

LAURA JÄRVINEN
JANICA SOLEHMAINEN

Tietunneleiden riskienhallinnan kehittäminen

SELVITYS



Laura Järvinen, Janica Solehmainen

Tietunneleiden riskienhallinnan kehittäminen

Selvitys

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 73/2015

Liikennevirasto

Helsinki 2015

Kannen kuva: Laura Väisänen

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-191-6

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Laura Järvinen ja Janica Solehmainen: Tietunneleiden riskienhallinnan kehittäminen. Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 73/2015. 36 sivua ja 1 liite. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-191-6.

Avainsanat: tietunneli, turvallisuus, riskienhallinta

Tiivistelmä

Selvityksessä on kuvattu nykyiset menetelmät ja käytännöt tietunneleiden riskienhallinnassa sekä esitetty kehittämisehdotuksia riskienhallinnan parantamiseksi tietunnelin suunnittelun, rakentamisen, käyttöönoton ja käytön aikana. Työ perustuu olemassa olevaan ohjeistukseen, tietunneleiden riskienhallinnasta tehtyihin asiakirjoihin ja asiantuntijoiden kokemuksiin.

Tietunneleiden riskienhallinta perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston asettamaan direktiiviin 2004/54/EY Euroopan laajuisten tieverkon tunnelien turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista. Direktiivin asettamat vähimmäisvaatimukset tietunnelin turvallisuudesta otetaan huomioon tietunnelin suunnittelussa ja riskienhallinnassa. Direktiivin vaatimuksena on laatia tietunnelille riskianalyysi, jossa analysoidaan tietunnelin riskit ottaen huomioon suunnitellut turvallisuustoimenpiteet.

Tietunnelille tulee laatia turvallisuusasiakirja, jota ylläpidetään ja päivitetään tietunnelin koko elinkaaren ajan. Riskianalyysin tulokset ja niiden perusteella mahdollisesti tarvittavat toimenpiteet turvallisuuden nostamiseksi esitetään turvallisuusasiakirjassa. Liikennevirasto on tehnyt uuden ohjeen turvallisuusasiakirjalle ja sen laatimiselle.

Nykyisin tietunnelin riskienhallinnan menetelmät vaihtelevat hankekohtaisesti ja riippuvat niiden laatijasta. Usein riskienhallinta perustuu ainoastaan vaaditun liikenteellisen riskianalyysin ja VAK-riskianalyysin laatimiseen. Oletuksena riskienhallinnassa pitkälti on, että inhimillisten riskien syihin ei voida vaikuttaa ja että suunnitteleluohjeistusta noudattamalla turvallisuusasiat tulevat huomioiduksi. Riskienhallinnassa keskitytään käytön aikaisten vaarojen ja riskien seurauksien hallinnoimiseen toimenpiteiden avulla. Ennalta ehkäisevien toimenpiteiden laatiminen nähdään osana tietunnelin suunnittelua ja suunnittelun ohjeistusta.

Selvityksessä on esitetty ehdotuksia tietunnelien riskienhallinnan kehittämiseksi. Kehitysehdotukset painottuvat ohjeistuksen laajentamiseen ja uusien menettelytapojen käyttöönottoon nykyisen riskienhallinnan rinnalle. Tavoitteena on varmistaa yhtenäiset menettelytavat kattaen tietunnelin elinkaaren.

Laura Järvinen, Janica Solehmainen: Utvecklande av riskhanteringen i vägtunnlar. Trafikverket, teknik och miljö. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 73/2015. 36 sidor och 1 bilaga. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-191-6.

Nyckelord: vägtunnel, säkerhet, riskhantering

Sammanfattning

Utredningen innehåller beskrivningar av de nuvarande metoderna och praxisen för riskhantering i vägtunnlar samt utvecklingsförslag för att förbättra riskhanteringen under tiden som vägtunneln planeras, byggs, tas i bruk och används. Arbetet baserar sig på befintliga anvisningar, dokumentation om riskhanteringen i vägtunnlar samt på sakkunnigas erfarenheter.

Riskhanteringen i vägtunnlar grundar sig på Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/54/EG om minimikraven för säkerhet i tunnlar som ingår i det transeuropeiska vägnätet. Minimikraven för säkerhet i vägtunnlar som ställs i direktivet tas i beaktande då man planerar vägtunnlar och riskhanteringen i dem. Ett av kraven i direktivet är att det ska genomföras en riskanalys av vägtunneln, där man analyserar riskerna i vägtunneln med beaktande av de planerade säkerhetsåtgärderna.

För vägtunneln ska sammanställas säkerhetsdokumentation, som ska hållas uppdaterad under vägtunnelns hela livscykel. Resultaten av riskanalysen och de åtgärder för att öka säkerheten som eventuellt vidtas utgående från dessa ska presenteras i säkerhetsdokumentationen. Trafikverket har gjort en ny anvisning för hur säkerhetsdokumentationen ska sammanställas.

De nuvarande metoderna för riskhantering i vägtunnlar varierar från projekt till projekt och beror på vem som utarbetat dem. Ofta grundar sig riskhanteringen endast på att genomföra en trafikmässig riskanalys och en TFG-riskanalys. Till stor del är utgångsläget i riskhanteringen att man inte kan inverka på orsakerna till mänskliga risker och att man tar säkerhetsfrågorna i beaktande enbart genom att följa anvisningarna för planeringen. I riskhanteringen ligger fokus på att med olika åtgärder administrera konsekvenserna av faror och risker som uppstår under användningen. Utarbetande av förebyggande åtgärder ses som en del av planeringen och anvisningarna för planeringen av vägtunneln.

Utredningen innehåller förslag på hur riskhanteringen i vägtunnlar kunde utvecklas. I utvecklingsförslagen betonas att man kunde utöka anvisningarna och ta i bruk nya förfaringssätt vid sidan av den nuvarande riskhanteringen. Målet är att säkerställa enhetliga förfaringssätt som täcker vägtunnelns hela livscykel.

Laura Järvinen and Janica Solehmainen: Development of risk management regarding road tunnels. Finnish Transport Agency, Technology and Environment. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 73/2015. 36 pages and 1 appendix. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-191-6.

Keywords: road tunnel, safety, risk management

Summary

This report describes the current methods and practices used in risk management as well as some suggestions for improving risk management during the planning, construction, implementation and operations of road tunnels. The study is based on existing instructions, documentation of risk management regarding road tunnels and the experience of specialists.

Road tunnel risk management is based on Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network. The minimum safety requirements for road tunnels stated in the Directive are taken into account in the planning of road tunnels as well as the associated risk management. The Directive requires that a risk analysis is carried out, in which the risks regarding a particular road tunnel are analysed with respect to the planned safety measures.

Safety documentation shall be compiled for road tunnels, and this documentation shall be kept up-to-date during each tunnel's entire life cycle. The results of the risk analysis and the possible consequent safety measures are presented in the safety documentation. The Finnish Transport Agency has written new instructions for compiling safety documentation.

At present, the methods for risk management regarding road tunnels vary from project to project, and they depend on the person formulating the methods. Risk management is often based on the required transport-related risk analysis and the risk analysis for transport of dangerous goods. In risk management it is often assumed that human factors cannot be influenced and that safety issues are taken into account by simply following the planning instructions. The emphasis in risk management is put on administering measures to handle the consequences of dangers and risks during operations. The drafting of preventive measures is considered an element of road tunnel planning and planning instructions.

This report includes suggestions for developing risk management in road tunnels. Suggestions for improvement stress the importance of drawing up more extensive instructions and implementing new procedures in addition to the present risk management. The goal is to ensure uniform procedures that cover the whole life cycle of the road tunnel.

