



# Rautatietunneleiden turvallisuus- katselmukset

Roope Maaranta

2023 Laurea



Laurea-ammattikorkeakoulu

## Rautatietunneleiden turvallisuuskatselmukset

Roope Maaranta  
Turvallisuus ja riskienhallinta  
Opinnäytetyö  
Joulukuu 2023

Roope Maaranta

**Rautatietunneleiden turvallisuuskatselmukset**

Vuosi 2023 Sivumäärä 39

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Väylävirasto, ja tavoitteena oli selvittää mitä asioita tulisi olla rautatietunneleiden turvallisuuskatselmustyökalussa. Työllä haluttiin kehittää rautatietunneleiden turvallisuuskatselmusten suorittamiseen soveltuvia toimintatapoja ja työkaluja, kuten tehtävälistan ja arviointiasteikon hyödyntämistä katselmuksen tukena. Työn taustalla oli Väylävirastossa havaittu tarve rautatietunneleiden turvallisuuskatselmusten yhtenäistämiseksi.

Tutkimuksellisen kehittämistyön tietoperustana käytettiin pitkälti Euroopan Unionin asetusta N:o 1303/2014 ja Väyläviraston ratateknisiä ohjeita. Näiden pohjalta perehdyttiin rautatietunneleihin toimintaympäristönä ja niiden vaateisiin. Tietoperustana käytetyt asetukset ja ohjeet antoivat suuntaviivat katselmustyökalun vaatimuksille.

Työn päämenetelminä käytettiin avointa teemahaastattelua ja havainnointia. Haastatteluja toteutettiin neljälle Väyläviraston tunneleiden parissa työskentelevälle asiantuntijalle sekä kolmelle muulle rautatietunneleiden ja turvallisuuden parissa työskentelevälle asiantuntijalle eri yrityksistä. Havainnointia suoritettiin kymmenellä rautatietunneliturvallisuuskatselmuksella syksyn 2023 aikana. Haastattelujen ja havainnointien tulokset analysointiin teemoittelun avulla.

Työn keskeisimpänä tuloksena haastatteluissa ja havainnoinnissa selvisi tarve strukturoidulle katselmustyökalulle, jota katselmuksen suorittaja voi käyttää apuvälineenä työssään. Tulosten perusteella työkalu olisi suotavaa kehittää käytettäväksi sekä paperisena että digitaalisena versiona. Keskeisimmiksi tarkastelun kohteiksi nousivat tunneleiden poistumis- ja pelastusteihin liittyvät seikat, kuten kunto, opastus ja valaistus. Näiden lisäksi tarkastelua vaativat esimerkiksi tunnelin kalliotekniset rakenteet, kallioleikkaukset, vesivuodot ja kuivatukset. Havainnoinnin ja haastattelujen pohjalta tunnistettiin tarve kehittää selkeämpää arviointiasteikkoa katselmuksella havainnoitaville asioille.

Menetelmillä saatujen tulosten pohjalta voidaan kehittää Väyläviraston ja sen sidosryhmien tarpeisiin sopiva rautatietunneleiden turvallisuuskatselmustyökalu. Katselmustyökalulla voidaan yhtenäistää katselmusten rakennetta ja tukea katselmuksen suorittajan työtä. Lisäksi voidaan kehittää tilannekuvaa rautatietunneleiden turvallisuudesta.

Kehittämistyössä saatujen tulosten pohjalta tulisi seuraavaksi kehittää katselmustyökalu ja testata sitä katselmusten suorittajien käytössä. Testauksesta saatujen palautteiden pohjalta katselmustyökalua voidaan jatkokehittää haluttuun suuntaan. Seuraavassa vaiheessa voitaisiin selvittää, miten tunneleiden turvallisuudelle voitaisiin luoda kuntoluokitus, jossa voidaan muun muassa huomioida tunnelin ikä ja kyseisen aikakauden vaatimukset.

Roope Maaranta

**Safety Inspections in Railway Tunnels**

Year

2023

Pages

39

---

The thesis was commissioned by the Finnish Transport Infrastructure Agency, and the objective was to determine what aspects should be included in the safety inspection tool for railway tunnels. The purpose of the work was to develop practices and tools suitable for performing safety inspections of railway tunnels, such as utilizing a task list and evaluation scale as support for the inspection.

The research and development work leaned heavily on the European Union Regulation No. 1303/2014 and the railway technical guidelines of the Finnish Transport Infrastructure Agency. Based on these, an understanding of railway tunnels as an operational environment and their requirements was established. The regulations and guidelines used as the theoretical framework provided guidelines for the requirements of the inspection tool.

The main methods employed in the study were open thematic interviews and observation. Interviews were conducted with four experts working on tunnels within the Finnish Transport Infrastructure Agency and three other experts from different companies working on railway tunnels and safety. Observation was carried out during ten railway tunnel safety inspections in the autumn of 2023. The results of interviews and observations were analyzed thematically.

The key finding from the interviews and observations was the need for a structured inspection tool that the inspector can use as an aid in their work. Based on the results, it would be advisable to develop the tool for use in both paper and digital formats. Issues related to tunnel evacuation and rescue routes, such as condition, guidance and lighting, became the key focus areas. In addition, the inspection would need to cover for example the rock engineering structures of the tunnel, rock cuttings, water leaks, and drainage. Based on observation and interviews, there was a recognized need to develop a clearer evaluation scale for the aspects observed during the inspection.

Building on the results obtained through the methods, a safety inspection tool suitable for the needs of the Finnish Transport Infrastructure Agency and its stakeholders can be developed for railway tunnels. The tool can standardize the structure of inspections and support the work of the inspector. In addition, it can be used to improve the situational picture about railway tunnel safety.

Based on the results obtained in the development work, the next step would be to develop the inspection tool and have it tested by inspectors. Feedback from the testing phase can then be used to further refine the inspection tool in the desired direction. Further research could explore how a condition rating for tunnel safety could be established, considering the age of the tunnel and the requirements of the specific era in which it was built.

Keywords: inspection, railway, safety, situational picture, tunnel

## Sisälly

1	Johdanto.....	6
2	Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus .....	6
2.1	Tavoite ja tarkoitus.....	6
2.2	Väylävirasto toimeksiantajana .....	7
2.3	Keskeiset käsitteet.....	8
3	Rautatietunneleiden turvallisuus .....	9
3.1	Turvallisuussuunnittelun lähtökohdat .....	9
3.2	Turvallisuusjohtamisjärjestelmä .....	11
3.3	Vaaratilanteet .....	13
3.4	Tarkastustoiminta .....	15
4	Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät.....	16
4.1	Tutkimuksellinen kehittämistyö.....	16
4.2	Haastattelut .....	16
4.3	Havainnointi .....	17
4.4	Teemoittelu.....	18
4.5	Eettisyys.....	18
5	Opinnäytetyön prosessi.....	19
6	Tulokset .....	22
6.1	Katselmusten nykytila .....	22
6.2	Katselmustyökalun muoto.....	23
6.3	Katselmustyökalun sisältö.....	25
7	Johtopäätökset ja oman työn arviointi.....	28
7.1	Turvallisuuskatselmusprosessi.....	28
7.2	Katselmustyökalu.....	32
7.3	Luotettavuuden ja onnistumisen arviointi .....	33
	Lähteet.....	35
	Kuviot .....	37
	Kuvat .....	37
	Liitteet .....	38

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja, Väylävirasto, on asiantuntijavirasto, jonka vastuualueisiin kuuluu väyläverkon suunnittelu, kehittäminen ja kunnossapito. Ajantasainen tilannekuva väyläinfrastruktuurista on yksi kunnossapidon tärkeimpiä työkaluja sekä strategisella että operatiivisella tasolla. Kunnossapito tarkoittaa yksittäisiä tai useita toimenpiteitä, joiden avulla rautateiden, rakenteiden ja järjestelmien käyttökuntoa ja turvallisuutta ylläpidetään. Kun kunnossapidon toimenpiteiden taustalla on luotettavaa ja ajantasaista tietoa, johon voidaan tukeutua, on kunnossapito ja kunnossapidon suunnittelu tehokkaampaa ja helpompaa.

Tässä tutkimuksellisessa kehittämistyössä arvioidaan Väyläviraston rautatietunneliturvallisuuskatselmusten prosessia. Työn taustalla on jo useamman vuoden Väylävirastossa jatkunut ohjelma rautatietunneliturvallisuuden kehittämiseksi. Jatkona jo aiemmin tehdyille kehittämistyölle, tämän työn tavoitteena oli selvittää miten rautatietunneliturvallisuuskatselmuksia voidaan yhtenäistää ja tutkia, minkälaiset toimintatavat ja työkalut soveltuvat katselmuksille. Tällä hetkellä Väylävirastolla ei ole ohjetta rautatietunneliturvallisuuden katselmoimiseen, jolloin katselmusten rakenne ei ole yhtenäinen ja tulokset vertailukelpoisia.

Tässä työssä käytettiin avointa teemahaastattelua ja havainnointia päämenetelminä. Haastatteluja pidettiin seitsemälle rautatie-, tunneli-, kunnossapito- ja turvallisuusasiantuntijalle. Havainnointia hyödynnettiin selvittämään rautatietunneleiden turvallisuuskatselmusten nykytilaa ja vaatimuksia. Haastattelujen avulla taas pyrittiin ymmärtämään millaisia katselmusten suorittajien sekä kunnossapidon edustajien toiveita, tarpeita ja odotuksia työkalulle on.

## 2 Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus

Tässä luvussa tarkastellaan opinnäytetyön aiheen taustaa ja tavoitetta. Tähän kehittämistyöhön on laadittu kysymys, johon etsitään vastausta. Lopuksi esitellään opinnäytetyön toimeksiantajaa, joka on Väylävirasto, sekä työn keskeisiä käsitteitä.

### 2.1 Tavoite ja tarkoitus

Tunneliturvallisuuskatselmusten kehittäminen valikoitui opinnäytetyön aiheeksi katselmoinneilla havaittujen puutteiden sekä opinnäytetyön tekijän aihealuetta kohtaa kokeman kiinnostuksen takia. Puutteet on havaittu aiempien tunneliturvallisuuskatselmusten yhteydessä koskien katselmuksen prosessin yhtenäistämistä ja ohjeistamista. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää rautatietunneleiden turvallisuuskatselmusten edistämiseen soveltuvia toimintatapoja sekä työkaluja, kuten tehtäväluettelon hyödyntämistä turvallisuuskatselmusten tukena.

Selvityksen tavoitteena on selkeyttää katselmusten toteutusta ja sitoa eri rautatietunneliturvallisuuden osa-alueet selkeämmin yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämän tavoitteena on parantaa onnettomuuksien ennaltaehkäisyä sekä varmistaa nopea ja asianmukainen toiminta onnettomuustilanteissa. Lisäksi pyritään integroimaan turvallisuusjohtamisjärjestelmä tiiviimmin osaksi rautatietunnelin turvallisuutta sekä lisäämään tietoisuutta tunneturvallisuuden vaatimuksista. Lisäksi tavoitteena on opinnäytetyön tekijän henkilökohtaisen rautatietunneliturvallisuuden ja tutkimuksellisen osaamisen lisääminen.

Tässä opinnäytetyössä etsitään vastausta seuraavaan kysymykseen:

- Mitä asioita tulee ottaa huomioon rautatietunneliturvallisuuden katselmustyökälussa?

Kysymyksen avulla saadaan näkemys kokonaisuudesta, jonka pohjalta voidaan kehittää rautatietunneliturvallisuuden katselmustyökalu. Vastauksia kysymykseen haetaan ensisijaisesti haavainnointien ja haastattelujen keinoin. Tarkempi kuvaus työn prosessista on luvussa 5.

Työn tarkoituksena on selvittää asioita, jotka ovat kriittisiä rautatietunnelissa tapahtuvien onnettomuuksien ehkäisemisessä, niiden vaikutuksien minimoimisessa sekä rautatieturvallisuuden varmistamisessa. Tietoa kerätään asiantuntijoilta, jotka suorittavat katselmuksia tunneliin tai ovat käsittelemässä tunneleista saatua tietoa. Työn tavoitteena ei ole selvittää katselmusten suorittajien tai tunnelissa kunnossapitoa suorittavien työturvallisuuteen liittyviä asioita.

## 2.2 Väylävirasto toimeksiantajana

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Väylävirasto. Väylävirasto on liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toimiva keskushallinnon virasto, jonka pääjohtajan nimeää valtioneuvosto. Väyläviraston vastuulla on tie-, rata- ja vesiväylien palvelutason ylläpito ja kehittäminen valtion hallinnoimilla liikenneväylillä. Väyläviraston tulee toiminnallaan edistää toimivuutta, automatisaatiota, liikenteen turvallisuutta, kestävästä kehitystä osana liikennejärjestelmän kokonaisuutta sekä alueiden ja elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä ja tasapainoista kehitystä väyläverkolla. (Laki Väylävirastosta 862/2009, 1§.)

Väyläviraston päällikkönä toimii valtioneuvoston nimittämä pääjohtaja. Pääjohtajan tehtävänä on vastata viraston toiminnan kehittämisestä, tuloksellisuudesta ja tulostavoitteiden saavuttamisesta. Pääjohtajalla on muu päätäntävalta Väyläviraston organisaatiosta ja henkilöstöstä. (Laki Väylävirastosta 862/2009.)

Väyläviraston organisaatio koostuu viidestä eri toimialasta. Toimialat ovat toiminnanohjaus, suunnittelu, hankkeet, väylänpito ja väylien käyttö, turvallisuus ja tieto. Toimialat jakautuvat edelleen osastoihin ja yksiköihin. Virastossa on myös kolme erillistä pääjohtajalle raportoivaa

toimintoa. Nämä toiminnot ovat yhteiskuntasuhteet ja henkilöstö, lakiasiat sekä hankintajohdaja. (Väylävirasto 2023a.)

Väyläviraston vastuulla on rataverkon liikennekelpoisuudesta huolehtiminen Suomessa. Tähän kunnossapitoon lukeutuvat erilaiset tarkastukset, huollot, korjaukset ja vuodenaikojen vaatimat työt. Suomen valtion omistaman rataverkon pituus oli 5918 kilometriä vuonna 2021, jonka väyläpitoon ja kehittämiseen myönnettiin 633 miljoonaa euroa vuonna 2023. Väylävirasto laatii investointiohjelman, joka sisältää viraston näkemyksen tarpeellisista ratahankkeista seuraavien kahdeksan vuoden ajalle. Ohjelmaan sisällytetään isoja peruskorjaushankkeita sekä erilaisia parantamis- ja kehittämishankkeita. Viimeisimpään investointiohjelmaan sisällytettiin 26 ratahanketta. Ohjelmassa olevien hankkeiden toteuttamisesta päättää eduskunta. (Väylävirasto vastaa valtion väyläverkosta 2023, 1-5.) Traficomien tietojen mukaan valtion rataverkon korjausvelka on vuonna 2023 923 miljoonaa euroa (Traficom 2023a).

