.

Varusteissa painottuvat puutteelliseen huoltoon ja ylläpitoon liittyvät varusteet, kuten riista-aidat, kaivot sekä kuntonsa tai väärän asennuksen vuoksi liikenneturvallisuudelle vaaraa aiheuttavat varusteet. Yleisiä verhouksia koskevia vaurioita ovat esimerkiksi verhousen kiinnitys, verhousen saumaus ja verhousen irtoaminen.





Taulukko 7. Ehdotus verhousrakenteiden vaurioluokitustaulukoksi 5_T.

Vaurio- luokka	RAKENNETYYPPI	Verhousrakenteet	
	VAURIO		
1	<ul style="list-style-type: none"> • Verhousen saumassa on yksittäinen halkeama. • Verhousen yksittäinen kiinnityspultti on irti. 		A
2	<ul style="list-style-type: none"> • Verhousen sauma on auki tai useita saumoja on haljennut. • Verhousen kiinnityspultit ovat liian harvassa tai niitä on irronnut useasta kohdasta. 		B
3	<ul style="list-style-type: none"> • Verhousen kiinnitys on puutteellinen ja aiheuttaa verhousen irtoamisen vaaran tai verhous on osittain irronnut. • Verhous on vaurioitunut kolarin tai ilman paineen vaikutuksesta, mutta ei ole vaaraksi liikenteelle, rakenteille tai laitteille. 		C

4	<ul style="list-style-type: none"> • Verhouksen kiinnitys on puutteellinen ja se on irrotessaan vaaraksi liikenteelle, muille rakenteille tai laitteille. • Verhous roikkuu ja voi ilmanpaineen vaikutuksesta koskettaa ajojohteisiin. • Verhouksen liike tunnelin ilmanpaineen johdosta on huomattava ja vaara sen putoamiseksi ajoradalle tai raiteelle on merkittävä. 		D
---	---	--	---

- A. Vaurioita seurataan tulevissa tarkastuksissa, kiireellisyysluokka 13.
- B. Korjaustoimenpide voi olla saumojen korjaus ja tiivistäminen, täydentävän eristekerroksen asentaminen ja vaurioituneiden osien poisto sekä puuttuvien kiinnityspulttien asentaminen tai pulttien lisääminen. Kiireellisyysluokka on yleensä 12.
- C. Tehdään erikoistarkastus, jossa korjaustoimenpiteet määritetään. Korjaustoimenpiteinä voivat tulla kyseeseen mm. verhousrakenteen ja sen kiinnikkeiden korjaaminen ja vaurioituneen rakenteen purkaminen tai mahdollisen lisäverhouksen ja lisäkiinnikkeiden asentaminen. Kiireellisyysluokka on yleensä 11.
- D. Vaurio vaarantaa jo liikenneturvallisuuden ja vaurioiden korjaamiseen on ryhdyttävä pikaisesti. Tehdään erikoistarkastus, jonka perusteella suunnitellaan vaurioituneiden rakenteiden peruskorjaus. Peruskorjaukseen kuuluvia korjaustoimenpiteitä voivat olla paikallinen verhousrakenteen tai sen kiinnityksen korjaaminen tai koko verhousrakenteen vaihtaminen. Kiireellisyysluokka on 10.

Taulukko 8. Ehdotus varusteiden ja laitteiden vaurioluokitustaulukoksi 6_T.

Vaurio- luokka	RAKENNETYYPPI	Varusteet yms.	
	VAURIO		
1	<ul style="list-style-type: none"> • Varuste on lievästi ruostunut, mutta toimii. • Varusteen kiinnityspultti tai kannake on ruosteessa. 		A
2	<ul style="list-style-type: none"> • Varuste on ruostunut tai vaurioitunut. • Varusteen kannake on ruosteessa tai lievästi vaurioitunut • Varusteen kiinnityspultti on taipunut tai liian pitkä. • Kaivot ovat rikki tai tukossa. • Suoja-aita, riista-aita tai yläluiskan muuri on rikki. • Pudotuskaivo on rikki tai ei toimi. 		B
3	<ul style="list-style-type: none"> • Yksittäinen varusteen kiinnityspultti tai kannake on rikki, irronnut tai puuttuu. • Varuste tai laite saattaa aiheuttaa vaaraa liikenne- tai henkilöturvallisuudelle vaurion edettyä. 		C
4	<ul style="list-style-type: none"> • Useita varusteen kiinnityspultteja on rikki, irronnut, puuttuu tai asennusväli on liian harva. • Kannake on pahasti vaurioitunut tai puuttuu. • Varuste tai laite aiheuttaa vaaraa liikenne- tai henkilöturvallisuudelle. 		D

- A. Vaurioita seurataan tulevissa tarkastuksissa, kiireellisyysluokka 13.
- B. Korjaustoimenpide voi olla vaurioituneen varusteen tai sen kiinnityksen korjaaminen tai uusiminen. Kiireellisyysluokka on yleensä 12.
- C. Tehdään erikoistarkastus, jossa korjaustoimenpiteet määritetään. Kiireellisyysluokka on yleensä 11.
- D. Vaurio vaarantaa jo liikenneturvallisuuden ja vaurioiden korjaamiseen on ryhdyttävä pikaisesti. Tehdään erikoistarkastus, jonka perusteella suunnitellaan vaurioituneiden rakenteiden peruskorjaus. Kiireellisyysluokka on 10.