Esipuhe

Tietunneleiden riskienhallintaa varten ei ole laadittu erillistä ohjeistusta. Nykyisin riskienhallinta perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin 2004/54/ EY Euroopan laajuisen tieverkon tunnelien turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista. Riskienhallinnan dokumentointi ja riskienarvioinnissa käytetyt menettelytavat vaihtelevat hankekohtaisesti.

Työn tavoitteena on selvittää tietunneleiden riskienhallinnan nykytilanne, esittää nykyisessä riskienhallinnassa käytettyjen menettelyjen kehittämiskohteet ja puutteet sekä laatia suosituksia tietunneleiden riskienhallinnan kehittämiseksi.

Työssä on kartoitettu tietunneleiden nykyisen riskienhallinnan ohjeistuksen tilanne ja käytännön menettelyt käyttäen apuna saatavilla olevia tiehankkeissa laadittuja riskienhallinnan asiakirjoja. Työn yhteydessä on pidetty työryhmän kesken työpajoja, joissa on käyty läpi nykytilanteen vahvuuksia ja heikkouksia sekä ideoitu riskienhallinnan parantamishdotuksia.

Tämä selvityksen ovat laatineet yhteistyössä Sito Oy ja Liikennevirasto. Työryhmän puheenjohtajana on toiminut tieinsinööri Laura Väisänen Liikenneviraston Tekniikka- ja Ympäristö-osastolta. Työryhmän asiantuntijajäsenenä Liikennevirastosta ovat toimineet Mervi Kulha, Arto Muukkonen ja Arja Toola. Sito Oy:n projektista on vastannut projektipäällikkö Laura Järvinen ja asiantuntijana on toiminut Janica Solehmainen.

Helsingissä joulukuussa 2015

Liikennevirasto
Tekniikka ja ympäristö -osasto

Sisällysluettelo

MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ	8
1 JOHDANTO	10
2 TIETUNNELEIDEN RISKIENHALLINNAN NYKYTILANNE	11
2.1 Suunnittelu, ohjeet ja asiakirjat.....	11
2.1.1 Tietunnelin turvallisuussuunnittelu	11
2.1.2 Säädökset	11
2.1.3 Ohjeet	13
2.1.4 Turvallisuuteen ja riskien arviointiin liittyvien asiakirjojen kuvaukset..	13
2.2 Menettelytavat nykyisissä tietunneleissa	14
2.2.1 Riskienhallinta ja turvallisuusasiakirja	15
2.3 Riskianalyysi	17
2.3.1 Liikenteellinen riskianalyysi.....	17
2.3.2 Vaarallisten aineiden kuljetusten riskianalyysi.....	21
3 TIETUNNELEIDEN RISKIENHALLINNAN KEHITYSKOHTTEET	23
3.1 Ohjeet ja asiakirjat	23
3.1.1 Tietunneleiden riskienhallinnan ohjesuositus.....	23
3.1.2 Liikenteellisen riskianalyysin ohjesuositus.....	24
3.2 Menettelytavat	25
3.2.1 Riskienhallintataulukko	27
3.2.2 Tietunnelin riskiraportti	28
3.3 Riskien arviointi	29
4 YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	
Liite 1	Selvityksessä mukana olleet tietunneleiden riskienhallinnan dokumentit

Määritelmiä ja lyhenteitä

ALARP ”As Low As Reasonably Practicable” (niin alhainen kuin järkevästi mahdollinen). ALARPia käytetään määriteltäessä riskin hyväksyttävyyden taso riskienarvioinnissa.

Jäännösriski on alkuperäisen riskin pienentämisen jälkeen jäljelle jäävä riski, jota ei voida tai pystytä poistamaan. Jäännösriskin suuruus pyritään saamaan hyväksyttävälle tasolle.

QRAM, Quality Risk Assessment Model, Maailman tieyhteisön (PIARC) kehittämä laskentaohjelma, jolla arvioidaan ja vertaillaan vaarallisten aineiden kuljetusten riskejä tietunneleissa ja vaihtoehtoisilla reiteillä.

Riskianalyysi on Tietunnelidirektiivissä vaadittu riskien arvioinnin menettelytapa, jossa analysoidaan tietunnelin riskit ottaen huomioon kaikki suunnitteluun liittyvät tekijät ja liikenneolosuhteet. Tietunnelidirektiivin mukaan tietunneleille tehdään liikenteellinen ja vaarallisten aineiden kuljetuksien riskianalyysi.

Riskienarvioinnilla tarkoitetaan systemaattista menettelyä, jossa tunnistetaan tai päivitetään hankkeen riskit. Riskien arviointiin kuuluu myös riskien suuruuden (todennäköisyys ja vakavuus) arviointi sekä toimenpiteiden määrittäminen riskien poistamiseksi tai pienentämiseksi.

Riskienhallinta on kokonaisnäkemys riskeistä ja niiden merkityksestä sekä toimenpiteistä riskien pienentämiseksi tai poistamiseksi. Riskienhallintaan kuuluu osana riskienarviointi.

Riskienhallintataulukko on dokumentti, jossa on kuvattu tunnistetut riskit, niiden seuraukset, todennäköisyydet, seurausten vakavuudet, toimenpiteet ja vastuuhenkilöt.

Riskimatriisi toimii avustavana työkaluna riskienhallinnassa. Riskimatriisin avulla luokitellaan riskin tai vaaran suuruus haitallisen tapahtuman seurauksen vakavuuden ja esiintymisen todennäköisyyden perusteella.

TEN-tieverkko on Euroopan laajuinen tieverkko, joka on osa Euroopan laajuista liikenneverkkoa (TEN-T). TEN-verkon turvallisuutta säätelee Euroopan unionin komissio.

Tietunnelidirektiivi on Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2004/54/EY) Euroopan laajuisten tieverkkojen tunnelien turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista. Tietunnelidirektiivi koskee suoraan ainoastaan TEN-verkolla olevia direktiivissä mainittuja yli 500 m pitkiä tietunneleita.

Tietunnelien hallinnointiohje on Liikenneviraston julkaisema ohje (14/2014) ”Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet”, joka perustuu Tietunnelidirektiiviin, kansallisiin säädöksiin ja Suomen käytäntöihin. Tietunnelien hallinnointiohjeessa on esitetty tietunnelidirektiiviin perustuvia vähimmäisvaatimuksia minimiturvallisuustason täyttämiseksi tietunneleissa.

Tietunnelin riskiraportti on tiivis kirjallinen yhteenveto tietunnelin riskien arvioinnin toteutuksesta, keskinäisistä riskeistä ja niiden edellyttämistä toimenpiteistä sekä keskeisistä johtopäätöksistä. Tietunnelin riskiraporttiin kirjataan riskienhallintaan osallistuvat henkilöt ja riskienhallinnan tapahtumat. Tietunnelin riskiraportin liitteenä on riskienhallintataulukko.

Tietunnelin turvallisuusasiakirja on Tietunnelidirektiivissä määritelty asiakirja, jonka avulla tietunnelin käyttöön liittyvät turvallisuuskysymykset huomioidaan tietunnelin elinkaaren aikana. Tietunnelin turvallisuusasiakirjan sisällön vaatimukset on esitetty Liikenneviraston uudessa ohjeessa ”Tietunnelin turvallisuusasiakirjan laatiminen”. Tietunnelin turvallisuusasiakirja ei tarkoita rakennushankkeen yhteydessä laadittavaa turvallisuusasiakirjaa, joka keskittyy rakentamisen turvallisuuteen.

VAK tarkoittaa vaarallisten aineiden kuljetusta.