Väylävirasto on jakanut rataverkon kunnossapidon Etelä-, Itä-, Länsi- ja Pohjois-Suomen alueisiin. Jokaisesta kunnossapitoalueesta vastaa oma rataisännöitsijä, jonka tehtävänä on valvoa ja kilpailuttaa alueen töitä, hoitaa lupa-asioita ja sopimuksia sekä hoitaa maankäyttöasioita. Väylävirasto on ulkoistanut rataverkon käytännön kunnossapidon siten, että jokaisesta kunnossapitoalueesta vastaa jokin ulkopuolinen yhtiö. (Väylävirasto 2023b.)

### 2.3 Keskeiset käsitteet

**Katselmus** on tarkastustoimintaa, jonka suorittaminen on määrätty tehtäväksi säädöksissä. Se suoritetaan paikan päällä asianomaisten läsnä ollessa kahden tai useamman viranomaisen tai tarkastajan toimesta. (Palo- ja pelastussanasto 2006)

**Rautatietunnelilla** tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu niistä rakenteista, joita vaaditaan rautatien kulkemiseksi esimerkiksi kallion, veden tai rakennuksen lävitse. Rautatietunnelissa voi sijaita yksi tai useita ratatunneleita. Ratatunnelilla tarkoitetaan junaliikenteessä käytettävää tunnelia, jossa sijaitsee yksi tai useampi raide. Siihen lukeutuvat myös kaikki muut tunnelit, kuilut ja kuilujen yläpuoliset rakenteet, tunneleiden suuaukkorakenteet ja avoleikkaukset siinä mittakaavassa kuin kuivatus-, tie-, kunnossapito-, huolto-, ja turvallisuusjärjestelyt vaativat. Lisäksi rautatietunneli voi käsittää tekniset ja turvallisuustilat sekä näihin tiloihin ja tunneleihin asennetut laitteet ja järjestelmät. (Ratatekniset ohjeet osa 18 2023, 10.)

**Taitorakenteiksi** luokitellaan kaikki rakenteet, joiden rakentamiseen tarvitaan tarkat lujuuslaskelmat. Nämä rakenteet voivat aiheuttaa vaaraa ihmisille, liikennejärjestelmälle sekä merkittäviä korjauskustannuksia mikäli niissä tapahtuu suunnittelu- tai rakennusvirheitä johtuvaa vaurioitumista rakenteelle tai sen lähialueelle. Taitorakenteita ovat esimerkiksi tunnelit, kalioleikkaukset ja sillat. (Taitorakenteiden tarkastusohje 2013, 8.)



### 3 Rautatietunneleiden turvallisuus

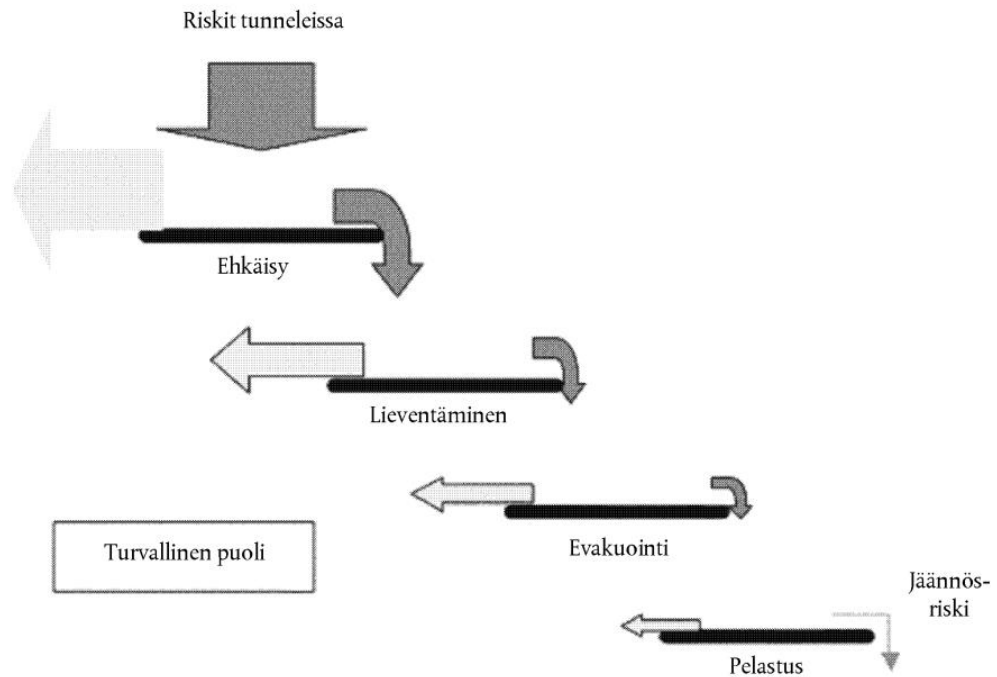
Tässä luvussa käydään läpi työn kannalta keskeistä tietoperustaa. Tietoperusta koostuu tunneleiden turvallisuussuunnittelusta sekä turvallisuusjohtamisjärjestelmästä. Lisäksi käsitellään erilaisia vaaratilanteita tunneleissa sekä millaista tarkastustoimintaa niille suoritetaan.

#### 3.1 Turvallisuussuunnittelun lähtökohdat

Tunneliturvallisuudessa sovellettavat vaatimukset toimivat hierarkkisesti. Minimivaatimukset turvallisuusjärjestelyille esitetään Euroopan komission asetuksessa N:o 1303/2014 Euroopan unionin rautatiejärjestelmän rautatietunneleiden turvallisuutta koskevassa teknisessä eritelmässä (SRT-YTE-asetus). Tämän lisäksi liikenne- ja viestintävirasto Traficom voi antaa mahdollisia kansallisia määräyksiä. Näiden kahden lisäksi Suomessa valtion rataverkkoon kohdistuvissa toimissa sovelletaan Väyläviraston antamia ratateknisiä ohjeita. Rautatietunneleiden turvallisuussuunnittelu perustuu ratateknisten ohjeiden osaan 18 "Rautatietunnelit" (RATO18 - ohje), jossa esitetään vaatimukset rautatietunneleiden suunnittelulle, rakentamiselle ja kunnossapidolle. RATO18-ohje koskee sekä uusia, parannettavia että uudistettavia rakenteita ja siinä esitetyt ohjeet ovat vaatimuksia, ellei toisin mainita. RATO18-ohjeessa esitettävät vaatimukset ja suositukset vastaavat SRT-YTE-asetuksen vaatimuksia. Jos on tarpeen poiketa RATO18 ohjeen vaatimuksista, luvan siihen voi antaa Väylävirasto siltä osin, kun ei poiketa Euroopan laajuisen rautatiejärjestelmän yhteentoimivuuden olennaisista vaatimuksista, laista tai kansallisista määräyksistä. Kaikkien edellä mainittujen lisäksi pelastustoimella, rakennusvalvonnalla tai muilla viranomaistahoilla on oikeus antaa muita vaatimuksia, varsinkin koskien tunneliasemia. Suunnitteluvaiheessa pelastustoimen kanssa tulisi käydä aktiivista keskustelua heidän vaatimuksistaan toimintaedellytyksiin liittyen. (Ratatekniset ohjeet osa 18 2023, 4-7, 24-25.)

SRT-YTE-asetus on rajannut ohjeistukseen kuuluvia ja kuulumattomia riskejä. Asetus kattaa matkustajien ja junahenkilökunnan erityiset turvallisuusriskit tunneleissa sekä rakenteen romahtamisen aiheuttamat riskit tunnelin läheisyydessä oleville ihmisille. Jos riskianalyysin tulosten perusteella todetaan, että tunnelissa on mahdollista sattua muita merkittäviä vaaratilanteita, määritellään niiden skenaarioiden varalle erityisiä toimenpiteitä. Asetus ei kata rakenteiden kunnossapitoon osallistuvien henkilöiden terveyteen ja turvallisuuteen liittyviä riskejä, kun kyse on tunneleiden kiinteiden rakenteiden kunnossapidosta. Asetus ei kata riskejä, jotka aiheutuvat luvattomasta tunkeutumisesta tunneliin suuaukkojen kautta tai tahallisesti ja harkitusti tehdystä terroristisesta teosta, jonka tarkoituksena on aiheuttaa mielivaltaisesti tuhoa, henkilövahinkoja ja kuolonuhreja. SRT-YTE-asetus ei myöskään kata rakenteiden ja junien vaurioitumisesta tai tunnelin korjauksen vaatiman käyttökätkön aiheuttamia taloudellisia tappioita. (SRT-YTE 2014, 1.1.4.) Kuviossa 1 esitetyn mallin mukaisesti SRT-YTE-asetus jakaa tunneleiden turvallisuuden edistämisen neljään eri tasoon. Tasot ovat ehkäisy, lieventäminen,

evakuointi sekä pelastus ja näitä painotetaan siten, että ensisijainen painopiste on ehkäisyssä. (SRT-YTE 2014, 2.)



Kuvio 1: Turvaamisen tasot (SRT-YTE 2014, 2.1.)

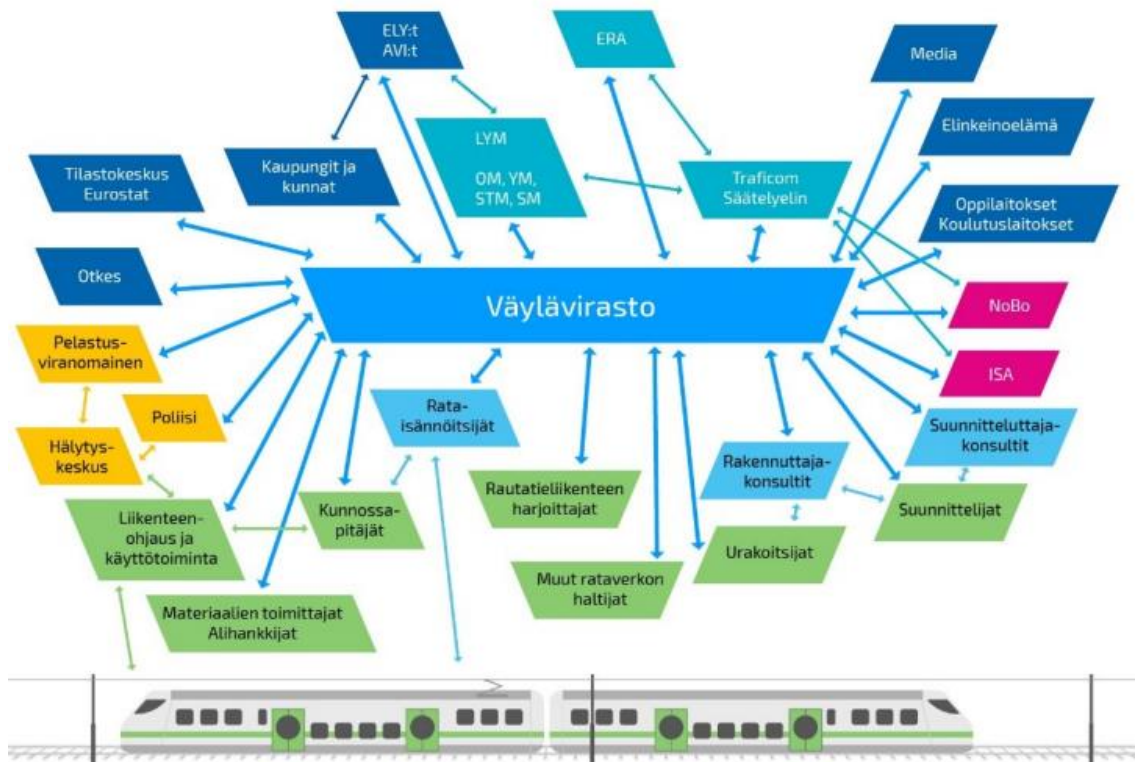
Kuvion 1 mukaisesti ehkäisy on ensimmäinen ja merkittävin taso, jolla pyritään tekemään mahdollisimman pieneksi riskin realisoitumisen mahdollisuus. Seuraava taso on lieventäminen, jolloin jos riski ehkäisytoimenpiteistä huolimatta realisoituu, pyritään sen vaikutuksia rajoittamaan mahdollisimman paljon. Seuraavalla tasolla vaikutuksia pyritään pienentämään mahdollisimman hyvillä evakuointimahdollisuuksilla, ja viimeisellä tasolla mahdollisimman tehokkaalla pelastustoiminnalla. Tavoitteena on, kun kaikki turvaamisen eri tasot on käyty läpi tuloksena on alhainen jäännösriski. (SRT-YTE 2014, 2.) Jäännösriskillä tarkoitetaan riskin pienentämiseksi suoritettujen toimenpiteiden jälkeen jäljelle jäänyttä tai hyväksyttyä riskiä (Kyberturvallisuuskeskus 2023).

Rautatietunneleiden suunnittelulle on RATO18-ohje antanut turvallisuustavoitteiden pääperiaatteet seurattavaksi, joita ovat seuraavat. Suunnittelun on täytettävä kaikkien ylempänä mainittujen tahojen turvallisuusvaatimukset sekä valittava suunnitteluratkaisut mahdollisimman hyvän turvallisen kokonaisuuden saavuttamiseksi rakenteellisin ja teknisin keinoin. Kun suunnitellaan turvallisuuden edellyttämiä järjestelyjä ja järjestelmiä, tulisi suurin painoarvo antaa tehokkaimmin turvallisuustasoon vaikuttaville ennaltaehkäiseville toimenpiteille. Ihmisten poistuminen rautatietunnelista ulos tai turvalliselle alueelle omatoimisesti on oltava aina mahdollista. Poikkeus- ja onnettomuustilanteita varten on varmistettava

pelastusviranomaisten ja huoltohenkilöstön määräysten mukaiset toimintaedellytykset. (Rata-tekniset ohjeet osa 18 2023, 24-25.)