8 Kuntoluokitus

8.1 Tunneleiden kuntoluokitus

Tunneleiden kuntoluokitus voidaan arvioida kuten silloillakin perustuen vaurioihin, laskettuun yleiskuntoon ja yleiskuntoarvioon. Taitorakenteiden tarkastusohjeen (Liikenneviraston ohjeita 17/2013) perusteella taitorakenteet jaetaan kuntoluokkiin. Tunneleille on laadittu seuraava kuntoluokkajako:

- Erittäin hyvä: Uusi tai lähes uuden veroinen, LYK=0 – 0,5, YKA=0
- Hyvä: Hyväkuntoinen tunneli, jossa on normaalia kulumista ja ikääntymistä, LYK=0,51 – 1,25, YKA=1
- Tyydyttävä: Tunnelissa on puutteita ja vaurioita, kuten rapautumista, ruostumista, paikallisia lujitusrakenteen vaurioita, kalliopinnan rakoilua ja ruiskubetonoinnin pientä irtoilua. Tunnelin korjaamista voidaan vielä siirtää, LYK=1,26 – 2, YKA=2
- Huono: Tunnelissa on useita selvästi havaittavia korjausta vaativia vaurioita tai jokin yksittäinen vakava vaurio. Erikoistarkastuksen ja tunnelin peruskorjaustarve on ilmeinen. LYK=2,01 – 2,75, YKA=3
- Erittäin huono: Tunneli on täydellisen peruskorjauksen tai jopa uusimisen tarpeessa. Kunto ei ole hyväksyttävissä. LYK=2,76 – 4, YKA=4

8.2 Kallioleikkausten kuntoluokitus

Kallioleikkausten yleiskuntoa arvioitaessa arvioidaan seuraavia osatekijöitä:

- Kallioleikkauksen vakavuus (stabiliteetti)
- Mahdollisten lujitusrakenteiden kunto ja riittävyys
- Varusteiden (suojarakenteet, aidat) kunto
- Vesivuodot ja muodostuvat paannejäät
- Kuivatus- ja vedenohjausjärjestelmät
- Riski irtoavien kivien tai paannejään joutumisesta *ajoradalle*.

Kallioleikkauksen pinta-ala (mahdolliset lujitusrakenteet huomioon ottaen) jaetaan prosenttiosuuksina vaurioitumisasteen mukaisiin luokkiin, ks. Taulukko 5.

Jakauman perusteella voidaan arvioida kallioleikkauksen kuntoluokka muun tieomaisuuden kanssa yhtenevällä tavalla. Kallioleikkauksen silloista ja tunneleista poikkeavalla tavalla laskettu yleiskunto LYK saadaan laskemalla prosenttiosuuksilla painotettu vaurioluokkien (vlk) keskiarvo.

Ehdotus kallioleikkausten kuntoluokituksiksi:

- Erittäin hyvä: Uusi tai lähes uuden veroinen. LYK=0–0,5.
- Hyvä: Hyväkuntoinen kallioleikkaus. LYK=0,51–1,25.
- Tyydyttävä: Kallioleikkauksessa on puutteita ja vaurioita, kuten rapautumista, ruostumista, paikallisia lujitusrakenteen vaurioita, kalliopinnan rakoilua ja ruiskubetonoinnin pientä irtoilua. Kallioleikkauksen korjaamista voidaan vielä siirtää. LYK=1,26–2.
- Huono: Kallioleikkauksessa on useita selvästi havaittavia korjausta vaativia vaurioita tai jokin yksittäinen vakava vaurio. Erikoistarkastuksen ja kallioleikkauksen peruskorjaustarve on ilmeinen. LYK=2,01–2,75.
- Erittäin huono: Kallioleikkaus on täydellisen peruskorjauksen tai jopa uusimisen tarpeessa. Kunto ei ole hyväksyttävissä tai kallioleikkauksessa on joku yksittäinen riski. Kallioleikkauksesta putoaa kiviä tai paannejäättä tielle. LYK=2,76–4 tai vlk 4:>0 %.