VAK-riskianalyysin ohje on Tiehallinnon ohje (16046/2007/30/2) ”Vaarallisten aineiden kuljetuksista tietunneleissa, Riskianalyysit ja kuljetusrajoitukset”.

1 Johdanto

Työn tavoitteena on selvittää tietunneleiden riskienhallinnan nykyinen ohjeistus ja käytännön menetelmät sekä laatia suositukset riskienhallinnan kehittämiseksi. Tavoitteena on nostaa esiin nykyisen ohjeistuksen ja käytäntöjen puutteita, joita tulisi kehittää ja tarkentaa. Työssä selvitetään riskienarvioinnin menetelmiä olemassa olevien tietunneleiden riskienarviointien perusteella. Työn lopputuloksena esitetään suositukset ja jatkotoimenpiteet tietunneleiden riskienhallinnan kehittämiseksi. Keskeisimmät kehittämis- ja suositusehdotukset on korostettu tekstissä.

Riskienhallinnalla ja turvallisuussuunnittelulla tarkoitetaan mahdollisiin vaaroihin ja riskeihin varautumista ja ennaltaehkäisyä sekä turvallisuutta parantavien toimenpiteiden suunnittelua ja toteuttamista. Riskienhallinnan ja ennakoivan turvallisuussuunnittelun turvallisuusnäkökulman huomioiminen hankkeen elinkaaren kaikissa vaiheissa tulisi olla luonnollinen osa toimintaa, ei erillinen osa-alue. Riskienhallinnalla pyritään vähentämään vaarojen toteutumisen todennäköisyyttä ja seurausten suuruutta. Hyvällä riskienhallinnalla pystytään parantamaan hankkeiden ja suunnitelmien laatua sekä ennaltaehkäisemään vaaratilanteita. Sen avulla myös suunnataan turvallisuutta parantavat ratkaisut oikeisiin asioihin.

Työssä on tutkittu olemassa ja suunnitteilla oleviin tietunneleihin laadittuja riskienhallinnan asiakirjoja kuten eri suunnitteluvaiheiden turvallisuusasiakirjoja, liikenteellisten riskianalyyseiden raportteja ja vaarallisten aineiden kuljetusten riskianalyyseiden yhteenvetoja. Työn aikana on selvitetty nykyisiä riskienhallinnan menettelytapojen käytäntöjä ja toimivuutta haastattelemalla suunnittelijoita ja pitämällä projektin työryhmän kanssa työpajoja. Lisäksi on selvitetty nykyisten tietunneleiden riskienhallinnan ohjeiden kattavuus ja sisältö.

Tietunneleiden riskienhallinnan ohjeistus ja siihen liittyvät vaatimukset ovat tällä hetkellä suppeat. Nykyinen ohjeistus perustuu lainsäädäntöön, jossa kuvataan tietunnelin turvallisuuden minimivaatimukset ja keskitytään käyttöönottovaiheen ja käytön riskienhallintaan ja turvallisuuteen. Tietunneleiden riskienhallinnan menetelmät vaihtelevat hankekohtaisesti vaillinaisen ohjeistuksen takia. Työn aikana käytyjen tietunneleiden riskienhallinnan dokumenttien perusteella riskienarvioinnin menetelmät keskittyvät onnettomuuksien ja vaaratilanteiden seurauksien ja niiden toimenpiteiden hallintaan. Riskienarvioinnissa ei joissakin tapauksissa oteta huomioon tapahtumia, jotka voivat aiheuttaa vaaran tai riskin. Pitkälti luotetaan siihen, että yleisiä tien ja tunnelirakentamisen suunnitteluohjeita ja käytäntöjä noudattamalla estetään riittävällä tasolla vaaratilanteet ja jäljelle jäävät vaaratilanteet johtuvat inhimillisistä virheistä, eikä tätä käsitellä lainkaan riskienhallinnassa. Riskienhallinnan dokumentaation taso vaihtelee hankekohtaisesti. Joissakin hankkeissa riskienhallinnan käytännöt ja lähteet on dokumentoitu tarkasti ja joissakin hankkeissa dokumentaatioissa ei mainita, mihin riskien arviointi ja sen tulokset perustuvat.

2 Tietunneleiden riskienhallinnan nykytilanne

2.1 Suunnittelu, ohjeet ja asiakirjat

2.1.1 Tietunnelin turvallisuussuunnittelu

Tietunnelin suunnittelun alusta lähtien pyritään ottamaan huomioon tietunnelin turvallisuus. Turvallisuussuunnittelulla ennalta ehkäistään monia vaaroja ja riskejä, joita ei kirjata riskienhallinnan asiakirjoihin.

Tietunnelidirektiivissä määritetään turvallisuusparametreja, jotka tulee ottaa huomioon tietunnelin suunnittelussa. Tunnelin rakenteelle ja varustelulle, kuten tunnelin rakenteellisille ominaisuuksille, valaistukselle ja pysähtymispaikoille, on annettu minimivaatimukset turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi. Turvallisuusvaatimukset on otettu huomioon Liikenneviraston ohjeissa koskien tien ja tietunnelin suunnittelua.

Tietunnelin suunnittelun edetessä turvallisuuteen vaikuttavat ratkaisut ja teknisten järjestelmien laatu ja laajuus määritetään jatkossa turvallisuuskonseptin ja laadittujen riskianalyyseiden perusteella. Riskianalyysi tehdään tunnelin ominaisuuksien ja rakenteiden sekä teknisten järjestelmien suunnitteluratkaisujen varmistamiseksi. Tietunnelin lopullinen turvallisuussuunnittelu perustuu Riskianalyysin tuloksien ja niistä laadittujen johtopäätösten perusteella tietunnelin suunnitelmia ja varustelua muutetaan, jossa tietunnelille määritetty turvallisuustaso täyttyy.

2.1.2 Säädökset

Tietunneleiden riskienhallinnan vaatimukset perustuvat **Euroopan unionin direktiiviin 2004/54/EY Euroopan laajuisen tieverkon tunnelin turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista** (Euroopan parlamentti, 2004, jatkossa Tietunnelidirektiivi), jonka vähimmäisvaatimukset on esitetty Liikenneviraston ohjeessa 14/2014 ”Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet” (Liikennevirasto, 2014, jatkossa Tietunnelien hallinnointiohje). Lisäksi tietunneleiden turvallisuudessa noudatetaan pelastuslakia ja valtioneuvoston asetusta pelastustoimesta.

Tietunnelidirektiivi asettaa vaatimukseksi, että yli 500 metriä pitkiin TEN-tieverkon tietunneleihin on tehtävä riskianalyysi. Tietunnelidirektiivi antaa vähimmäisvaatimukset tunnelin turvallisuustoimenpiteille ja -parametreille sekä asettaa sisältövaatimukset tietunnelille laaditusta turvallisuusasiakirjasta hankkeen elinkaaren eri vaiheissa sisältäen pelastuspalvelujen kanssa hätätilanteita varten laadittavat suunnitelmat. Tietunnelidirektiivin vaatimukset on implementoitu maantielakiin ja Liikenneviraston ohjeisiin, jotka esitetään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Tietunnelidirektiivissä ohjataan käsittelemään riskejä ja tekemään riskianalyysejä seuraavasti:

- Hallintoviranomainen saa hyväksyä tilanteissa, joissa turvallisuuteen liittyviä direktiivissä mainittuja minimivaatimuksia ei kohtuudella voida täyttää, kompensoivia turvallisuusratkaisuja riskien vähentämiseksi. Kompensoivien menetelmillä täytyy saavuttaa vähintään yhtä hyvä turvallisuustaso kuin minimi-ratkaisun täyttämällä saavutettaisi. Kompensoivien toimenpiteiden tehokkuus tulee osoittaa riskianalysilla.
- Riskianalyysin suorittaa tunnelin hallinnoijasta riippumaton taho.
- Riskianalyysin tulokset ja sisältö tulee sisällyttää turvallisuusasiakirjoihin.
- Riskianalysissa analysoidaan tietyn tunnelin riskit ottaen huomioon kaikki suunnitteluun liittyvät tekijät ja liikenneolosuhteet, jotka vaikuttavat turvallisuuteen, eli liikenneominaisuudet, tunnelin pituus, liikenteen tyyppi ja tunnelin rakenteelliset ominaisuudet sekä raskaiden tavarankuljetusajoneuvojen ennakoitu lukumäärä päivää kohti.
- On varmistettava, että kansallisesti käytössä on yksityiskohtaisesti ja selkeästi määritellyjä riskianalysimenetelmiä, jotka vastaavat parhaita käytäntöjä. Sovellettavista menetelmistä on ilmoitettava komissiolle, joka varmistaa että tiedot on muiden jäsenvaltioiden käytettävissä ja saatavilla.
- Mikäli tunneli poikkeaa selvästi tunnelidirektiivissä esitetyistä parametreista, tulee riskianalysilla tutkia, tarvitaanko tunnelin erityispiirteiden vuoksi erityisiä toimenpiteitä tunnelin korkean turvallisuustason turvaamiseksi. Riskianalysissa on otettava huomioon tunnelin käyttövaiheen aikana mahdolliset onnettomuudet, jotka selvästi vaikuttavat tienkäyttäjien turvallisuuteen tunneleissa, sekä niiden mahdollisten vaikutusten luonne ja laajuus.
- Mikäli raskaan liikenteen osuus on erityisen suuri (yli 15 %), tulee sen aiheuttama riski erikseen arvioida.
- Jos tunnelin kaltevuus on yli 3 prosenttia, turvallisuuden varmistamiseksi on toteutettava lisätoimenpiteitä ja/tai tehostettuja toimenpiteitä riskianalyysin perusteella.
- Jos hitaalle liikenteelle tarkoitetun kaistan leveys on alle 3,5 metriä ja raskaat tavarankuljetusajoneuvot ovat sallittuja, turvallisuuden varmistamiseksi on toteutettava lisätoimenpiteitä ja/tai tehostettuja toimenpiteitä riskianalyysin perusteella.
- Tunneleissa, joissa liikenne on kaksisuuntaista ja/tai ruuhkautunutta yksisuuntaista, pitkittäissuuntaista ilmanvaihtoa saa käyttää vain, jos se on riskianalyysin perusteella hyväksyttävää ja/tai toteutetaan erityisiä toimenpiteitä, kuten parannetaan liikenteenhallintaa, lyhennetään varauloskäyntien välisiä etäisyyksiä ja asennetaan savunpoistolaitteita tietyin välimatkoin.
- Pitkissä kaksisuuntaisissa tunneleissa, joissa liikennemäärä on suuri, on määriteltävä riskianalysilla, onko pelastuspalvelut sijoitettava tunnelin molempiin päihin.
- VAK:ien sallimisen edellytykset on tutkittava riskianalysilla. Riskianalyysin perusteella päätetään voidaanko VAK:et sallia tai pitääkö ne kieltää kokonaan tai niitä rajoittaa kuljetuslajeittain tai esimerkiksi ajallisesti.
- Riskianalysilla on tutkittava tuleeko raskaalle liikenteelle asettaa ohittamis-kielto tunnelissa.

Pelastuslaki 379/2011 (Suomen eduskunta, 2011) ja **Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 407/2011** (Suomen valtioneuvosto, 2011) määräävät, että yli 100 metriä pitkille tunneleille on tehtävä pelastussuunnitelma. Tietunnelidirektiivissä vaadittu turvallisuusasiakirja täyttää pelastuslain ja valtioneuvoston asetuksen vaatimukset pelastussuunnitelmalle. Jos tunnelille ei laadita tietunnelin turvallisuusasiakirjaa, tulee sille laatia erillinen pelastussuunnitelma.

2.1.3 Ohjeet

Tietunnelien hallinnointiohje perustuu pääosin Tietunnelidirektiiviin. Ohje on laadittu ottaen huomioon kansalliset säädökset ja Suomen käytännöt. Ohjeessa on esitetty vähimmäisvaatimukset tietunneleiden minimiturvallisuustason täyttämiseksi.

Vaarallisten aineiden kuljetuksista tietunneleissa on laadittu erillinen Tiehallinnon ohje 16046/2007/30/2 ”Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa, riskianalyytit ja kuljetusrajoitukset” (Tiehallinto, 2008, jatkossa VAK-riskianalyytin ohje). Ohjeessa on esitetty kaksi menettelytapaa riskien tarkastelulle riippuen tietunnelin ominaisuuksista ja miten tietunneleiden riskianalyytit vaarallisten aineiden kuljetusten osalta tulee tarkastella.

Tiehallinnon vuonna 2005 kesken jäänyt ohjeluonnos ”Tietunnelin suunnitteluohje” koskee yleisillä teillä olevia tietunneleita. Ohjeluonnos on tehty perustuen Tietunnelidirektiiviin ja sitä on noudatettu tietunneleiden hankkeissa ohjeenomaisesti huolimatta siinä olevista puutteista ja keskeneräisyydestä. Liikennevirastossa on valmistunut, meneillään ja suunnitteilla useita ohjeprojekteja, joilla pyritään kattamaan tietunneleita koskevat ohjeistuksen puutteet.

Yksityiskohtaisista tietunneleiden riskienhallinnan menettelytavoista ja niiden soveltamisesta hankkeen eri vaiheissa ei ole tarkempia ohjeistuksia. Liikenneviraston syksyllä 2015 julkaistu ”Tietunnelien turvallisuusasiakirjojen laatiminen”-ohje antaa vaatimukset ja ohjeistukset tietunnelin turvallisuusasiakirjalle ja sen laatimiselle sekä riskienhallinnan ja riskianalyytien tulosten esittämiselle turvallisuusasiakirjoissa.

2.1.4 Turvallisuuden ja riskien arviointiin liittyvien asiakirjojen kuvaukset

Tietunnelidirektiivin mukaan tietunnelille laaditaan turvallisuusasiakirja, jota pidetään jatkuvasti ajan tasalla. Hankkeen edetessä turvallisuusasiakirjaa päivitetään ja täydennetään kyseessä olevan vaiheen vaatimusten mukaisesti. Turvallisuusasiakirjan sisällön vähimmäisvaatimukset on esitetty Tietunnelidirektiivissä ja Liikennevirasto on täydentänyt niitä Tietunnelien hallintaohjeessa. Liikenneviraston syksyllä 2015 julkaistussa ohjeessa ”Tietunnelin turvallisuusasiakirjojen laatiminen” kuvataan tietunnelin turvallisuusasiakirjan laadintaprosessi ja vastuut sekä turvallisuusasiakirjan sisältövaatimukset hankkeen eri vaiheissa. Uusi ohje perustuu Tietunnelidirektiiviin, Tietunnelin hallinnointiohjeeseen, pelastuslakiin ja Suomen käytäntöihin tietunneleissa. Sen tavoitteena on myös tuoda tietunnelin turvallisuussuunnittelu selkeämmäksi osaksi tietunnelin suunnittelua, rakentamista ja käyttöä.