### 3.2 Turvallisuusjohtamisjärjestelmä

Turvallisuusjohtamisjärjestelmällä tarkoitetaan turvallisuudenhallinnan työkalua. Sen avulla, tässä tapauksessa, raideliikenteen toimija kehittää omaa toimintaansa ja hallitsee sen riskejä (Traficom 2023b). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rautateiden turvallisuudesta (2016/798) asettaa vaatimuksen rataverkon haltijoille sekä rautatieyrityksille omien turvallisuusjohtamisjärjestelmien käyttöönotosta. Turvallisuusjohtamisjärjestelmään on dokumentoitava rataverkon haltijan ja rautatieyrityksen välistä vastuunjako organisaatioissa, kuten riskien tunnistaminen ja hallinta sekä turvallisuus- ja valmiusasiat. Rataverkon haltijan toimintaa ohjaa myös Euroopan komission delegeoitu asetus (2018/762), joka käsittelee turvallisuusjohtamisjärjestelmän vaatimuksia. Tämä asetus vahvistaa yhteiset turvallisuusmenetelmät Euroopan parlamentin direktiivin (2016/798) pohjalta, ja sen vaatimukset on eritelty asetuksen liitteessä 2. Kotimainen raideliikennelaki (1302/2018) säätää lisäksi turvallisuusjohtamisjärjestelmästä. Suomessa valtion rataverkon haltijana on Väylävirasto, jonka vastuulla on muun muassa turvallisuus, toimintavarmuus sekä luotettavuus rataverkolla, kuten myös rataverkolla liikkuvien ja työskentelevien ihmisten turvallisuus. Kuvassa 1 esitetään Väyläviraston laajassa toimintaympäristössä toimivia sidosryhmiä, joiden kanssa Väylävirasto toimii yhteistyössä rataverkolla.



Kuva 1: Rautatiejärjestelmän sidosryhmät ja rajapinnat (Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä 2022.)

Väylävirasto harjoittaa kuvassa 1 kuvatun sidosryhmäkokonaisuuden kanssa aktiivista turvallisuusyhteistyötä ja turvallisuustilannekuvan seuranta. Se on tarpeellista turvallisuuden ylläpidon ja toiminnan jatkuvan edistämisen ja kehittämisen kannalta. Rajapinnoilla olevien toimijoiden, kuten suurten paperitehtaiden hallinnoimien yksityisraiteiden haltijoiden kanssa tehdään erillisiä sopimuksia, joilla hallitaan riskejä kahden eri rataverkon rajapinnassa. (Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä 2022, 2.)

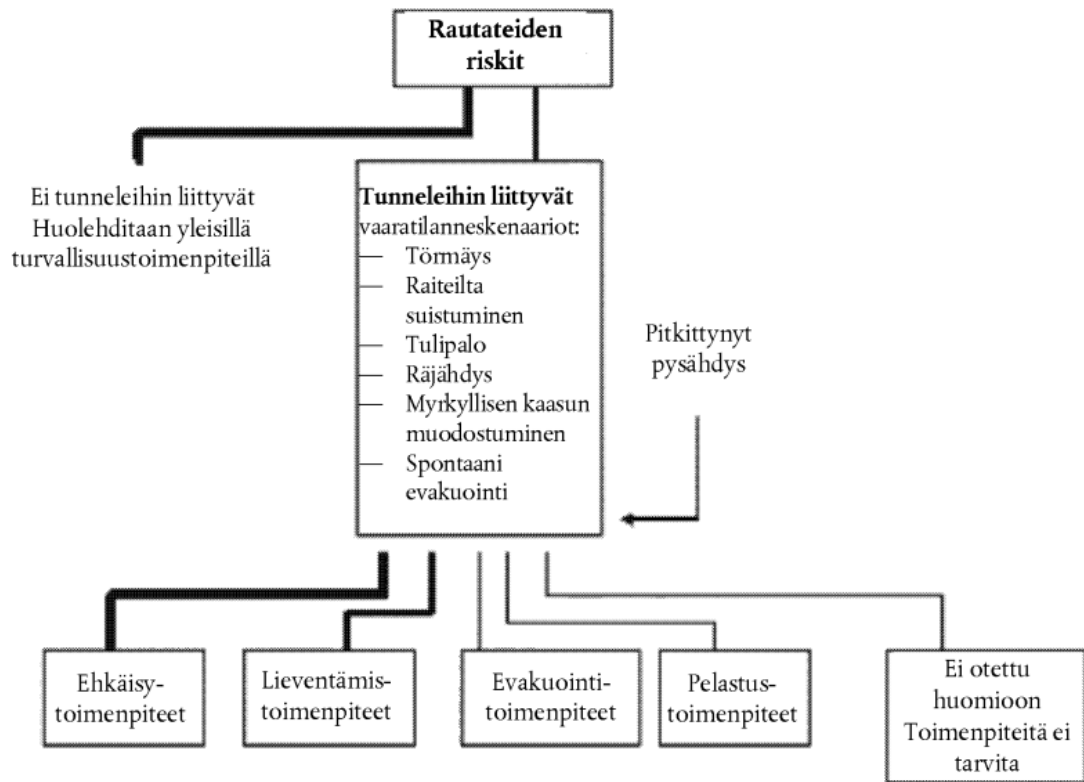
Asiantuntijavirastona Väylävirastolla on vastuu rautatieverkon kehittämisestä, ratahankkeiden suunnittelusta ja toteutuksesta, sekä kunnossapidosta. Rautatieverkon kunnossapidon tehtäviin lukeutuvat huollot, viankorjaukset ja tarkastukset. Kunnossapidon vastualueet on jaettu Suomessa neljään osaan pääilmansuuntien mukaan, joiden toiminnasta vastaavat aluepäälliköt. (Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä 2022, 6.5 & 6.5.2.) Rautatietunneleiden osalta kunnossapitäjällä täytyy olla ajantasainen tilannetieto tunneleiden kunnosta, tehdyistä toimenpiteistä ja toimenpide-ehdotuksista. Tämä on osa tunneleiden peruskunnossapitoa, jolla varmistetaan rakenteiden, laitteiden ja järjestelmien toimintakyky. Tällä toiminnalla pyritään toimitakunnon ja liikenneturvallisuuden varmistamiseen (Ratatekniset ohjeet osa 18 2023, 80.)

Väylävirasto on laatinut rautatietunneleille SRT-YTE asetuksen mukaiset pelastussuunnitelmat. SRT-YTE asetuksen lisäksi rautatietunneleiden pelastussuunnitelmasta säättää

Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta (407/2011). Pelastussuunnitelmat on laadittu tunne-likohtaisen riskienarvioinnin perusteella ja niitä päivitetään vaatimusten mukaisesti. Pelastus-suunnitelmat ovat turvaluokiteltua materiaalia, joka määrittelee tarpeelliset tietoturvali-suustoimenpiteet asiakirjaa käsiteltäessä. Väylävirastossa rautatievarautumisen kokonai-suutta, johon myös rautatietunnelit kuuluvat, koordinoidaan erillisen ryhmän toimesta. (Rau-tatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä 2022, 6.2.2.)

### 3.3 Vaaratilanteet

SRT-YTE-asetus määrittelee toimenpiteitä tietyille vaaratilanteille, joiden tavoitteena on rau-tatieonnettomuuden sattuessa helpottaa tai keventää pelastustoimia. Kuviossa 2 esitetyn mallin mukaisesti SRT-YTE asetus kokoaa tunneleihin liittyviä vaaratilanneskenaarioita sekä määrittelee toimenpiteitä. Kuvioista 2 on rajattu ulos sellaiset yleiset rautateihin liittyvät ris-kit, jotka eivät liity tunneleihin ja voidaan huolehtia yleisin turvallisuustoimenpitein. Kuviossa 2 on viitattu samoihin turvaamisen tasoihin, joita käsiteltiin kuviossa 1. SRT-YTE-asetus jaot-telee vaaratilanteet kolmeen eri ryhmään, jotka ovat kuumat- ja kylmät tilanteet sekä pitkit-tynyt pysähdys. Kuumiin vaaratilanteisiin lukeutuvat kuviossa 2 esitetyistä tapauksista tuli-palo, myrkyllisen savun tai kaasun muodostuminen sekä räjähdys ja sitä seuraava tulipalo. Suurimmaksi vaaraksi on määritelty tulipalo, jolla tarkoitetaan kuumuuden, liekkien ja savun yhdistelmää. Jos tulipalo syttyy junassa, se havaitaan junan paloilmamaisimien hälytyksestä tai junassa olevien ihmisten toimesta, jolloin myös kuljettaja saa siitä tiedon ja toimii sen jäl-keen saamansa ohjeistuksen mukaisesti. Tulipalotilanteessa junasta suljetaan ilmastointi sa-vun leviämisen ehkäisemiseksi. Tavoitteena on, että juna poistuu tunnelista, jonka jälkeen matkustajat evakuoituvat joko junan henkilökunnan avustuksella tai oma-aloitteisesti ulkoil-maan turvalliselle alueelle. Tilanteessa, jossa juna ei pääse poistumaan tunnelista, on sen mahdollista pysähtyä tunnelissa olevaan palontorjuntapisteeseen. Tämän jälkeen matkustajat evakuoidaan turvalliselle alueelle, joko junan henkilökunnan johdolla tai oma-aloitteisesti. Tilanteessa, jossa palonsammutusjärjestelmä sammuttaa tulipalon, muuttuu vaaratilanne kyl-mäksi. (SRT-YTE 2014, 2.2 & 2.2.1.)



Kuvio 2: Vaaratilanneskenaariot (SRT-YTE 2014, 2.2)

Kylmiin vaaratilanteisiin lukeutuvat kuviossa 2 esitetyistä tapauksista törmäys sekä raiteilta suistuminen. Kylmät vaaratilanteet erottuvat kuumista siten, että tulipalon aiheuttama vaarallinen ympäristö ei aseta ajallisia rajoitteita toiminnalle. Vaaratilanteissa pelastustoimen oletetaan avustavan ihmisiä pois tunnelista turvalliselle alueelle, pelastavan ihmisiä, jotka ovat jääneet loukkuun, antavan ensiapua sitä tarvitseville sekä toimimaan evakuoinnin johtoroolissa. Tulipalotilanteessa pyritään paloa rajoittamaan siten, että pelastustyöntekijöitä ja onnettomuuteen joutuneita voidaan suojella. (SRT-YTE 2014, 2.2.2 & 2.3.)

Pitkittänyt pysähdys määritellään suunnittelemttomaksi yli 10 minuuttia kestäväksi pysähdykseksi tunnelissa, johon ei liity kuumen tai kylmän vaaratilanteen tunnusmerkkejä. Tällaiset pysähdykset eivät sellaisenaan aiheuta vaaraa junan henkilökunnalle tai matkustajille. Pitkittänyt pysähdys voi kuitenkin laukaista junassa paniikkia, joka voi aiheuttaa spontaanin hallitsemattoman evakuoinnin. Tällaiset tilanteet altistavat ihmiset tunneliympäristön vaaroille. (SRT-YTE 2014, 2.2.3.)

Väylävirasto on laatinut oman erillisen rautatieonnettomuuksiin varautumisen ohjeen, jota sovelletaan yleisesti onnettomuustilanteissa, jotka aiheuttavat ihmisille, omaisuudelle tai ympäristölle välitöntä vaaraa tai vahinkoa. Ohjetta sovelletaan myös tilanteisiin, jotka vaativat pelastus- tai raivaustoimenpiteitä. Ohje on velvoittava valtion rataverkolla sekä sellaisilla

yksityisraiteilla, jotka ovat tehneet sopimuksen liikenteenohjauksesta Väyläviraston kanssa. Ohjeen mukaan rataverkon toimijoilla tulee olla suunnitelma varautumisesta sekä suunnitelman mukainen valmius toimia onnettomuustilanteissa. (Ohje varautumisesta rautatieonnettomuuksiin 2021, 8.)

### 3.4 Tarkastustoiminta

Rautatietunneleiden kunnossapidon pohjana toimii oikeaan aikaan ja vaadittavalla tarkkuudella tehdyt tarkastukset sekä tarkastusten havaintojen analysointi. Tunnelin tarkastuksissa on tutkittava kaikki rakenteet, varusteet ja laitteet huolellisesti, jotta niiden tilasta saadaan kattava kuva, ja mahdolliset vauriot voidaan havaita ajoissa ennen kuin ne aiheuttavat ongelmia tunnelin kunnossapidossa. (Ratatekniset ohjeet osa 18 2023, 81.) Rautatietunneleiden tarkastukset tuottavat tärkeää ymmärrystä rakenteiden nykykunnosta ja kunnan kehittymisestä. Erityyppiset tarkastukset tuottavat rakenteiden kunnon seurannan tueksi tietoa, joilla korjaustoimenpiteiden oikea-aikaisuutta voidaan koordinoita, jotta henkilö- ja liikenneturvallisuus sekä kantavuus rakenteissa säilyy vaaditulla tasolla. (Tunnelitarkastuskäsikirja 2023, 6.)

Tunneleita tarkastettaessa ohjaavina käsikirjoina toimivat Taitorakenteiden tarkastusohje (Liikennevirasto 2013) sekä Tunnelitarkastuskäsikirja (Väylävirasto 2023). Ratatekniset ohjeet antavat menettelytavat, kun käsitellään tai tarkastetaan tunnelissa sijaitsevia ratateknisiä rakenteita ja laitteita. (Ratatekniset ohjeet osa 18 2023, 81.) Tunnelitarkastuskäsikirja käsittelee viittä eri tarkastusta, joita tunneleiden rakenteille suoritetaan. Niitä ovat seuraavat: vastaanottotarkastus, vuositarkastus, yleistarkastus, erikoistarkastus ja tehostettu tarkkailu. Vastaanottotarkastuksella tarkoitetaan silmänmääräistä yleistarkastuskäytäntöjen mukaan suoritettavaa tarkastusta. Se suoritetaan yleisesti käyttöönoton tai peruskorjauksen yhteydessä tai kun rakenne luovutetaan omistajalle. Vuositarkastus suoritetaan nimensä mukaisesti vuosittain silmänmääräisesti. Tällöin tarkastetaan rakenteiden kuntoa ja hoidon tasoa, joista kerätyt havainnot raportoidaan lomakkeella tai raportilla. (Tunnelitarkastuskäsikirja 2023, 6.)