8.3 Kallion Q-luokitus

Kallioleikkauksissa ja tunneleissa kallion laadun määrittäminen voidaan perustaa esimerkiksi Norjan geologisen instituutin kehittämään Q-luokitukseen, joka on yleisesti käytössä ja soveltuu hyvin suomalaisen kalliooperän luokitteluun. Q-luokitus antaa kallion laatua kuvaavan numeerisen arvon. Mitä korkeampi arvo on, sitä parempi on kallion laatu. Q-arvo määritetään kuudesta osaparametrasta alla olevan laskukaavan mukaan seuraavasti:

$$Q = (RQD/J_n) \times (J_r/J_a) \times (J_w/SRF)$$

missä

RQD, kallion rakoilun määrää kuvaava luku

J_n , rakosuuntien lukumäärää kuvaava luku

J_r , rakopintojen karkeutta kuvaava luku

J_a , rakojen avoimutta ja rakotäytteen laatua kuvaava luku

J_w , pohjaveden painetta kuvaava luku

SRF, kallion jännitystilän vaikutusta kuvaava luku

Seuraavassa on Q-luokituksen arvoihin sidottu sanallinen arvio kalliolaadusta logaritmisella skaalalla.

- Poikkeuksellisen heikko 0,001... 0,01
- Erittäin heikko 0,01... 0,1
- Varsin heikko 0,1... 1
- Heikko 1... 4
- Kohtalainen 4... 10
- Hyvä 10... 40
- Varsin hyvä 40... 100
- Erittäin hyvä 100... 400
- Poikkeuksellisen hyvä 400... 1000

Q-lukuun perustuva kallion laadun määrittäminen on erikoistarkastustoimenpide.

9 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

9.1 Tunnelit

Siltarekisteri soveltuu tunnelien perus- ja kuntotietorekisteriksi ja siltojen yleis-tarkastusjärjestelmä sovellettuna tunneleiden rakenteellisen kunnon hallintaan. Tässä selvityksessä on esitetty parannuksia Siltarekisterin toimintaan ja parametreihin tunneleiden osalta. Parannukset ovat toteutettavissa sangen pienin panoksin ja nopealla aikataululla.

Tunnelitarkastajalta edellytetään sekä Taitorakenteiden tarkastajakurssin yleisen osuuden että tunnelitarkastajaosuuden hyväksytyä suorittamista ja osallistumista järjestettävään jatkokoulutukseen. Ensimmäiset tunnelitarkastajat valmistuvat vuonna 2014, joten tarkastustoiminta voidaan käynnistää välittömästi.

Tämän selvityksen perusteella esitetään, että tässä julkaisussa (ja Taitorakenteiden tarkastajakurssin koulutusmateriaalissa) esitettyjä vaurioluokitustaulukoita koekäytetään 1–2 vuotta, ennen kuin laaditaan painettu tunneleiden tarkastuskäsikirja. Koekäytön aikana kerätään vuosittain palautetta tarkastajilta ohjeistuksen kehittämiseksi. Palautteen perusteella ohjeistusta päivitetään vuosittain. Tärkeää on myös kerätä sopivia valokuvia vaurioluokituksen tarkentamiseksi.

Selvityksen perusteella esitetään myös tunneleiden laserskannauksen pilotointia tietunnelikohteessa, jotta voidaan arvioida menetelmän soveltuvuutta tietunneleille.

9.2 Kallioleikkaukset

Työtä esitetään pikaisesti jatkettavan kallioleikkausten omaisuuden hallinnan ja tarkastustoiminnan edelleen kehittämiseksi. Kallioleikkausten hallinta edellyttää selvityksen perusteella silloista ja tunneleista voimakkaasti poikkeavaa lähestymistapaa. Tätä perustelevat sekä kallioleikkausten suuri määrä että niiden rakenteellinen erilaisuus.

Seuraavassa vaiheessa tulisi määritellä lopullisesti kallioleikkauksista tarvittavat ominaisuustiedot, jotta voidaan arvioida Siltarekisterin tai tulevan Taitorakennerekisterin soveltuvuutta niiden tietovarastoksi. Kallioleikkausten kuntotilan hallinnan menetelmäksi esitetään selvityksessä kehitettyä vaurioluokkien prosenttiosuus -menetelyä.

Kallioleikkauksia ei mielletä yleisesti taitorakenteiksi tai tärkeäksi osaksi tieomaisuutta. Huonokuntoiset kallioleikkaukset ovat kuitenkin vakava liikenneturvallisuusriski ja siksi niiden kuntotila tulisi tietää. Vain siten niille voidaan kohdistaa tarvittavat ylläpito- ja korjaustoimenpiteet.

Lähdeluettelo

- [1] Selvitys Siltarekisterin laajentamisesta tunneli- ja laituritiedoilla, Tiehallinnon selvityksiä 10/2005
- [2] Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 18, Rautatietunnelit
- [3] Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 2, Radan geometria
- [4] Taitorakenteiden tarkastusohje, Liikenneviraston ohjeita 17/2013
- [5] Sillantarkastuskäsikirja, Liikenneviraston ohjeita 26/2013
- [6] Tietunnelin suunnitteluohje, Luonnosversio 0.92, 12.1.2005
- [7] Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat yleiset määräykset ja ohjeet, Liikenneviraston ohjeita 14/2014
- [8] Tie- ja rautatietunnelit ja niiden tarkastaminen, Taitorakenteiden tarkastajakurssi 2014, Opetusmoniste, Mikko Inkala
- [9] Rautatietunnelit, määräys TRAFI/22002/03.04.00/2012, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