Liikenneviraston ”Tietunnelin turvallisuusasiakirjan laatiminen” ohjeen mukaan turvallisuusasiakirjan osana laaditaan tunnelidirektiivissäkin mainittu turvallisuuskonseptin suunnittelun alkuvaiheessa. Nykyisin tietunnelin turvallisuuskonseptin laadinta on osa Tietunnelidirektiivin vaatimusta, mutta direktiivissä tai Liikenneviraston aikaisemmissa ohjeissa ei ole tarkemmin määritelty missä hankkeen vaiheessa se

tulee laatia. Turvallisuuskonseptissa kuvataan ne toimenpiteet, joilla vaara- ja häiriötilanteet ja niiden seuraukset hallitaan. Turvallisuuskonseptissa määritetään lähtökohdat tunnelin jatkosuunnittelulle ja tarpeet tunnelin varustelulle. Nykyisin turvallisuuskonsepti on tehty useimmissa hankkeissa tiesuunnitteluvaiheessa. Liikenneviraston syksyllä 2015 julkaistun ohjeen ”Tietunnelin turvallisuusasiakirjojen laatiminen” mukaan turvallisuuskonseptin laadinta aloitetaan tietunnelin yleissuunnitteluvaiheessa. Turvallisuuskonsepti tulee olemaan yleissuunnitteluvaiheessa erillinen asiakirja, joka liitetään osaksi turvallisuusasiakirjojen muodostamaa kokonaisuutta.

Turvallisuuskonsepti perustuu riskianalyysiin, joiden laadinta on vaatimuksena Tietunnelidirektiivissä. Riskianalyysijä laaditaan liikenteelle ja vaarallisten aineiden kuljetuksille ja niistä laaditaan erilliset raportit. Riskianalyysin sisältö ja tulokset on sisällytettävä turvallisuusasiakirjoihin.

2.2 Menettelytavat nykyisissä tietunneleissa

Työn aikana läpi käytyt tietunneleiden riskienhallinnan dokumentit on listattu liitteessä 1. Nykyisin käytettyjä menettelytapoja on selvitetty myös työn aikana pidetyissä työpajoissa ja haastattelemalla suunnittelijoita, jotka ovat tekemisissä tietunneleiden riskienhallinnan kanssa.

Tietunneleiden riskienhallinta keskittyy käytön aikaisten riskien arviointiin ja onnettomuus- ja vaaratilanteiden seurauksien jälkeisiin toimenpiteisiin. Tietunnelin suunnittelussa tehtyjä turvallisuuteen liittyviä ratkaisuja, jotka toimivat ennalta ehkäisevinä toimenpiteinä, ei raportoida riskienhallinnan yhteydessä. Suunnittelun ja rakentamisen aikaisia riskejä ei oteta huomioon tietunnelin riskienhallinnassa, vaan ne ovat osana tiehankkeen riskienhallintaa. Tietunnelidirektiivin vaatimuksena on laatia riskien arvioinnit liikenteellisistä riskeistä ja vaarallisten aineiden kuljetuksista aiheutuvista riskeistä. Nämä laaditaan yleensä erikseen perustuen eri menettelytapoihin. Nykyinen ohjeistus ei ota kantaa muihin käytön aikaisiin riskeihin. Hankkeiden yhteydessä laaditaan toimintaohjeita erilaisten riskien varalle ottamatta kantaa siihen, kuinka todennäköinen riski on, miten koko tilanne voitaisiin estää tai pienentää riskiä ennakkolta. Hankekohtaisesti on laadittu riskien arviointeja vaadittujen riskianalyysien lisäksi teknisille järjestelmille ja rakenteellisille riskeille.

Tietunneleiden nykyisessä riskienhallinnassa arvioidaan tyypillisiä vaara- ja onnettomuustilanteita, jotka ovat tapahtuneet ja joiden seurauksia pitäisi pystyä vähentämään. Riskien arviointi perustuu tapahtumien todennäköisyyksiin, jotka lasketaan tilastotietojen avulla. Riskien arviointi tehdään riskianalyysin avulla. Ennen riskianalyysin tekoa tietunneli suunnitellaan Liikenneviraston suunnitteluohjeiden ja vaatimusten mukaisesti, jolloin saavutetaan tietty turvallisuustaso huomioiden yleiset tiesuunnittelun ja taitorakenteiden suunnittelun periaatteet..

Tietunnelissa tapahtuvien onnettomuuksien seuraukset voivat olla huomattavasti suurempia kuin vastaavien onnettomuuksien seuraukset teiden avo-osuuksilla. Tämän takia tietunneliin suunnitellaan erilaisia toimenpiteitä kuten varauloskäytävät, tietunnelin poikkileikkaus sekä tiukkojen vaatimusten mukaiset vaaka- ja pystylinjatukset, jotta turvallisuustaso säilyy tietunnelissa lähes samanlaisena kuin tien avosuudella. Suunnittelun kautta on tehty ennalta ehkäisevää turvallisuuteen liittyvää suunnittelua ja vältetty riskejä, mutta näistä huolimatta kaikkia vaaroja ja riskejä ei pystytä kokonaan ehkäisemään tai poistamaan, sillä kaikkia inhimillisistä virheistä

aiheutuvia riskejä ei pystytä poistamaan suunnittelun kautta. Inhimillisen riskin ja onnettomuuden seurausten mahdollisen suuruuden takia riskienhallinnassa keskitytään vaaratilanteiden ja onnettomuuksien jälkeisten seurauksien arviointiin ja niiden hallitsemiseen erilaisin toimenpitein. Tietunnelidirektiivin vaatimukset ja kohdennukset ohjaavat tietunneleiden riskienhallintaa keskittymään tiettyihin vaara- ja onnettomuustilanteisiin sekä niiden seurauksien toimenpiteisiin, minkä vuoksi tietunneleiden riskienhallinnassa keskitytään toimenpiteisiin onnettomuus- ja vaaratilanteissa.

2.2.1 Riskienhallinta ja turvallisuusasiakirja

Tietunneleille ei nykyisin tehdä riskien arviointia tien yleissuunnitteluvaiheessa. Tietunneli on osana tiehankkeen riskienhallintaa, joka keskittyy lähinnä hankkeen kustannuksiin ja toteutettavuuteen. Tämä johtuu suurelta osin siitä, että noudattamalla tietunnelin sekä muita tietä ja rakenteita koskevia suunnitteluohjeita oletetaan että turvallisuusasiat tulevat huomioitua riittävällä tasolla. Suunnitteluohjeissa otetaan huomioon mm. tunnelin pituuskaltevuus, poikkileikkaukset ja rakenteen kestävyys. Yleissuunnitteluvaiheessa tietunneli on mukana eri tielinjausvaihtoehtojen vaaratilanteiden arvioinnissa.

Liikenneviraston syksyllä 2015 julkaistun ohjeen ”Tietunneleiden turvallisuusasiakirjojen laatiminen” mukaan tietunneleiden riskienhallinta ja turvallisuusasiakirjan laatimisen prosessit kattavat tietunnelin elinkaaren kaikki vaiheet. Ohjeen mukaan turvallisuusasiakirjan osana olevan turvallisuuskonseptin määrittäminen aloitetaan yleissuunnitteluvaiheessa. Turvallisuuskonsepti laaditaan perustuen tunnelin alustavaan varusteluun. Tietunnelille laaditaan riskianalyysi, jossa otetaan huomioon alustava varustelu, kaikki suunnitteluun liittyvät tekijät ja liikenneolosuhteet, jotka vaikuttavat turvallisuuteen. Huomioon otettavat tekijät on esitetty Tietunnelidirektiivissä ja ne ovat liikenneominaisuudet, tunnelin pituus, liikenteen tyyppi, tunnelin rakenteelliset ominaisuudet ja raskaan tavaraliikenteen liikennemäärä. Riskianalyysin perusteella tehdään varautumissuunnitelma riskeille. Varautumissuunnitelman lopputuloksena saadaan tarvemääräittely varustelulle, joka toimii lähtökohtana jatkosuunnittelussa. Turvallisuuskonsepti hyväksytään ennen liikenteenhallinnan ja tietunnelin teknisten järjestelmien yleissuunnitelman käynnistämistä. Tietunnelin tie- ja rakennussuunnitteluvaiheissa laaditaan tarvittaessa uusi riskianalyysi perustuen varautumissuunnitelmaan ja sen aiheuttamat mahdolliset muutokset viedään suoraan suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirjaan. Turvallisuuskonsepti päivitetään ainoastaan jos yleissuunnittelu- ja tiesuunnitteluvaiheiden välissä on kulunut pitkä aika. Tällöin päivitys tehdään heti tiesuunnitteluvaiheen alussa, jonka jälkeen siirrytään laatimaan suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirjaa.