Yleistarkastuksessa rakenteiden kuntoa seurataan silmänmääräisesti sekä erikseen määritellyjä työkaluja apuna käyttäen. Tällaisia työkaluja ovat esimerkiksi geologin vasara, jota käytetään ruiskubetonin tai levyjen kiinnityksen kokeilemiseen sekä teräspiikki. Yleistarkastuksia tehdään kuuden vuoden välein, silloin voidaan havaittuja vakavia vaurioita asettaa tarkkailuun. Erikoistarkastus on työkalu, jota voidaan käyttää tarkempaa tietoa tarvittaessa ja yleensä se suoritetaan yleistarkastuksessa saatujen havaintojen perusteella. Se voidaan suorittaa koko tunnelille tai jollekin erikseen rajatulle alueelle. Tehostettua tarkkailua hyödynnetään yleensä, kun halutaan varmistaa, ettei havaittu vaurio pääse kehittymään niin vakavaksi, että henkilö- ja liikenneturvallisuus tai rakenteen kantavuus vaarantuisi. Seuranta voidaan tehdä myös kiinteästi asennettavilla mittalaitteilla ja antureilla. Näillä voidaan seurata

esimerkiksi halkeamaleveyksien ja -pituuksien kehittymistä. (Tunnelitarkastuskäsikirja 2023, 6.)

#### 4 Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät

Tässä luvussa tarkastellaan opinnäytetyön tyyppiä, joka on tutkimuksellinen kehittämistyö. Tiedonkeruumenetelmistä käydään läpi opinnäytetyössä käytettävä teemahaastattelu ja havainnointi. Lisäksi käsitellään aineiston analysointimenetelmänä käytettävää teemoittelua sekä opinnäytetyön eettisiä näkökohtia.

##### 4.1 Tutkimuksellinen kehittämistyö

Tämä opinnäytetyö on tutkimuksellinen kehittämistyö, jossa tähdätään käytännössä nousseiden haasteiden ratkaisemiseen sekä uudistamaan vanhoja toimintatapoja. Jotta kehittämistä voidaan tehdä, kerätään järjestelmällisellä ja kriittisellä tarkastelulla tietoa sekä teoriasta että käytännöstä. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä hyödynnetään laajasti erilaisia menetelmiä ja ollaan aktiivisessa vuoropuhelussa eri sidosryhmien kanssa. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 17-20.)

Tässä opinnäytetyössä hyödynnettävillä kvalitatiivisilla tiedonkeruumenetelmillä pyritään tarkastelemaan tutkittavaa asiaa mahdollisimman kattavasti. Työn kohdejoukko valitaan vastaamaan työn aihetta, joka on tyypillistä, kun käytetään kvalitatiivisia tiedonkeruumenetelmiä. Toisin kuin määrällisessä tutkimuksessa, jossa voidaan käyttää satunnaista otantaa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 161-164.)

##### 4.2 Haastattelut

Haastattelu on kehittämistehtäviin hyvin soveltuva menetelmä, joka mahdollistaa syvällisenkin tiedon keräämisen kehittämiskohteesta nopeasti. Haastattelu on menetelmäksi hyvin soveltuva valinta, kun halutaan antaa yksilölle mahdollisuus ilmaista itseään koskevia asioita vapaasti. Haastattelulla voidaan kerätä kattavasti uusia näkemyksiä avaavaa aineistoa aiheista, joita ei ole kattavasti tutkittu. Haastattelua kannattaa käyttää yhdessä toisen tiedonkeruumenetelmän kanssa, jolloin menetelmät tukevat toisiaan. (Ojasalo ym. 2014, 106.)

Kehittämistyössä haastattelu on menetelmä, jolla on tavoitteena tuottaa mahdollisimman luotettavaa ja pätevää tietoa. Haastattelumuotoja on erilaisia ja yleensä niitä erotellaan jäsentelyn ja muodollisuuden mukaan. Toisessa ääripäässä on loppuun asti jäsenneily, strukturoitu haastattelu ja toisessa päässä jäsentelemätön, täysin vapaa strukturoimaton haastattelu. Tässä opinnäytetyössä käytetään näiden kahden edellä mainitun haastattelumuodon välillä, teemahaastattelua. Teemahaastattelulle on ominaista, että haastattelussa



käsiteltävät teemat eli aihepiirit määritetty, mutta kysymysten tarkkaa muotoa tai järjestystä ei ole täsmennetty. (Hirsjärvi ym. 1997, 207-208.) Teemahaastattelua ei ole korvamerkitty kvalitatiivisen tai kvantitatiivisen tutkimuksen muodoksi, joka on sen vahvuus. Se ei aseta raameja haastattelujen määrälle tai miten syvällisesti aihetta tulee käsitellä. Tärkeintä on, että haastattelu etenee tiettyjen teemojen varassa yksityiskohtaisten kysymysten sijaan. Teemahaastattelun lähtökohtana on se, että keskiössä ovat tutkittavan omat tulkinnat asioista ja asioille annetut merkitykset. (Hirsjärvi & Hurme 2022, 4.2.3.) Tässä työssä valittiin teemahaastattelu menetelmäksi, sillä tavoitteena oli käydä haastateltavien kanssa vapaamuotoisia keskusteluja valituista teemoista. Suoritettuja haastatteluja käsitellään syvällisemmin luvussa 5.

### 4.3 Havainnointi

Havainnointia pidetään hyvänä kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmänä, koska sitä pidetään maailman ja todellisen elämän tutkimisena ja se välttää monien muiden menetelmien ongelmaksi olevan keinotekoisuuden. Sen etuna pidetään kykyä saada asian, yksilön tai ryhmän toiminnasta välitöntä ja suoraa tietoa luonnollisessa ympäristössä. (Hirsjärvi ym. 1997, 212-213.) Havainnoinnin ja esimerkiksi haastattelun tai jonkin muun tiedonkeruumenetelmän yhdistäminen pidetään usein toimivana ratkaisuna. Toisaalta tiedonkeruumenetelmänä havainnointi on aina aikaa vievä ja suuritöinen, puhumattakaan sen yhdistämisestä toisen menetelmän kanssa. Havainnointi soveltuu tiedonhankintamenetelmäksi tilanteissa, joissa tutkimuksen kohteesta tiedetään vähän tai ei mitään. Havainnointia pidetään haasteellisena tiedonkeruumenetelmänä analyysin kannalta. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 81-83.)

Havainnointi sopii myös sellaisiin kehittämistehtäviin, joiden kohteena ei ole yksilön toiminta tai vuorovaikutus, vaan sen kehittämiskohteeksi sopivat esimerkiksi esineet, ympäristö tai kuvat. Tutkijan kannalta esimerkiksi esineen tutkiminen sen todellisessa ympäristössä on tavoiteltavaa. Havainnoimalla voidaan selvittää mitä tutkittava asia tekee, miten sitä voidaan käyttää sekä mitä siinä tapahtuu. (Ojasalo ym. 2014, 114.)

Havainnoinnin prosessia tulee valmistella huolellisesti jo ennen tarkkailun aloittamista. Havainnoijan tulee selvittää oma havainnointi ympäristönsä ja selvittää miten siellä voi toimia. Kohteesta mukaan voidaan vaatia lupia päästä alueelle ja hyväksyntä aineiston keräämistä varten. Havainnoitsijan rooli tulee selvittää jo ennen tarkkailun aloittamista. Rooli voi olla kokonaan ulkopuolinen seuraaja tai aktiivisesti osallistuva tai jotain siltä väliltä. (Ojasalo ym. 2014, 115-116.) Tässä työssä käytetään aktiivista osallistumista, jossa havainnoija on mukana tutkittavan kohteen toiminnassa työntekijän roolissa. Havainnointia tehdään järjestelmällisesti ennalta määritettyihin kohteisiin, ja kerätyt havainnot kirjataan välittömästi ylös esimerkiksi omalle lomakkeelle.

Havainnointia valmistellessa tulee myös päättää havainnointitekniikka. Tekniikka voi olla joko strukturoimaton tai strukturoitu havainnointi. Strukturoitua eli jäsenneltyä havainnointia hyödynnettäessä kohde rajataan tarkasti ja määritetään tehtävään liittyviä luokitteluja. Strukturoimaton havainnointi on joustavaa ja väljää, jolloin se sopii tilanteisiin, joissa kaivataan mahdollisimman paljon ja monipuolista tietoa. Silti havainnointitekniikasta riippumatta on tärkeää määrittellä tavoitteet ja se tarkkuus mitä havainnoinnilta vaaditaan. (Ojasalo ym. 2014, 115-116.) Tässä työssä käytetään osallistuvaa strukturoimatonta havainnointia, koska tietoa haluttiin kerätä laajasti koko prosessin kulusta ja sen haasteista. Havainnointien toteutusta käsitellään syvällisemmin luvussa 5.

#### 4.4 Teemoittelu

Teemoittelu on aineiston analysointimenetelmä, jossa pyritään löytämään aineistossa useasti esiin nousseita ilmiöitä tai asioita. Esiin nousseet asiat voivat olla teemoihin liittyviä tai muita toistuvasti ilmenneitä asioita. Jotta analyysi ei jäisi pintapuoliseksi, etsitään aineistosta toistuvasti ilmeneviä asioita ja niiden yhteyksiä. (Ojasalo ym. 2014, 110.)

Haastattelu- ja havainnointiaineisto käydään läpi useampaan otteeseen ja kerätty aineisto puretaan teemoittain eli teemoitellaan. Tässä vaiheessa aineistosta yksilöidään esiin nousseita asioita, jotka ovat nousseet esiin useammassa haastattelussa. Jotta teemoittelu olisi helpompaa, tulee analyysi tehdä mahdollisimman pian haastatteluiden jälkeen. Näin haastatteluissa käsitellyt asiat ovat todennäköisemmin tuoreena haastattelijan mielessä. (Ojasalo ym. 2014, 110-111.) Teemoittelu valittiin analyysimenetelmäksi, koska laajasta aineistosta piti saada nopeasti ja helposti kerättyä tietoa. Työssä myös keskityttiin tiettyihin teemoihin haastatteluissa ja havainnoinneissa, joka tuki teemoittelua analyysimenetelmäksi.

#### 4.5 Eettisyys

Tutkimuseettinen neuvottelukunta on laatinut tieteelliset käytännöt, joita noudattamalla voidaan varmistaa työn luotettavuus ja eettisyys. Hyvien käytäntöjen keskeisiä toimintatapoja ovat esimerkiksi rehellisyys, huolellisuus ja tarkkuus. Työssä käytettävien aineistojen laatijoita tulee kunnioittaa ja antaa heidän työlleen niille kuuluva arvo viittaamalla aineistoihin asianmukaisella tavalla. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021a.)

Tutkimuseettinen neuvottelukunta on laatinut eettiset periaatteet myös ihmiseen kohdistuvaan tutkimukseen kuten haastatteluun. Näiden periaatteiden mukaan työn tekijän tulee toteuttaa haastattelunsa tavalla, joka ei aseta haastatteluun osallistuneita merkittävien riskien, vahinkojen tai vaarojen alaiseksi. Osallistujien tulisi pystyä säilyttämään luottamus työn tekijään. Osallistujilla tulee olla oikeus tietää haastattelun tavoitteista ja osallistumisen merkityksestä totuudenmukaisella tavalla. Peruseriaatteena on, että haastatteluun osallistuvien

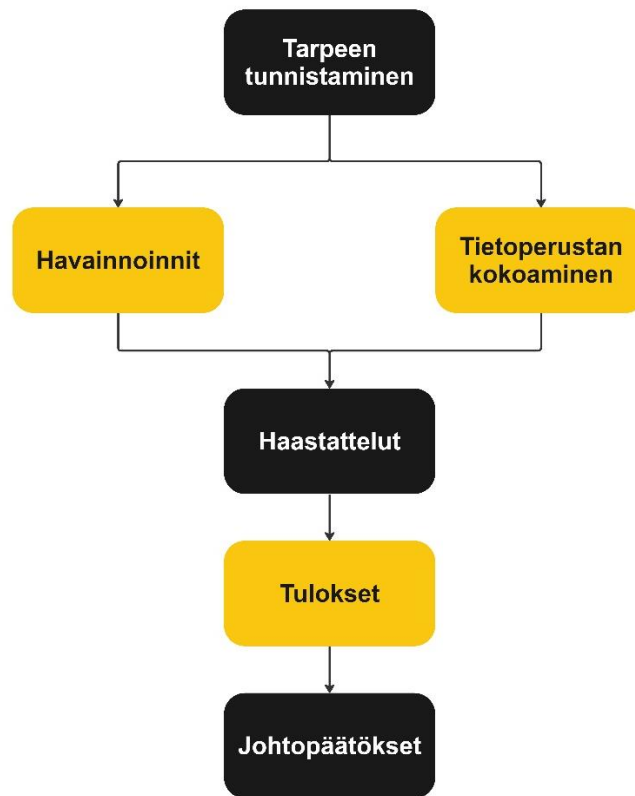
yksityisyydestä pidetään huolta, ja nimi voidaan julkaista vain haastateltavan henkilökohtaisella suostumuksella. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021b.)

Tämän työn eettisyyttä ja luotettavuutta vahvistaa tekijän huolellinen ja laaja tutustuminen aiheeseen liittyvään taustamateriaaliin ja alan kirjallisuuteen. Käytettyyn taustamateriaaliin ja kirjallisuuteen on viitattu työssä asianmukaisin lähdeviittein. Haastatteluissa otettiin huomioon haastateltavat ihmiset, ja heitä informoitiin totuudenmukaisesti työn tavoitteista ja haastatteluun osallistumisen merkityksestä. Haastateltavien yksityisyydensuojaa on kunnioitettu työtä tehtäessä.

## 5 Opinnäytetyön prosessi

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön prosessia kronologisessa järjestyksessä alusta loppuun. Osiossa perehdytään havainnointien suorittamisen käytännön järjestelyihin ja taustaan. Lisäksi käsitellään syvällisemmin haastattelujen toteutusta sekä aineiston analysointia.

Opinnäytetyön teko aloitettiin virallisesti lokakuussa 2023, jolloin järjestettiin opinnäytetyöprojektin aloituskokous tilaajan edustajien kanssa. Opinnäytetyön pohjatöitä päästiin kuitenkin tekemään jo elokuussa 2023, kun pidettiin vuoden 2023 tunneliturvallisuuskatselmusten aloituskokous. Kokoukseen osallistui opinnäytetyön tekijän lisäksi Sitowisen vanhempi asiantuntija sekä kaksi Väyläviraston edustajaa. Kokouksessa sovittiin alustavat ajankohdat katselmusten suorittamiselle sekä käytiin läpi ohjelmassa olevat rautatietunnelit. Katselmusten aikana toteutettiin havainnointia, joka oli valittu työn keskeiseksi tiedonkeruumenetelmäksi. Havainnointia harjoitettiin kolmen kuukauden ajan, kattaen koko katselmusprosessin. Tämä sisälsi vaiheet alkaen lähtötietojen hankinnasta, katselmusajankohtien järjestämisestä ja dokumenttien tarkistuksesta aina katselmusten suorittamiseen ja loppuraportin laatimiseen. Katselmuksot suoritettiin tunneleissa 2-3 tunnelin päivätahdilla siten, että tunneleissa vietettiin yhteensä neljä yötä. Tunneleiden ulkoiset rakenteet ja ympäristö katselmoitiin päiväsai-kaan, jolloin saatiin selkeämpi kuva ympäristöstä. Tunneleiden sisäosat jouduttiin katselmoi-maan yöaikaan rataosuuden aktiivisen junaliikenteen vuoksi. Katselmointipäivät sijoitettiin kahdelle eri viikolle siten, että ensin katselmoitiin neljä tunnelia ja seuraavalla viikolla kuusi tunnelia.



Kuvio 3: Opinnäytetyön prosessi

Katselmuksilla kerättiin muistiinpanoja katselmusten eri vaiheiden suorittamisesta ja niillä havaituista kipukohdista. Havainnoinnin tavoitteena oli huomioida asioita, jotka vaikuttavat tai ovat sidoksissa katselmusten valmisteluun, läpiviemisen sujuvuuteen ja raportointiin. Havaintojen pohjalta kerättiin muistiinpanoja, joita päivitettiin ja tarkennettiin koko katselmusprosessin ajan. Havainnointijaksolla kerättiin tietoa katselmusprosessin nykytilasta ja kerrytettiin tietoperustaa opinnäyteyötä varten. Havainnoinneista saatu materiaali analysointiin teemoittelemalla.

Havainnointien aikana kerättiin myös pohjaa haastatteluille, joita pidettiin tunneliturvallisuuden ja taitorakenteiden kanssa tekemisissä olevien ja olleiden asiantuntijoiden kanssa. Haastateltavia oli mukana niin kunnossapidon-, turvallisuuden- kuin myös suunnittelun puolelta. Haastatteluvaihe aloitettiin lokakuussa 2023 suunnittelemalla runkoa avoimeen teemahaastatteluun. Haastatteluille asetettiin kaksi pääteemaa. Ensimmäisenä käsiteltiin katselmustyökälun muotoa ja parhaita toimintatapoja. Tämän jälkeen keskityttiin katselmustyökälun sisältöön, jossa tarkasteltiin sen keskeisiä vaatimuksia, löydettävyyttä ja selkeyttä. Lisäksi pohdittiin, miten eri tekniikka-alojen osaaminen ja näkökulmaerot voivat vaikuttaa eri seikkojen huomaamatta jäämiseen. Haastattelurunko löytyy liitteestä 1. Kun haastattelurunko oli valmistunut, valittiin yhdessä tilaajan kanssa ne henkilöt, jotka kutsuttaisiin haastatteluun.

Haastatteluja toteutettiin yhteensä seitsemän, joihin valittiin eri asiantuntijoita. Haastateltavat olivat neljä kunnossapidon edustajaa Väylävirastosta, yksi vanhempi asiantuntija ja yksi suunnittelija Sitowise Oy:ltä, sekä asiantuntija toisesta Suomessa toimivasta raideliikennealan yrityksestä. Kutsut haastateltaville lähetettiin lokakuun loppupuolella ja haastatteluajankohdat sovittiin nopeasti.

Haastatteluiden tavoitteena oli selvittää katselmointeja suorittaneilta henkilöiltä heidän näkemyksiään hyvistä toimintatavoista ja toimivista katselmustyökaluista. Haastatteluissa haluttiin myös selvittää turvallisuuteen liittyvässä ohjeistuksessa kerrottujen vaatimusten tunnistettavuutta ja selkeyttä. Lisäksi pyrittiin tunnistamaan mahdolliset huomioon otattavat asiat tunneleissa, jotka saattavat jäädä huomaamatta eri tekniikan alojen asiantuntijoiden erilaisen osaamisen ja katsantokannan vuoksi. Haastatteluihin valittiin tarkoituksella tunneleiden kanssa säännöllisesti tekemisissä olevia henkilöitä eri sidosryhmistä, joilla saattoi mahdollisesti olla eri tekniikan alan tausta, näkökulmia tai työkokemusta. Haastatteluilla oli kokemusta monenlaisista eri katselmuksista taitorakenteiden parissa. Tällä voitiin mahdollistaa mahdollisimman laajan näkökulman saaminen.

Ensimmäinen haastattelu pidettiin keskiviikkona 18.10.2023, ja sen kesto oli noin 45 minuuttia. Haastateltavana oli Sitowisen asiantuntija, joka on ollut mukana suorittamassa rautatie-tunneleiden turvallisuuskatselmuksia. Haastattelu suoritettiin Sitowisen toimitiloissa. Haastattelu äänitettiin ja litteroitiin. Toinen ja kolmas haastattelu pidettiin maanantaina 23.10.2023 Teams-alustan avulla. Ensin haastateltiin Väyläviraston rakentamisen parissa työskentelevää henkilöä, joka on mukana Väyläviraston tunneleista vastaavassa ryhmässä ja omaa kokemusta katselmoineista useamman vuoden ajalta eri taitorakenteiden parissa. Seuraavana haastateltiin myös Väyläviraston tunneleista vastaavassa ryhmässä toimivaa taitorakenneasiantuntijaa, jolla on kokemusta rakennetarkastusten suorittamisesta ja tunneleiden suunnittelusta. Molemmat haastateltavat antoivat luvan äänittämiselle ja litteroinnille.

Neljäs haastattelu suoritettiin tiistaina 24.10.2023 Teams-alustalla. Haastattelussa oli Väyläviraston suunnittelija ja tekninen asiantuntija, jolla on kokemusta geoteknisestä suunnittelusta ja kalliorakenteista. Haastattelu kesti noin 40 minuuttia ja se äänitettiin sekä litteroitiin. Viides haastattelu suoritettiin torstaina 26.10.2023 Teams alustalla. Haastattelussa oli Väyläviraston taitorakenneyksikön taitorakenneasiantuntija, jonka tehtäviin kuuluu tunneleiden rakenteisiin liittyvät asiat, omaisuuden hallinta sekä tarkastusten teettäminen, kehittäminen ja pätevyyksien ylläpito. Haastattelu kesti noin 65 minuuttia ja se äänitettiin ja litteroitiin.

Kuudes haastattelu suoritettiin Teams-alustalla keskiviikkona 1.11.2023, ja se kesti noin 50 minuuttia. Haastateltavana oli Sitowisen kalliorakennesuunnittelija, jolla on yli 15 vuoden kokemuksen tunnelisuunnittelusta, ja on toiminut pääsuunnittelijana erilaisissa maanalaisten

tilojen hankkeissa sekä suorittanut tarkastuksia. Haastattelu äänitettiin ja litteroitiin. Seitsemäs ja viimeinen haastattelu pidettiin perjantaina 24.11.2023 Teamsin välityksellä. Haastateltavana oli suomessa toimivan suunnittelu- ja konsulttiyhtiön rautatieasiantuntija, joka on suorittanut rautatietunneleiden turvallisuuskatselmuksia kolmen vuoden ajan erilaisissa rautatietunneleissa sekä toiminut muussa asiantuntijatyössä rautatietunneleiden saralla. Haastattelu kesti noin 60 minuuttia, ja se äänitettiin sekä litteroitiin.

Haastattelujen valmistuttua lähestulkoon aikataulussa aloitettiin saadun materiaalin analysointi. Haastattelut litteroitiin jo haastattelujen yhteydessä Teams-alustan avulla, jonka tuottama teksti kirjoitettiin haastattelun jälkeen puhtaaksi. Kuten myös havainnointien tulosten kohdalla, haastatteluista saatu materiaali analysointiin teemoittelemalla. Opinnäytetyön tiedonkeruu saatiin päätökseen marraskuun toiseksi viimeisellä viikolla ja päästiin näin siirtymään tulosten ja johtopäätösten kirjoittamiseen.

## 6 Tulokset

Tässä luvussa käsitellään kehittämistyön tiedonkeruumenetelmien - haastattelujen ja havainnointien - tuloksia. Tulokset on käsitelty kolmen eri teeman muodossa, jotka ovat katselmusten nykytila sekä katselmustyökalun muoto ja sisältö. Yksittäisiin haastatteluihin ei viitattu tuloksissa, koska haastateltavia ei haluttu yksilöidä.

### 6.1 Katselmusten nykytila

Haastateltavien kokemukset tunneleita koskevien vaatimusten selkeydestä ja tunnistettavuudesta aiheuttivat hajontaa haastateltavien keskuudessa. Käytännössä suunnittelijat kokivat tunneleita koskevat vaatimukset selkeämmiksi ja tunnistettavimmiksi kuin katselmointeja suorittavat. Katselmointeja suorittavat myös kokivat vaatimusten olevan suunnattu enemmän suunnittelijoille, jolloin niiden tulkinta havaittiin haastavaksi valmiiden rakenteiden kanssa työskenteleville. Keskeisimpänä havaintona kaikilta haastateltavilta oli ohjeesta tiedon löytämisen työläisyys, jos sitä yrittää nopeasti etsiä.

Jäsennellylle vaatimusten koonnille nähtiin olevan selkeää tarvetta, erityisesti katselmusten suorittamisen yhteyteen, jota perusteltiin nimenomaan RATO18-ohjeen käytön hitaudella. Ko-koomistystä vaikeuttaa ohjeistossa usein esiintyvä termi 'hankekohtaisuus'. Tämän vuoksi vie paljon aikaa selvittää, soveltuuko jokin tietty vaatimus kuhunkin katselmoitavana olevaan tunneliin. Toisena haasteena vaatimusten yksiselitteisyydelle koettiin olevan tunneleiden suuri ikähaitari: vanhimmat tunnelit Suomessa on rakennettu täysin erilaisilla suunnitteluperusteilla kuin nykyaikaiset tunnelit, jolloin tunneleiden vaatimustenmukaisuus ei ole vertailukelpoinen.

Havainnointien aikana vaatimuksia käsiteltiin koko katselmusprosessin ajan, aina valmistelusta itse katselmointiin ja raportointiin. Havainnointien aikana katselmoitiin tunneleita, jotka ovat eri aikakausilta, eri pituisia ja niissä on erilaisia rakenneratkaisuja. Juuri kyseessä olleiden toisistaan monin tavoin poikkeavien tunnelien kohdalla törmättiin vaatimusten epäselvyyteen ja hankekohtaisiin ratkaisuihin. Tunneleita oli myös peruskorjattu eritasoisesti, joka loi entistä isompia kuntoeroja. Havainnointien aikana saadut tulokset alleviivaavat lähtötietoihin tutustumisen tärkeyttä, jolloin jokaisen tunnelin omat erityispiirteet tulevat tutuiksi ja myös tunnelikohtaisia vaateita on helpompi sisäistää.

Myös havainnointien aikana koettiin tarvetta vaatimusten tiiviimmälle ja strukturoidummalle koonnille, josta vaatimuksia olisi nopeampi tarkistaa. Tunnelin liikennöinnistä riippuen katselemukset voivat joutua noudattamaan tarkkaa aikaikkunaa, joka määrittää, milloin tunnelissa on mahdollista liikkua. Tällaisissa tilanteissa vaatimusten tarkistamisen helppous painottuu. Vaikka vaatimuksia on mahdollista tarkistaa tarvittaessa jälkikäteen, saadaan kokonaisvaltaisempi ja tarkempi kuva tunnelin nykytilasta suorittamalla tarkastukset paikan päällä, verrattuna pelkästään valokuvien käyttöön.

## 6.2 Katselmustyökalun muoto

Katselmustyökalun osalta oli keskeistä ottaa selvää, millaiset apuvälineet haastateltavat kokevat hyödyllisiksi ja sopiviksi. Kaikki vastaajat olivat yksimielisiä siitä, että tarkastuslista, lomake tai muu katselmoitavat asiat sisältävä työkalu, on tarpeellinen. Työkalun muoto paperisena tai mobiili laitteella käytettävänä jakoi haastateltavien mielipiteitä. Neljä seitsemästä vastaajasta koki käyttävänsä mieluummin digitaalista työkalua kuin paperista, mutta kaikki haastateltavat kokivat, että paperisen version tulisi olla vähintään vaihtoehto tilanteessa, jossa mobiililaitte ei esimerkiksi toimi. Haastateltavilla oli kokemuksia, joissa nettipohjaisten lomakkeiden käyttö tunnelissa oli johtanut joko kaikkien tai osan muistiinpanoista häviämiseen internet-yhteyden katketessa. Edellä mainitun tapaiset tapaukset aiheuttivat haastateltavien keskuudessa huolta digitaalisen työkalun toimivuudesta. Haastateltavat myös painottivat katselmuksen dokumentoimista valokuvien ja mahdollisesti videoin kirjallisen dokumentaation lisäksi. Esimerkiksi valokuvien avulla voidaan rautatietunnelin tilannetta käydä läpi vielä jälkeenpäin ja käyttää kuvia raportoinnin tukena. Toiveeksi dokumentoinnin muodosta nousi esiin myös piirtäminen, jota osa haastateltavista suosi havainnollistamisen apuvälineenä.

Tunneleissa havainnointia suoritettaessa käytettiin sekä paperisia että digitaalisia muistiinpanoja. Tällöin niiden toimivuuden havaittiin olevan hyvinkin tasaväkistä. Paperiin muistiinpanojen tekeminen onnistui hyvin hanskat kädessä lyijykynän avulla, ja ne kirjoitettiin myöhemmin puhtaaksi. Haastetta aiheutti pimeässä tunnelissa kirjoittaminen otsalampun valossa sekä tunnelin kostea ilmanala, joka aiheutti paperin vettymistä. Tabletille tehdyt muistiinpanot toimivat sikäli hyvin, että laitetta ei erikseen tarvinnut valaista eikä siihen vaikuttanut

kosteus. Toisaalta kylmässä ilman hanskoja kirjoittaminen on haastavaa, eikä tabletille kirjoittaminen ole yhtä ketterää ja nopeaa kuin paperille. Digitaalisesti kirjoitetut muistiinpanot olivat vahvuus, kun katselmuksen havainnot purettiin myöhempänä ajankohtana, koska ne olivat yksinkertaista siirtää muihin tiedostoihin. Kirjoitetut muistiinpanot tuottivat haasteita hämärässä kirjoitetun tekstin ollessa ajoittain epäselvää ja muistiinpanojen rakenteen ollessa poukkoileva. Havainnoinnin tuloksena huomattiin, että riippumatta siitä, ovatko muistiinpanot paperilla tai digitaalisessa muodossa, olisi hyödyllistä olla saatavilla jokin jäsenelty tarkastuslista tai vastaava työkalu. Tämä ei pelkästään helpota katselmuksen suorittamista tunnelissa, mutta myös jäsentele muistiinpanot valmiiksi selkeäksi kokonaisuudeksi, joka helpottaa ja nopeuttaa koonti- sekä raportointivaiheessa. Kuten myös haastatteluissa nousi ilmi, todettiin havainnointien aikana tärkeäksi dokumentoida katselmuksen kirjallisten muistiinpanojen lisäksi valokuvien.