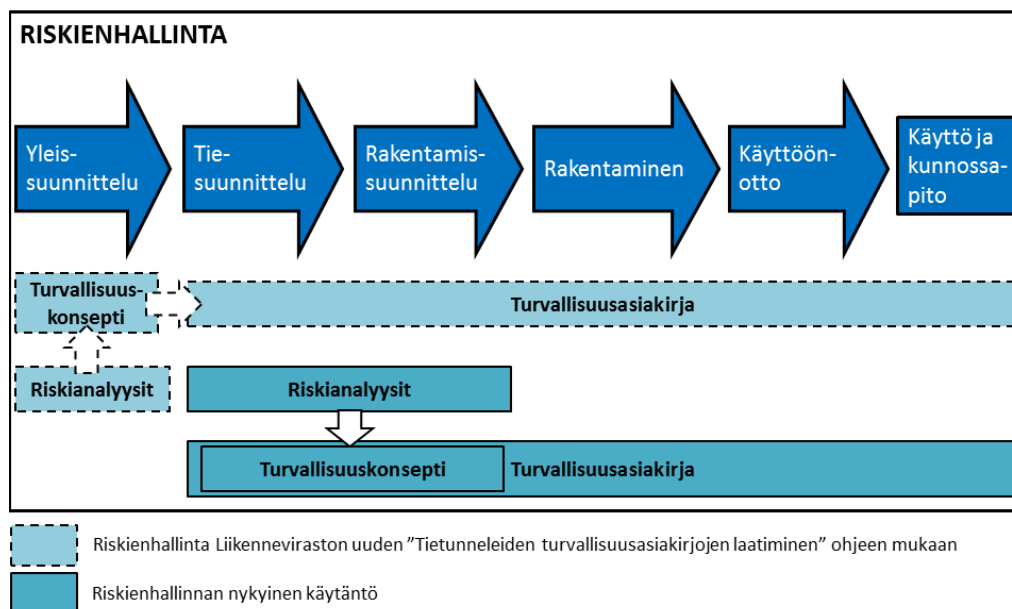
Viimeistään tietunnelin tiesuunnitteluvaiheessa aloitetaan tietunnelin turvallisuusasiakirjan laatiminen. Tietunnelin turvallisuusasiakirja laaditaan suunnitteluvaiheessa ennen rakentamisen aloitusta. Käyttöön otettavalle tunnelille laaditaan käyttöön otettavan tietunnelin turvallisuusasiakirja, joka täydentää suunnitteluvaiheen asiakirjaa. Käytössä olevalla tunnelilla on turvallisuusasiakirja, jonka pohjana on käyttöönottovaiheen turvallisuusasiakirja, jota täydennetään ja ylläpidetään vaatimusten mukaisesti. Tietunnelin turvallisuusasiakirjaa pidetään jatkuvasti ajan tasalla ja sen sisällön tulee täyttää Tietunnelin hallinnointiohjeessa luetellut vaatimukset. Turvallisuusasiakirjan tarkemmat sisältövaatimukset on esitetty Liikenneviraston syksyllä 2015 julkaisemassa ohjeessa ”Tietunneleiden turvallisuusasiakirjojen laatiminen”.

Suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirjan osana on aiemmassa suunnitteluvaiheessa laadittu turvallisuuskonsepti ja siihen liittyvät riskianalyysit. Suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirja on hyväksyttävä hallintoviranomaisella ennen kuin tietunnelin rakennustyöt voidaan aloittaa. Hallintoviranomainen tarkastaa, että tietunnelin turvallisuus on suunniteltu riittävälle tasolle ja että turvallisuuteen liittyvät asiat on esitetty tietunnelin turvallisuusasiakirjassa.

Ennen tietunnelin käyttöä laaditaan käyttöönotettavan tietunnelin turvallisuusasiakirja, joka pohjautuu edelliseen suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirjaan, jota täydennetään Tietunnelien hallinnointiohjeen vaatimusten mukaisesti. Lisäksi suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirjan sisältö tarkistetaan ja päivitetään vastaamaan käyttöönototilannetta. Ennen tietunnelin käyttöönottoa on käyttöönotettavan tietunnelin turvallisuusasiakirja toimitettava tietunnelin muun aineiston kanssa tietunnelien hallintoviranomaiselle, joka päättää tietunnelin avaamisesta liikenteelle.

Käytössä olevalla tietunnelilla on oltava turvallisuusasiakirja, jonka pohjana on käyttöönottovaiheessa laadittu tietunnelin turvallisuusasiakirja. Turvallisuusasiakirjaa täydennetään vastaamaan ajan tasalla olevaa tilannetta jatkuvasti. Käytössä olevan tietunnelin turvallisuusasiakirjan päivittäminen ei vaadi hyväksymiskäsittelyä, jos turvallisuustilanteessa ei tapahdu merkittäviä muutoksia.

Tietunnelin riskienhallinnan nykytilanne on esitetty kuvassa 1. Nykytilanteen kuvaus perustuu olemassa oleviin ohjeisiin ja tietunnelihankkeista laadittuihin riskienhallinnan asiakirjoihin sekä työn aikana tehdyistä haastatteluista ja työpajoista saatuihin tietoihin käytännön kokemuksista.



Kuva 1 Tietunneleiden riskienhallinnan nykytilanteen kuvaus

2.3 Riskianalyysi

Tietunneleiden riskien arviointi keskittyy käytön aikaisiin riskeihin. Tietunnelidirektiivin vaatimuksena on laatia riskianalyytit tietunneleille. Riskianalyyseissä tulee analysoida tunnelin riskit ottaen huomioon kaikki tunnelin ominaispiirteet ja liikenteen olosuhteet, jotka voivat vaikuttaa tietunnelin turvallisuuteen. Riskianalyytien perusteella määritetään lisätarpeet turvallisuustoimenpiteille ja vastustelutason nostamiselle tai laskemiselle. Tietunnelidirektiivin vaatimuksena on arvioida tietunneleiden soveltuvuus vaarallisten aineiden kuljetuksille riskianalyytin perusteella. Peruslähtökohtana kaikissa tietunneleissa on, että ne suunnitellaan ja varustetaan soveltuviksi vaarallisten aineiden kuljetuksille eikä niitä rajoiteta tietunneleissa. Jos vaarallisten aineiden kuljetuksia halutaan rajoittaa tai säädellä tietunnelissa, tulee laatia riskianalyysi, jonka perusteella Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi) voi tehdä päätöksen kuljetusten rajoittamisesta.