Katselmustyökalua varten haluttiin selvittää, mitkä arviointiasteikot haastateltavat kokivat toimivaksi katselmuksilla. Haastateltavien välillä oli vaihtelua siinä, millaista arviointiasteikkoa he suosivat, mutta kaikkien haastateltavien mielestä asteikko antaisi kaivattua struktuuria katselmuksen osa-alueiden arviointiin. Arviointiasteikko toimisi yksinkertaisimmin numeerisena, jota on tukemassa sanallinen selite arvosanakohtaisesti. Haastatteluissa arvioitiin, että sanallisen selitteen määrittäminen voi osoittautua haastavaksi. Haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että kaksiportainen numeerinen arviointiasteikko on liian kapea, eikä anna kaivattua tilannekuvaa kohteesta. Suosikkina haastatteluissa oli viisiportainen arviointiasteikko joko skaalalla nollasta neljään tai yhdestä viiteen. Yksimielisiä haastateltavat olivat myös siitä, että numeerisen arvosanan tukena täytyy olla kommentti tai ainakin mahdollisuus kommentille, jolloin voi omin sanoin arvioida kohteen tilaa. Yleinen kanta haastateltavien keskuudessa oli, että työkalu toimii parhaimmillaan katselmuksen apuvälineenä ja tuomassa rakennetta prosessiin. Sen ei kuitenkaan nähty syrjäyttävän katselmukselta tehtävää loppuraporttia.

Tunneleissa havainnoiteja suoritettaessa käytettiin kolmiportaista arviointiasteikkoa, jonka portaat olivat 'kunnossa', 'ei kunnossa' ja 'puuttuu'. Tällaisesta asteikosta saatiin risteäviä kokemuksia. Toisaalta asteikon käyttö oli yksinkertaista ja nopeaa eikä sen käyttö vaatinut juurikaan pohdintaa, mutta raportointivaiheessa tällainen asteikko ei antanut minkäänlaista lisäarvoa. Kuten myös haastatteluissa arvioitiin, on arvosanan yhteydessä oleva sanallinen kommentti tärkeä ja kolmiportaisella asteikolla sen merkitys suurenee entisestään.

Haastatteluissa käsiteltiin mahdollisen numeerisen arvosanan antamaa mahdollisuutta tunneturvallisuuden kokonaisarvosanalle ja sen hyödyille kunnossapidossa ja kunnossapidon suunnittelussa. Haastateltavat näkivät kokonaisarvosanalla olevan paljon mahdollisuuksia kunnossapidon käytössä ja ehdottomasti edistävän ajantasaisen tilannekuvan saantia. Kokonaisarvosanan kohdalla todettiin myös selkeitä haasteita. Samaan ideaan perustuva kokonaisarvosana



on kunnossapidolla käytössä toisessa tarkastustyyppissä, jossa tämän käyttö ei ole tähän mennessä toiminut tilannekuvan saamisessa halutulla tavalla. Tunneliturvallisuuden kohdalla havaittiin myös haasteena mahdollinen tulosten vääristyminen johtuen eri aikakaudella rakennettujen tunnelien erilaisista vaatimuksista. Haastatteluissa havaittiin mahdollisuutena aloittaa kokonaisarvosanan kehitys osa-aluekohtaisesta arvosanasta. Havainnointien aikana havaittiin haastatteluissakin mainittu tunneleiden rakentamisaikakaudesta johtuvat erot ja niiden keskenään vertailun haasteet.

### 6.3 Katselmustyökalun sisältö

Katselmustyökalun sisällöstä haluttiin selvittää haastateltavilta heidän omien tekniikka-alojen katsantokantojen kautta esiin nousevia painotuksia ja toistuvia havaintoja, joita tulisi seurata. Useimmin haastatteluissa esiin nousi poistumisreittien kunto ja opasteet havainnoitavana kohteena. Poistumisreiteiltä tulisi erityisesti valvoa kävelypinnan kuntoa ja mahdollisia esteitä, kuten sepelistä esiin nousseita kaapeleita ja muuta roskaa. Lisäksi on hyvä valvoa poistumisreitillä mahdollisesti olevia kaapelihyllyjä ja muita mahdollisesti matalalla olevia rakenteita, jotka hankaloittavat vapaata kulkua. Lisäksi poistumisreittien seinillä voi olla tunnelin rakenteeseen liittyviä metallitappeja tai -tankoja, jotka ulkonevat betoni- tai kalliopinasta. Poistumisreittien kuntoa tulisi tarkastella kokonaisuutena ja pyrkiä arvioimaan kuntoa hätätilanteessa pelastautumisen kannalta. Poistumisreittien opasteista huomioitiin opasteiden yleinen kunto, luettavuus, riittävä informaatio ja vaatimusten mukainen sijoittelu. Lisäksi nähtiin tärkeäksi havainnoida opasteita myös pelastustoimen toiminnan näkökulmasta. Rautatietunnelissa voi olla useampia toisiinsa yhteydessä olevia ratatunneleita ja muita tunneleita, joita käytetään esimerkiksi huolto- tai poistumistietarkoituksiin. Tällaisia eri tiloja yhdistävien ovien kuntoa ja toimivuutta tulisi kokeilla sekä huomioida mahdollisia merkkejä ruostumisesta, joka on tunnelin kosteassa ilmanalassa yleistä.

Havainnointien aikana kiinnitettiin huomiota poistumisteiden erilaisiin toteutusratkaisuihin. Poistumistie voivat olla esimerkiksi toteutettu tampedulla sepelipohjalla tai betonilaatoilla. Poistumistiellä tulee kiinnittää huomiota kulkupintojen käytettävyyteen ja havainnoida niiden käyttöä mahdollisen evakuoinnin näkökulmasta. Tunnelissa olevien poistumisopasteiden sijoitteluun tulee havainnointien perusteella kiinnittää huomiota. Poistumisreittiopasteiden tulisi palvella mahdollisimman hyvin ihmisiä evakuointitilanteessa, jota kannattaa käyttää näkökulmana katselmuksella.

Suurimmassa osassa haastatteluista tunneleiden suuaukot, kallioleikkaukset ja lähiympäristö nousivat omaksi aihepiirikseen. Kallioleikkauksia on eri mittakaavoissa lähes kaikkien tunnelien suuaukoilla, ja joidenkin peräkkäin olevien tunnelien välissä. Lisäksi osalle tunneleista on rakennettu erillinen suuaukkorakenne. Tärkeäksi koettiin kallioleikkauksia ja suuaukkorakenteita ympäröivän aidan olemassaolon ja kunnon seuranta, jotta voidaan estää ihmisten tai

eläimien putoaminen radalle tai sähköradan rakenteisiin. Niin ikään tarpeelliseksi nähtiin havainnoida suuaukkoa mahdollisesti kiertävän tukimuurin kuntoa. Tukimuurin tarkoituksena on estää esimerkiksi kivien pyöräminen kalliolta radalle sekä johtaa kalliolta tulevia vesiä pois radalta. Kallioleikkauksien ja suuaukkojen ympäristön kasvustoa tulisi seurata esimerkiksi riskialttiiden puiden kannalta sekä arvioida niiden kasvua noin viisi vuotta eteenpäin. Tunnelin suuaukoille tulisi myös johtaa pelastustiet, joiden olemassaoloa, kuntoa ja tien hoitoa koskevia asioita tulisi tarkastella pelastustoimen näkökulmasta. Pelastusteillä, kuten myös poistumisteillä, tulisi havainnoida pelastustoimea varten asetettuja opasteita ja merkintöjä. Ulkopuolella on hyvä seurata vesivalumia suuaukon yläpuolella ja kallioleikkauksien seinillä. Jäätyessään näihin kohtiin voi syntyä paannejäätä, jolla tarkoitetaan kallion tai maan pinnalle muodostuvaa kerroksittaista jäätä. Paannejäiden havainnoinnin kannalta otollisin aika katselmukselle on keväällä maali-huhtikuun aikoihin. Suuaukoilta tulisi haastateltavien mukaan myös tarkastella mahdollista vesien lammikoitumista radan sivuille. Kallioleikkauksien seinää tulisi tarkkailla ja havainnoida mahdollisia suuria halkeamia sekä irtonaisia tai jo pudonneita kiven lohkareita.

Havainnointien perusteella todettiin, että tunneleiden suuaukkoja ja kallioleikkauksia katselmoitaessa tulisi kiertää koko tunnelin suuaukko, jos suoja-aita ja mahdollinen tukimuuri eivät ole kokonaan näkyvissä. Tunnelin ympäristöstä riippuen ympäröivä kasvusto voi olla hyvinkin tiheää eikä seassa olevaa suoja-aitaa tai sen kuntoa näe. Suoja-aidan puutteita on täten hyvä käydä tarkistamassa lähempää ja tutkia onko aita esimerkiksi noussut korkealle maanpinnasta tai aidan kiinnikkeet irronneet. Aidoissa on myös ajoittain reikiä tai niitä on poistettu korjaustöitä varten ja unohdettu asentaa takaisin.

Vaikka rakenteeseen liittyvät asiat eivät suoraan liity tunneliturvallisuuskatselmukseen, haastateltavat kokivat, että rakennetta on hyvä havainnoida oman osaamisen rajoissa ja esimerkiksi ohjata havainnot rakennetarkastuksiin erikoistuneelle asiantuntijalle. Merkittävimpana asiana rakenteista nousivat esiin vesivuodot ja yleisesti vesi tunnelissa. Vaikka lähtökohtaisesti tunnelissa ei pitäisi olla vettä, on väistämätöntä, että vettä esiintyy siellä jossain muodossa kalliorakenteiden luonteen vuoksi. Rakennetta on hyvä tarkastella kokonaisuutena alkaen tunnelin pohjalta radan alusrakenteesta ja kulkutiestä seiniin ja kattoon. Alusrakenteesta ja kulkutiestä tulisi seurata merkkejä esimerkiksi tulvimisesta tai veden virtaamisesta, mikä antaa tietoa kuivatuksen toiminnasta. Samoin tulisi seurata tunnelin seinää ja havainnoida niistä laajoja kosteita alueita ja mahdollisia vuotokohtia. Näitä voi esiintyä erityisesti kaapeleiden läpivientien ja pultitusreikien kohdalla. Erityisen tärkeäksi koettiin havainnoida sitä, minne vuotokohtien vesi tippuu. Erityisesti tulee seurata veden tippumista kiskoille, jolloin kiskoille voi muodostua paannejäätä. Tunnelissa seinät ovat yleisesti joko ruiskubetonoitu tai paljaalla kalliopinnalla. Näitä pintoja tulisi tarkkailla ja havainnoida mahdollisia laajoja halkeamia sekä irtonaisia tai jo pudonneita kiviä tai betonin palasia.

Havainnointien aikana huomattiin, että tunnelin rakenteiden katselmointi ilman laajempaa kokemusta tunneleiden rakenteista on hyvin haastavaa. Vaikka turvallisuuskatselmuksilla rakenteiden tarkastus ei ole pääpainona, on hyvä katsoa kokonaisuutta kattavasti sillä omasta mielestä mitättömät asiat voivat todellisuudessa olla paljon vakavampia. Havainnoita tulisi tehdä mieluummin liian herkästi kuin ei ollenkaan. Väyläviraston rakennetarkastuksiin tarkoitettu tunnelintarkastuskäsikirja toimii tarpeen tullen hyvänä tukena katselmoijalle rakenteita koskevissa havainnoissa. Turvallisuuskatselmuksilla tehtyjen rakenteellisten havaintojen kohdalla olisi hyvä konsultoida rakennetarkastajaa tai vastaavan osaamisen omaavaa henkilöä.

Haastatteluissa nostettiin esiin myös mahdolliset vahingonteot kuten erilaiset töherrykset ja maalaukset tunnelin ympäristössä. Lisäksi tulisi seurata mahdollisia merkkejä ihmisten oleskelusta tunnelissa tai sen välittömässä läheisyydessä. Kuuluen samaan kokonaisuuteen tulisi havainnoida tunnelin alueen yleistä siisteyttä ja alueella olevia mahdollisia jätteitä kuten rakennusjätettä jäänyttä puutavaraa ja betonijätettä. Ylimääräisiä esineitä ja jätettä alueella kannattaa huomioida myös mahdollisten vahingontekojen näkökulmasta. Vahingonteot, alueella oleskelu ja yleinen siisteys korostuvat mitä lähempänä tunneli sijaitsee asutuskeskuksia. Edellä mainittu todettiin myös havainnointien aikana varsinkin vahingontekojen ja alueella oleskelun osalta. Tunneleiden lähistöllä havaittiin myös esimerkiksi nuotion jäänteitä sekä jonkinasteista päihteiden käyttöä.

Haastatteluissa tunnistettiin erot uusien ja vanhojen tunneleiden eroavaisten järjestelmien osalta. Varsinkin uusissa tunneleissa voi sijaita useita erilaisia turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä, joiden kuntoa ja toimivuutta tulisi tarkastella ja testata mahdollisuuksien mukaan. Alueen nimetyltä kunnossapitäjältä voi tiedustella järjestelmien huoltokirjoja ja tarkastushistoriaa, sekä kunnossapitäjää voi haastatella tai esittää kirjallisia kysymyksiä. Havainnointien aikana todettiin haastavaksi tiettyjen järjestelmien, kuten kameravalvontajärjestelmien, kunnan tarkastaminen muuten kuin ulkoisesti. Tällaisissa tilanteissa havainnoita voidaan myös kerätä talteen ja lähettää katselmuksen jälkeen tiedusteluja asianomaiselle taholle järjestelmän kunnosta.

Haastateltavat nostivat myös esille pelastussuunnitelman ja pelastuskartan tietojen ajantasaisuuden ja paikkansapitävyyden tarkastamisen. Pelastussuunnitelman tulisi olla vaatimusten mukaisesti laadittu sekä siinä tulisi olla huomioitu kohteen ja toiminnan erityispiirteet. Lisäksi huomioitiin tarve tarkastaa pelastuskartan tietojen paikkansapitävyys ja kohdekohtaisuus. Muidenkin turvallisuuteen liittyvien asiakirjojen tulisi olla ajantasaisia ja asianomaisten henkilöiden saatavilla. Ajoittain tunneleille tehdään peruskorjauksia, joissa voidaan rakentaa esimerkiksi uusia suuaukkorakenteita, pelastusteitä ja päivittää turvallisuusjärjestelmiä. Nämä korjaukset voivat aiheuttaa merkittäviäkin muutoksia pelastussuunnitelman osalta. Kohteessa havainnoita suoritettaessa huomioitiin tarve tarkastella pelastuskartan tietoja maastossa, jossa luonto ja maisema voivat muuttua. On mahdollista, että pelastuskarttoja tehty myös

ilmakuvien ja muiden karttojen perusteella, jolloin kohdekohtaisuus voi kärsiä ja todellisuus kohteessa olla jotain muuta kuin asiakirjoissa. Samoin pelastussuunnitelman tietoja tulisi tarkastaa myös paikan päällä.

## 7 Johtopäätökset ja oman työn arviointi

Tässä luvussa kerrotaan opinnäytetyön tuloksista tehdyistä johtopäätöksistä. Johtopäätöksissä käsitellään turvallisuuskatselmusprosessia sekä katselmustyökälyä. Lisäksi arvioidaan opinnäytetyön luotettavuutta ja onnistumista.

### 7.1 Turvallisuuskatselmusprosessi

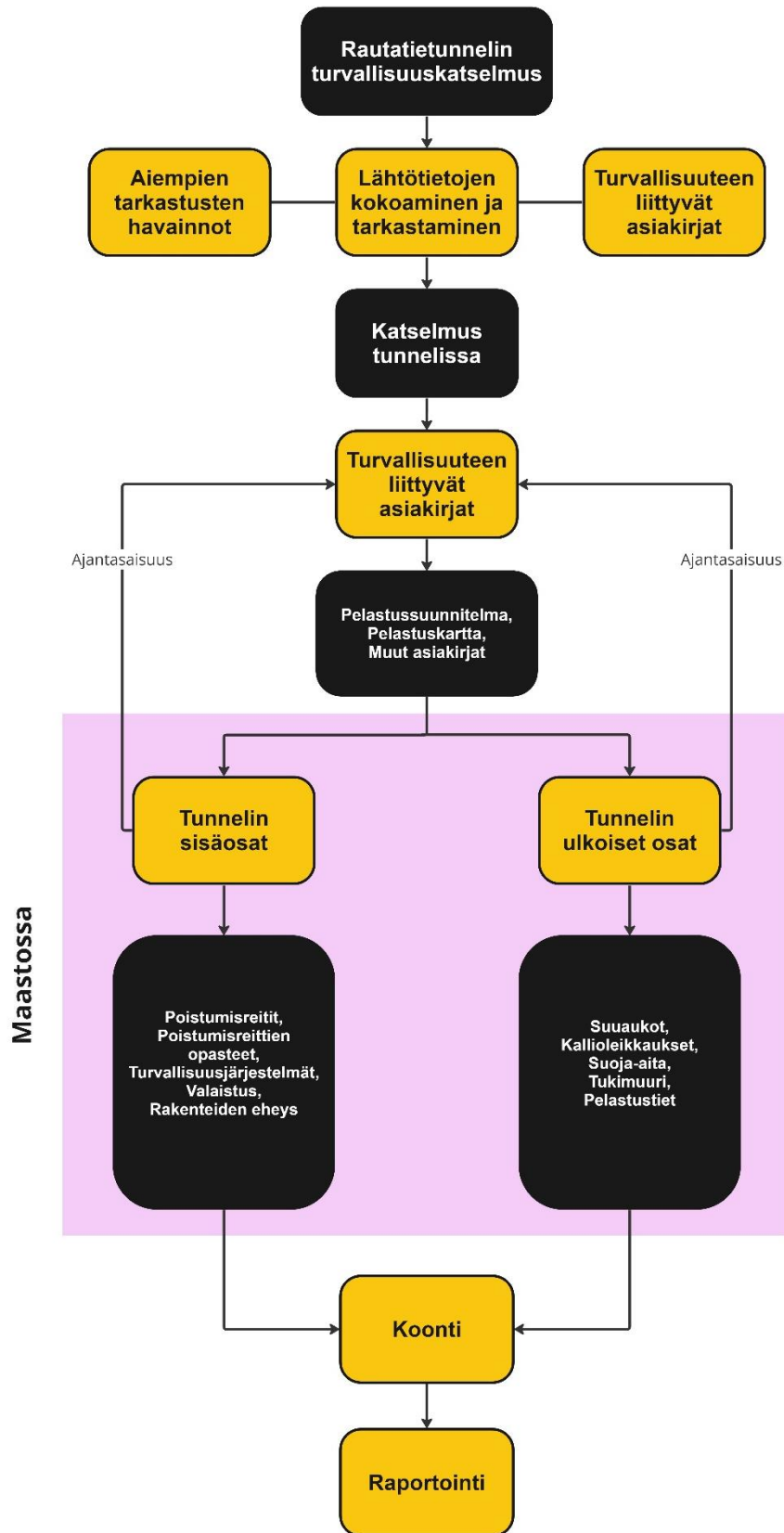
Haastatteluiden ja havainnointien tuloksien perusteella voidaan luonnostella karkea kokonaisuus rautatietunneleiden turvallisuuskatselmusten prosessista. Kuviossa 4 esitetyn mallin mukaisesti prosessi aloitetaan kokoamalla saatavilla olevat lähtötiedot katselmukselle. Tämä on hyvä vaihe myös tarkastaa kaikkien tarvittavien tietojen saatavuus asianomaisille. Tässä vaiheessa tulee tarkastaa mahdollisten aiempien turvallisuuskatselmusten tai rakennetarkastusten raportit ja huomioida niissä tehdyt havainnot. Kuviossa 4 esitetystä katselmusprosessin mallissa on taustaväreillä eroteltu maastossa tehtävät työt siten, että vaaleanpunaisella on maalattu maastossa tehtävät työt.

Kun kaikki katselmukseen tarvittavat lähtötiedot on saatu koottua, on hyvä siirtyä analysoimaan tunnelin turvallisuuteen liittyvää dokumentaatiota. Tämä vaihe tulisi suorittaa ennen tunnelin katselmoimista, jotta katselmuksen suorittajalla on riittävän kattava kuva kyseessä olevasta tunnelista toimintaympäristönä. Suurin huomio tässä vaiheessa tulisi olla tunnelin pelastussuunnitelman sekä pelastuskartan vaatimuksenmukaisuuden ja ajantasaisuuden tarkastamisessa. Tarpeen mukaan puuttuvia tietoja voi tiedustella olemalla yhteydessä tunnelin kunnossapitäjään, alueen rataisännöitsijään tai Väyläviraston edustajiin.

Kun kohteena olevaan tunneliin on perehdytty kattavasti, voidaan siirtyä katselmuksen suorittamiseen maastossa. Tässä vaiheessa tulee ottaa huomioon kyseessä olevan rataosuuden liikennöinti ja mahdolliset muut alueella olevat urakat. Eri muuttujista kuten liikennöinnistä ja korjaustöistä riippuen tunnelin sisällä suoritettava katselmus voidaan joutua tekemään yöaikaan. Kokonaisuuden kannalta ei ole merkitystä katselmoidaanko ensin tunnelin ulko- vai sisäosat. Jos tunnelin sisäosat joudutaan katselmoimaan yöllä, tulee tunnelin ulkoiset osat tulla erikseen katselmoimaan päivällä valoisan aikaan. Näin voidaan varmistua, että kaikki tarpeellinen ympäristöstä huomioidaan. Katselmus tulee dokumentoida mahdollisimman kattavasti kirjallisesti ja valokuvien muodossa.

Tunnelin sisäosia katselmoitaessa hyvä toimintatapa on kävellä tunneli läpi koko pituudelta edestakaisin, jotta voidaan maksimoida havainnoinnin tehokkuus. Tunnelista tulee tarkastaa poistumisreitit niiden koko laajuudelta, mukaan lukien mahdolliset pystykuilut, huoltotunnelit ja turvalliset alueet. Poistumisreiteillä tulee kiinnittää huomiota niiden esteettömyyteen ja siisteyteen, käsijohteisiin sekä asianmukaiseen opastukseen. Poistumisreitillä mahdollisesti sijaitsevien ovien kunto tulee kokeilla ja yleisesti havainnoida esimerkiksi ruostumista. Jos tunnelissa on valaistusjärjestelmiä, niiden toimivuus tulee testata ja havainnoida esimerkiksi rikkoutuneita valaisimia. Riippuen siitä millaisia turvallisuusjärjestelmiä tunnelissa on, tulisi niiden toimivuutta testata esimerkiksi hätäpuhelimien osalta. Jos järjestelmää ei voida kokeilla, tulisi pyrkiä tarkastamaan niihin liittyvät huolto- ja tarkastuspöytäkirjat. Järjestelmien toiminnasta voi haastatella myös kunnossapidosta vastaavaa henkilökuntaa. Tunnelin sisäosaa katselmoitaessa tulisi käsillä olla tunnelin pelastussuunnitelma ja pelastuskartta, jolloin niiden tietojen paikkansapitävyyttä voidaan arvioida myös paikan päällä.

Katselmuksen pääpainon ollessa turvallisuuteen liittyvien asioiden ja järjestelmien tarkastamisessa, tulisi silmät pitää auki myös rakenteellisten seikkojen osalta. Tunnelin pintarakenteen eli esimerkiksi ruiskubetonoinnin tai kalliopinnan tulisi olla ehjä ilman halkeamia tai pondonneita palasia. Rakenteiden tulisi olla kuivat ilman merkittäviä vuotokohtia tai kosteutta. Jäätymiselle alttiissa kohdissa, kiskojen- ja sähköistyslaitteiden yläpuolella ei saa esiintyä vuotoja ollenkaan. Tunnelin pohjarakennetta havainnoimalla voidaan huomata onko tunnelissa esiintynyt tulvimista ja toimiiko tunnelin kuivatus.



Kuvio 4: Katselmusprosessi

Tunnelin ulkoisia osia katselmoitaessa on hyvä aloittaa tunnelille johtavista pelastusteistä. Pelastusteiden tulisi olla riittävät pelastustoiminnan edellytyksien varmistamiseksi, eli niiden tulisi olla riittävän hyväkuntoiset ilman esteitä, sekä teiden päässä tulisi olla tilaa ajoneuvojen kääntämiseen. Pelastustiet tulisi myös olla merkitty asianmukaisin opastein. Joissain tapauksissa pelastustie voi johtaa huoltotunnelia pitkin maanalle, jolloin tämä osa tiestä tulee katselmoida sisäosien yhteydessä. Tunnelin suuaukkoja ja kallioleikkauksia ympäröivien suoja-aitojen ja tukimuurien kuntoa tulee tarkastaa. Suoja-aitojen osalta tulee kiinnittää huomiota aitaan pystyssä pitävien tolppien kuntoon ja aitaan tolpassa kiinni pitävien kiinnikkeiden eheyteen. Aidoissa ei saisi olla reikiä eivätkä ne saisi olla liian kaukana maanpinnasta. Suoja-aitoja tulee katsoa kokonaisuutena ja arvioida, ovatko ne riittävällä tasolla estämään ihmisen tai eläimen putoamisen. Useissa tapauksissa suoja-aidan ja suuaukon tai kallioleikkauksen välissä on betonista rakennettu tukimuri ohjaamassa esimerkiksi sulamisvesiä pois päin radalta. Tämän tukimuurin eheyttä tulee havainnoida ja katsoa, ettei esimerkiksi betonista ole irtomassaa palasia.

Kuten tunnelin sisällä, myös ulkopuolella huomion pääpaino tulisi olla turvallisuuteen liittyvissä asioissa, mutta pitää tietty huomio myös rakenteellisissa asioissa. Tunnelin suuaukon kalliopinnan tai mahdollisen erillisen suuaukorakenteen kunto tulee tarkastella mahdollisten laajojen halkeamien tai irtonaisten kivien osalta. Kuten tunnelin sisällä, myöskään suuaukoilla ei tulisi olla laajoja vesivalumia. Suoraan suuaukon yläpuolella, kiskojen ja sähköistyslaitteiden päällä ei saisi esiintyä vesivuotoja ollenkaan.

Katselmuksen jälkeen kaikkien katselmukselle osallistuneiden asiantuntijoiden tulisi mahdollisimman pian kokoontua tekemään yhteenveto katselmuksella tehdyistä havainnoista, jolloin katselmuksen havainnot ovat vielä tuoreena mielessä. Jos jotkin asiat vaativat mielen virkistystä, voidaan havainnot käydä läpi katselmuksella otettujen kuvien perusteella. Koonnin aikana tulisi käsitellä kaikkien tekemät havainnot ja vertailla tuloksia keskenään. Koonnin perusteella voidaan kerätä yleiskommentit tunnelista, tehdä tiivistelmä keskeisistä havainnoista sekä koota ehdotelma jatkotoimenpiteistä. Kun katselmuksen suorittajat ovat tehneet koonnin havainnoista, päästään raportin kirjoitusvaiheeseen. Katselmuksella käytetty työkalu siihen koostettuine muistiinpanoineen ja arvosanoineen voidaan käyttää raportin liitteenä eräänlaisena muistiona katselmuksesta. Sen pohjalta tulee kuitenkin työstää laajempi raportti, joka käsittää koko tunnelikohtaisen katselmuksen prosessin. Tähän loppuraporttiin tulisi sisällyttää myös katselmukselta otetut valokuvat havainnollistamaan havaittuja puutteita tai vaurioita. Raportit tulee käsitellä tilaajan edustajan kanssa, jotta voidaan varmistaa yhteisymmärrys tehdyistä ja kirjatusta havainnoista.

Kuviossa 4 esitettyyn malliin ei ole eritelty muita katselmuksen suorittamisen kannalta välttämättömiä asioita. Tällaisia ovat esimerkiksi yhteydenotto rataosuuden rataisännöitsijään ja kunnossapitäjään sekä ratatyövastaavan hankintaa turvaamaan katselmuksen suorittamista.

Tätä varten Väylävirasto on laatinut Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO), joka määrittelee keskeiset turvallisuuskäytännöt ja -vaatimukset rautatiealueella tapahtuvaan liikkumiseen ja työskentelyyn.