Riskianalyyseissä laaditaan arvioinnin pohjaksi tietunnelille hyväksyttävä riskitaso, jota käytetään apuna riskien vertailussa. Riskitasolle ei ole kansallisesti hyväksyttyä tasoa. Tietunneleiden riskianalyyseissä määritetään tunnelille riskitaso, jota useimmiten vertaillaan tien avo-osuuteen, mutta tässä on hanke- ja riskienarviointikohtaisia eroja. Riskitaso toimii suunnittelussa hälytysrajana, jota ei saa ylittää. Riskitasoksi valitaan usein kuolleiden määrä tiettyä ajokilometriä kohden.

2.3.1 Liikenteellinen riskianalyysi

Tietunneleiden riskianalyytit perustuvat liikenteellisiin riskianalyyseihin, joissa tarkastellaan ennalta valittuja poikkeustilanteita ottaen huomioon tietunnelin ominaisuudet, liikenteen koostumus ja liikennemäärät sekä turvavarustelut. Tarkasteltavat poikkeustilanteet ovat tietunneleiden riskianalyyseissa useimmiten samat ja liittyvät ajoneuvojen häiriö- ja onnettomuustilanteisiin, jotka pohjautuvat tavalla tai toisella inhimilliseen virheeseen.

Liikenteellisessä riskianalyyseissä tarkastellaan seuraavia häiriö- ja onnettomuustilanteita riippuen arvioitavasta tietunnelista:

- Ajoneuvon pysähtyminen tunneliin
- Ajoneuvon väärään suuntaan ajaminen
- Ajoneuvon törmäys tunnelirakenteisiin tai laitteisiin
- Kahden tai useamman ajoneuvon törmäys
- Ajoneuvopalo
- Tulipalo tunnelirakenteessa tai -laitteessa
- Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuus
- Ruuhkautuminen
- Häikäistyminen tietunnelin suuaukoilla

Tietunneleille arvioidaan liikennemääräennusteet kyseisen tieosuuden mukaan maankäytön suunnitelmat ja yleiset liikenne-ennusteet huomioiden. Liikennemääräennusteiden perusteella lasketaan todennäköisyyksiä erilaisille häiriö- ja onnettomuustilanteille tunnelissa. Todennäköisyyksien laskemiseen vaikuttavat eniten tietunnelin geometria ja tietunnelissa käytetty nopeustaso. Laskentamallissa nopeustasoa alentamalla tietunnelissa tapahtuvan vaara- tai onnettomuustilanteen todennäköisyyttä voidaan laskea huomattavasti. Laskentamalli ei huomioi tällöin tietunnelin mitoitusnopeutta, vaikka nimenomaan mitoitusnopeus vaikuttaa merkittävästi sii-

hen, millä nopeudella tienkäyttäjät ajavat. Saatua riskien todennäköisyyksiä vertailaan tietunnelille määritettyyn hyväksytyyn riskitasoon.

Tarkasteltavista häiriö- ja onnettomuustilanteista kerätään tilastotietoa. Tilastotiedot jaetaan onnettomuuksien seuraamusten mukaan henkilövahinkoihin, joihin kuuluvat loukkaantumiset ja kuolemat, sekä omaisuusvahinkoihin. Tilastotietojen kerääminen tapahtuu kuitenkin tunnelikohtaisesti hieman eri tavoin ja tilastotietoja ei vielä voida käyttää laajemmin hyväksi. Tietunneleista riippuen käytetään kyseisen tien avosuuden onnettomuustilastoja, joihin voidaan soveltaa hankekohtaisesti määritettyä kerrointa tai ulkomaisia tilastoja tietunneleista. Erilaisten kertoimien avulla verrataan saatua tilastotietoa Suomen tietunnelille hankekohtaisesti päätettyyn riskitasoon.

Tietunnelin riskien arvioinnissa voidaan hyödyntää ns. ALARP-menettelyä ("As Low As Reasonably Practicable"). ALARP-menettelyssä riskitaso voidaan luokitella kolmeen kategoriaan. ALARP-alueen ylärajan yläpuolella on alue, jossa riski ei ole hyväksyttävissä eikä sitä voida perustella edes poikkeuksellisissa olosuhteissa. ALARP-alueen alarajan alapuolella riski hyväksytään yleisesti, eikä tarkempia tarkasteluja tarvita. ALARP-alue tarkoittaa väli-aluetta hyväksyttävän ja ei-hyväksyttävän riskitason välillä. Riskianalyysiä tehtäessä on varmistettava, että riski pysyy vähintään ALARP-alueen hyväksyttävällä tasolla. Riskianalyysin tulosten perusteella harkitaan tietunnelille mahdollisia turvallisuutta lisääviä toimenpiteitä, joita toteutetaan mahdollisuuksien mukaan. Ainoastaan resurssien ja käytön kannalta mahdottomat parantavat toimenpiteet voidaan jättää toteuttamatta, mutta nämä pitää silloin perustella. Useimmiten riskianalyysin lopputuloksena saadaan, että riski on jonkin verran ylärajan alapuolella ALARP-alueella. ALARP-menettelyn alueet ja rajat on esitetty kuvassa 2. ALARP-menettelyä on kuitenkin sovellettu vasta vähän. Käytännössä riskitasoa ei aina yritetä laskea, vaikka riskitaso on ylittänyt siedettävän riskitason tai ollut ALARP-alueen ylärajan lähellä.

Ei hyväksyttävissä oleva alue	Sietämätön riskitaso	Riski ei ole hyväksyttävissä eikä sitä voida perustella edes poikkeuksellisissa olosuhteissa.
ALARP-alue	Siedettävä riskitaso	Hyväksyttävissä vain, jos riskitason alentaminen on käytännössä mahdotonta tai sen kustannukset ovat huomattavan suhteettomat saavutettavaan etuun.
		Hyväksyttävissä, vaikka riskitason alentamisen kustannukset ylittäisivät saavutettavan edun.
Pääosin hyväksyttävissä oleva alue	Hyväksyttävä riskitaso	Ei tarvetta yksityiskohtaisiin selvityksiin. Tarkistettava, että riskit pysyvät tällä tasolla.

Kuva 2 Riskitason arviointi ALARP-menettelmällä (Tiehallinto, 2005)

Riskianalyysien menettelytapoina on käytetty esimerkiksi mallinnusohjelmia ja sanallisia kuvauksia. Riskianalyyseistä on jäänyt epäselväksi millaisiin tietoihin ja laskentaperiaatteisiin mallinnuksessa käytetyt ohjelmat perustuvat. Taulukkoon 1 on koottu erilaisia hankkeissa käytettyjä menetelmiä riskianalyysien tekoon Suomen tietunneleille ja tilastotiedot, joihin menetelmät ja vertailut perustuvat. Taulukossa 1 on esitetty myös perusteet tietunnelin riskitason määrittämiselle. Riskianalyyseistä on laadittu tutkimusraportteja, joissa on kuvattu riskianalyysissä käytetty menetelmä. Tutkimusraportin lisäksi on laadittu riskianalyysin muistio, jossa kuvataan riskianalyysin yhteenveto. Riskianalyysissä käytettyjä menetelmiä ja tilastotietoja sekä niiden soveltuvuutta Suomen tietunneleihin ei avata tutkimusraportissa ja muistiossa. Lähdeviittauksia käytettyihin menetelmiin ja tilastotietoihin ei ole kirjattu tutkimusraportteihin ja muistioihin.