## 7.2 Katselmustyökalu

Haastattelujen perusteella Väylävirastolla ja sen sidosryhmillä on tarvetta rautatietunneliturvallisuuden katselmustyökalulle, joka on katselmoijien saatavilla katselmuksen tueksi ja rungoksi. Työkalun tulisi olla helppokäyttöinen ja soveltua käytettäväksi paperisena versiona sekä mobiilikäyttöisenä. Jotta työkalusta voidaan tehdä mahdollisimman lähestyttävä kaikille käyttäjille, tulisi siihen pyrkiä sisällyttämään erilaisia havainnollistamisen muotoja, kuten sanalliset selitteet sekä mahdollisuus piirtämiseen sitä kaipaaville. Työkalun helppokäyttöisyyden edistämiseksi sen tulisi sisältää ohjeet työkalun käyttöön ja selventää käytössä olevia arviointikriteerejä.

Haastatteluista kävi ilmi, että numeerinen arvosana toimisi hyvin yhtenä arvioinnin osa-alueena. Numeerisen arvosanan lisäksi käytössä olisi hyvä olla sanallinen arviointi antamassa arviolle syvyyttä. Numeerista arvosanaa käytettäessä tulisi pyrkiä laajempaan kuin kolmeasteiseen skaalaan, jotta arvosana kuvaa kohteen tilannetta riittävästi. Haastatteluista ja havainnoinneista kävi ilmi, ettei kommenttikentän merkitystä arvioinnissa voi painottaa tarpeeksi. Erityisesti raportin koostamisessa katselmuksen aikana tehdyt sanalliset arviot ovat tärkeitä. Työkalussa tulisi olla mahdollisimman yksityiskohtaiset selitteet tarkastettavien kohteiden ja dokumenttien vaatimusten mukaisesta tasosta, jolloin kohteessa voidaan katsoa vaatimukset esimerkiksi poistumisreittien opasteille ja todeta niiden tämänhetkinen taso selitteen perusteella. Työkalu toimisi myös muistiona katselmuksesta ja olisi liitettävissä katselmuksen lopputuotteena tehtävän raportin yhteyteen.

Jotta työkalun rakenteesta saadaan selkeä se tulisi jakaa aihepiireihin tarkastettavien kohteiden mukaan. Jokaiselle aihepiirille tulisi antaa kirjalliset arviointikriteerit, joita voi käyttää arvioinnin apuna sekä muistilistana tarkastettavista kohteista. Työkalun rakenteen tulisi olla yhteneväinen muun katselmuksen prosessin (Kuvio 4) kanssa, ja sen tulisi edetä aihepiiri kerrallaan määritellyssä järjestyksessä tarkastettavasta kohteesta seuraavaan. Näin voidaan helpottaa katselmuksen suunnittelua ja suorittamista, sekä pyrkiä varmistamaan yhteneväinen prosessi kaikille katselmuksille. Työkalulla ei kuitenkaan voida varmistaa identtistä prosessia jokaiselle katselmukselle, koska katselmoijana toimiva yksilö voi toimia vasten ohjetta.

Haastatteluiden ja havainnointien perusteella tunnelille annettava kokonaisarvosana olisi kaikkein yksinkertaisin ja mielekkäin tapa tuottaa tilannekuvaa tunnelikohtaisesti. Kokonaisarvosanalla saataisiin myös numeerista tietoa turvallisuustilanteen kehittymisestä tunneleittain. Toisaalta kokonaisarvosanan kehittäminen tämänhetkisten vaatimusten puitteissa olisi äärimmäisen haastavaa ja voisi johtaa ei-toivottuun lopputulokseen.



### 7.3 Luotettavuuden ja onnistumisen arviointi

Opinnäytetyön tekijän henkilökohtaisen näkemyksen perusteella työn suorittaminen sujui suunnitelmien mukaisesti, ja asetettuihin tavoitteisiin päästiin. Opinnäytetyön tekemisen aikataulu oli jo alun perin hyvin tiukka, mikä aiheutti aikapainetta. Kireästä aikataulusta huolimatta aikataulussa pysyttiin lähes kaikkien osaprosessien osalta. Työn aihe oli ennalta suhteellisen tuntematon eikä siitä ollut dokumentoitua tietoa. Aihepiiriin kuului myös paljon teknillistä informaatiota, jonka sisäistämiseen kului paljon aikaa. Teknillisen tiedon ja tunnelikonaisuuden sisäistäminen tuntui kuitenkin palkitsevalta, ja kannusti siten perehtymään aiheeseen syvällisesti. Opinnäytetyön prosessin aikana tekijän henkilökohtainen osaaminen rautateistä, tunneleista ja taitorakenteista on kasvanut. Projektissa mukana olleet tilaajan edustajat sekä työn tekijän yrityksen asiantuntijat antoivat työlle vankkumatonta taustatukea. Työn aikana kohdatut haasteet selätettiin usein näiden sidosryhmien kanssa tehdyllä yhteistyöllä, joka opetti yhteistyön merkitystä myös tulevaisuuden varalle.

Suurin osa työn aikana tehdyistä haastatteluista saatiin sovittua ja hoidettua suunnitelmien mukaisesti. Kaksi alun perin suunnitelluista haastatteluista jäi tekemättä eri syistä, ja yhden haastattelun kohdalla jouduttiin etsimään uutta ajankohtaa. Nämä epävarmuudet aiheuttivat lievää viivästystä aikataulussa. Pitkällinen havainnointiprosessi saatiin hoidettua jo ennen varsinaisen opinnäytetyön kirjoittamisen aloitusta, mikä oli yksi syy sille, että opinnäytetyö valmistui suunnitellussa ajassa. Havainnointia päästiin suorittamaan kattavasti vaihtelevissa ympäristöissä sijaitsevilla erilaisilla tunneleilla. Havainnoinnista olisi saatu vielä luotettavampaa tietoa, jos olisi päästy katselmoimaan myös uusimpia Suomeen rakennettuja tunneleita, joissa on ajantasaisimpia suunnitteluratkaisuja ja useita eri järjestelmiä. Tämä ei kuitenkaan kireän aikataulun puitteissa ollut mahdollista.

Seuraava askel rautatietunneleiden turvallisuuskatselmusten kehittämisessä on konkreettisen työkalun kehittäminen tämän työn pohjalta. Työkalua tulisi testata laajasti erilaisissa tunneleissa eri katselmoijien käytössä, ja kerätä näiden kokemusten pohjalta kehitysehdotuksia. Jatkotyötä voitaisiin tehdä selvittämällä mahdollisuuksia ottaa tunneleiden ikä ja ajanmukaiset suunnitteluperusteet huomioon katselmusten tulosten analysoinnissa ja pisteytyksessä. Silloin voitaisiin jatkaa kehittämään rautatietunneleille annettavaa kokonaisarvosanaa, joka on vertailukelpoinen kaikkien eri ikäisten ja eri suunnitteluperusteilla rakennettujen rautatietunneleiden välillä. Tätä kautta voitaisiin edelleen kehittää kunnossapidon ajantasaista tilannekuvaa rautatietunneleista. Jotta kunnossapidon ajantasaisen tilannekuvan hyötyjä päästäisiin ulosmittaamaan täysimääräisesti, vaatisi se tuekseen rautatietunneleiden turvallisuusstrategian määrittämään organisaation tavoitteita.

Kokonaisuutena tämän opinnäytetyön tuloksista tulisi ilmetä kuva siitä, millainen rautatietunneleiden turvallisuuskatselmusten nykytilanne on ja millaisia asioita kaivataan

turvallisuuskatselmuksilla käytettävään työkaluun. Työssä käytetyt tiedonkeruumenetelmät olivat laadullisia, jolloin kehittämistyö sellaisenaan ei ole toistettavissa. Työssä heijastuu Väyläviraston tarpeet ja vaatimukset rautatietunneleiden turvallisuudelle. Työssä mukana olleista haastateltavista kaikki olivat joko Väylävirastolla töissä tai olivat tehneet projekteja Väylävirastolle. Tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää muutkin toimijat, joilla on hallinnoitava rautatietunneleita, kuten esimerkiksi yksityinen kunnossapidon toimija.

## Lähteet

- Direktiivi 2016/798/EU: rautateiden turvallisuudesta. Euroopan unionin virallinen lehti 26.5.2016. Viitattu 6.11.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L0798>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. 18. painos. Helsinki: Tammi.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2022. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. E-Kirja. Helsinki: Gaudeamus.
- Komission delegeoitu asetus 2018/762/EU: Turvallisuusjohtamisjärjestelmän vaatimuksia koskevien yhteisten turvallisuusmenetelmien vahvistamisesta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (EU) 2016/789 nojalla. Euroopan unionin virallinen lehti 25.5.2018. Viitattu 7.11.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0762>
- Komission asetus (EU) N:o 1303/2014. Viitattu 30.10.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1303&from=CS>
- Kyberturvallisuuskeskus 2023. Riskienhallinnan hyvin lyhyt oppimäärä. Viitattu 5.12.2023. <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/fi/ajankohtaista/riskienhallinnan-hyvin-lyhyt-oppimaara>
- Laki Väylävirastosta 862/2009.
- Väylävirasto 2023. Ratatekniset ohjeet osa 18. Rautatietunnelit. Viitattu 3.10.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-31\\_rato18\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-31_rato18_web.pdf)
- Liikennevirasto 2013. Taitorakenteiden tarkastusohje. Viitattu 23.10.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2013-17\\_taitorakenteiden\\_tarkastusohje\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2013-17_taitorakenteiden_tarkastusohje_web.pdf)
- Ohje varautumisesta rautatieonnettomuuksiin. Väyläviraston ohjeita 4/2021. Viitattu 4.12.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2021-04\\_ovro\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-04_ovro_web.pdf)
- Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 3. painos. Helsinki: Sanoma Pro.
- Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO), Väyläviraston ohjeita 40/2022. Viitattu 30.11.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2022-40\\_TURO.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-40_TURO.pdf)
- Raideliikennelaki 1302/762.
- Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 18 rautatietunnelit. Väyläviraston ohjeita 12/2023. Viitattu 31.10.2023.
- Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä. 2022. Käsikirja. Viitattu 6.11.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/rtjj\\_21.11.2022\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/rtjj_21.11.2022_web.pdf)
- Taitorakenteiden tarkastusohje. Liikenneviraston ohjeita 17/2013. Viitattu 6.11.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2013-17\\_taitorakenteiden\\_tarkastusohje\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2013-17_taitorakenteiden_tarkastusohje_web.pdf)
- TEPA-termipankki. Palo- ja pelastussanasto 2006. Viitattu 12.10.2023. <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/katselmus>

Traficom 2023a. Korjausvelka rautateiden pääväylillä. Viitattu 4.12.2023. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/korjausvelka-rautateiden-paavaylilla?togle=L%C3%A4hteet%20ja%20lis%C3%A4tiedot>

Traficom 2023b. Rautatietoimijoiden turvallisuusjohtamisjärjestelmä. Viitattu 5.12.2023. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/raideliikenne/rautatietoimijoiden-turvallisuusjohtamisjarjestelma>

Tunnelintarkastuskäsikirja. Väyläviraston ohjeita luonnos 5/2023. Viitattu 6.11.2023.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 10. painos. Helsinki: Tammi.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021a. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Viitattu 4.12.2023. <https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/HTK-ohje-2012>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021b. Ihmistieteiden eettisen ennakkoarvioinnin ohje. Viitattu 4.12.2023. [https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/ihmistieteiden-eettisen-ennakkoarvioinnin-ohje#3\\_1](https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/ihmistieteiden-eettisen-ennakkoarvioinnin-ohje#3_1)

Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 407/2011.

Väylävirasto 2023a. Tapamme toimia. Viitattu 2.10.2023. <https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia>

Väylävirasto 2023b. Ratojen kunnossapidon työnjako. Viitattu 5.12.2023. <https://vayla.fi/kunnossapito/rataverkon-kunnossapito/tyonjako>

Väylävirasto vastaa valtion rataverkosta 2023. Viitattu 4.12.2023. [https://vayla.fi/documents/25230764/35414514/v%C3%A4yl%C3%A4esittely+taitto\\_V14.pdf/beb3ad01-c571-5441-7343-719f101a2edd/v%C3%A4yl%C3%A4esittely+taitto\\_V14.pdf?t=1686745242699](https://vayla.fi/documents/25230764/35414514/v%C3%A4yl%C3%A4esittely+taitto_V14.pdf/beb3ad01-c571-5441-7343-719f101a2edd/v%C3%A4yl%C3%A4esittely+taitto_V14.pdf?t=1686745242699)

## Kuviot

Kuvio 1: Turvaamisen tasot .....	10
Kuvio 2: Vaaratilanneskenaariot.....	14
Kuvio 3: Opinnäytetyön prosessi.....	20
Kuvio 4: Katselmuksprosessi.....	30

## Kuvat

Kuva 1: Rautatiejärjestelmän sidosryhmät ja rajapinnat.....	12
---	----

## Liitteet

Liite 1: Haastattelukysymykset .....	39
--------------------------------------	----

## Liite 1: Haastattelukysymykset

### Aloitus

1. Luvan kysyminen äänittämiseen ja yleiskieliseen litterointiin
2. Saako haastateltavan yksilöidä nimellä vai käytetäänkö anonyymiä statusta?
3. Miksi haastatellaan, mihin haastattelun tulokset käytetään, julkisuus
4. Haastateltavan nimi, asema, alaan liittyvä kokemus, katselmointi kokemus

### Katselmustyökalun muoto

1. Mitä työkaluja suosit katselmoinnilla?
2. Millaista arviointiasteikkoa suosit katselmoinnilla
3. Miten tunnelikohtaisen kokonaisarvosanan määrittäminen palvelisi tunnelin kunnossapitoa tai kunnossapidon suunnittelua.

### Katselmustyökalun sisältö

1. Mitkä ovat kokemuksesi mukaan tärkeimmät turvallisuuteen liittyvät asiat, joita tunnelissa pitäisi katselmoida?
2. Miten tunneleiden turvallisuusvaatimukset ovat tunnistettavissa tällä hetkellä?
3. Miten selkeitä tunneleiden turvallisuusvaatimukset ovat tällä hetkellä?
4. Millaisia tunneleiden turvallisuuteen liittyviä asioita voi jäädä huomauttamatta, eri tekniikka alojen osaamisen ja katsantokannan takia, joita olisi hyvä huomioida?

### Lopetus

1. Haluatko vielä tuoda esiin asioita, joita ei ole mainittu tässä haastattelussa?