Taulukko 1 Liikenteellisissä riskianalyyseissä käytetyt menetelmät, tilastotiedot ja riskitason määritykset

Tunneli	Käytetyt menetelmät ja tilastotiedot	Riskitason määrittäminen
Hiidenkallion tunneli	Asiantuntija-arvio, eurooppalainen riskimalli * Eurooppalaisia tilastotietoja *, Hiidenkallion tunnelin liikennemääräennuste	Eurooppalainen käytäntö *
Husulan ja Kolsilan tunnelit	Norjan 1990-luvun onnettomuusmallit * Norjan 1990-luvun onnettomuus-tilastot *	Suomen maanteiden riski kuolla onnettomuudessa
Keilaniemen tunneli	Norjassa tehdyt tunnelien turvallisuutta koskevat tutkimukset * Onnettomuus-tilastot Suomesta ja Norjasta * Tilastotiedon ALARP-vertailu riskitasoon	Suomen maanteiden riski kuolla onnettomuudessa
Lintukankaan tunneli	Asiantuntija-arvio, Eurooppalaiset mallit * Suomen moottoriteiden keskimääräiset onnettomuusasteet, Eurooppalaiset tilastot	Tietoa ei saatavilla
Markkinmäen tunneli	Tunnelivertailu Husulan tunneliin	Tietoa ei saatavilla
Mestarintunneli	Kansainväliset tilastotiedot tunnelionnettomuuksista ja niiden seurauksista * Tilastotiedon ALARP-vertailu riskitasoon	Suomen maanteiden riski kuolla onnettomuudessa
Patomäen ja Liipolan tunnelit	Asiantuntija-arvio *, riskilaskelmat, tunnelivertailu Mestarintunneliin ja Vuosaaren tunneliin Suomen moottoriteiden keskimääräiset onnettomuusasteet, Eurooppalaiset tilastot	Suomen maanteiden riskit eri onnettomuustapauksissa
Rasa-Ahomäen tunneli	Asiantuntija-arvio *, riskilaskelmat, tunnelivertailu Markkinmäen tunneliin ja Husulan ja Kolsilan tunneleihin Suomen moottoriteiden keskimääräiset onnettomuusasteet, Eurooppalaiset tilastot	Tietoa ei saatavilla
Rantaväylän tunneli	Kansainväliset tilastotiedot tunnelionnettomuuksista ja niiden seurauksista * Tilastotiedon ALARP-vertailu riskitasoon	Suomen maanteiden riski kuolla onnettomuudessa

* Ei tarkempaa tietoa tai lähdeviittausta menetelmästä tai käytännöstä

Riskianalyysien tuloksia verrataan hankekohtaisesti määritettyihin hyväksyttäviin riskitasoihin. Riskitasojen vertailun lisäksi monissa tunneleissa tehdään vertailuja vastaavista riskianalyyseistä toiseen tietunneliin, joka vastaa ominaisuuksiltaan ja liikennemääriltään arvioitavaa tietunneliä. Esimerkiksi Keilaniemen tietunnelin riskitasoa on vertailtu Mestarintunnelin riskianalyysistä saatuun riskitasoon. Riskitason hyväksyttävyyttä ei perustella riskianalyysien tuloksissa. Jos riskianalyysien tulokset ylittävät hyväksyttävän riskitason, tietunnelille ei laadita lisäturvallisuustoimenpiteitä ja riskitaso hyväksytään ilman perusteluja. Tällöin tunneli voidaan toteuttaa suunnitteluratkaisuluilla, jotka on päätetty ennen riskianalyysin tekoa.

2.3.2 Vaarallisten aineiden kuljetusten riskianalyysi

Liikenteellisten riskianalyysien lisäksi laaditaan tietunneleille vaarallisten aineiden kuljetusten riskianalyysi, jonka avulla arvioidaan, voidaanko vaarallisten aineiden kuljetukset sallia tietunneleissa turvallisesti ja millaisia vaara- tai onnettomuustilanteita vaarallisten aineiden kuljetuksista voi aiheutua tietunneleissa. Riskianalyysissä luodaan useita eri onnettomuusskenaarioita, jotka edustavat erilaisten vaarallisten aineiden aiheuttamia vaaroja.

Vaarallisten aineiden kuljetusten riskianalyysi tehdään joko laskennallisella menetelmällä tai sanallisena kuvauksena ja asiantuntija-arvioina riippuen tietunnelin ominaisuuksista. Suomen eri tietunneleissa käytettyjä vaarallisten aineiden kuljetusten riskien arviointien erimenettelytapoja on listattu taulukossa 2.

Taulukko 2 Vaarallisten aineiden kuljetusten riskien arvioinnin menettelyt eri tietunneleissa

Tunneli	Normaalimenettely	Yksinkertainen menettely
Husulan tunneli	QRAM-analyysi	
Lintukankaan tunneli	QRAM-analyysi	
Markkinmäen tunneli		Sanallinen kuvaus ja arviointi
Rantaväylän tunneli	QRAM-analyysi	
Patomäen ja Liipolan tunnelit	QRAM-analyysi	
Rasa-Ahomäen tunneli		Sanallinen kuvaus ja arviointi

Normaalimenettelyissä tietunneleiden vaarallisten aineiden kuljetusten riskianalyysit perustuvat usein laskentamenetelmiin, joissa on käytetty Maailman tieyhteisön (PIARC) kehittämää laskentamallia, QRAM (Quantified Risk Assessment Model, OECD-PIARC, 2003). QRAM-analyysissä arvioidaan ja vertaillaan riskejä vaarallisten aineiden kuljetuksille vaihtoehtoisilla reiteillä ottaen huomioon liikennemäärät ja -onnettomuudet, tunnelin ominaisuudet ja turvallisuusvarustelun. QRAM-analyysi arvioi myös vaarojen ja riskien seurauksien vaikutuksia ihmisiin. Mallilla pystytään tekemään herkkyystarkasteluja erilaisten tilanteiden välillä. Herkkyystarkasteluissa tarkastellaan eri tekijöiden muutoksen vaikutusta lopputulokseen.

Laskentamenetelmien lisäksi vaarallisten aineiden kuljetuksien riskianalyysyjä tehdään yksinkertaisella menetelmällä, jossa yhdistetään sanallinen arviointi ja vertailu. Yksinkertaisessa menettelyssä todetaan tunnelin ominaisuudet ja sanallisesti arvioidaan liittyykö tunneliin sellaisia tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa erityistä vaaran lisäämistä vaarallisten aineiden kuljetusten osalta. Tarkasteluissa voidaan käyttää apuna tarkasteltavan tietunnelin lähellä sijaitsevien vastaavanlaisten tietunneleiden tarkasteluja ja analyysyjä.

Laskennallisen menettelyn tuloksia käytetään myös pohjana tehtäessä asiantuntija-arvioita vaarallisten aineiden kuljetusten kelpoisuusselvitykselle, jossa selvitetään kyseessä olevan tietunnelin edellytykset selvitä tietunnelissa tapahtuvasta vaarallisten aineiden kuljetusajoneuvon aiheuttamasta onnettomuudesta. Kelpoisuusselvityksen asiantuntija-arviot perustuvat riskianalyysin tuloksien lisäksi tietunnelin liikenne- ja rakenneteknisiin suunnitelmiin, turvavarusteluun ja vuoropuheluun pelastuspalvelujen kanssa. Kelpoisuusselvityksessä on esitetty perustellut parannustoimenpiteet vaarallisten aineiden kuljetusten turvallisuuden parantamiseksi tietunnelissa sekä mahdolliset rajoitukset vaarallisten aineiden kuljetuksille. Kelpoisuusselvitykset on laadittu kaikille käytössä oleville yleisten teiden tietunneleille.

Laskentamenetelmissä käytetään pohjana tilastotietoa vaarallisten aineiden kuljetuksista ja onnettomuuksista. Tilastotietoa on saatu tietunneleita varten laadituista hankekohtaisista seurantatutkimuksista ja -laskelmista tieverkolla, vaarallisten aineiden kuljetusten viisivuotisselvityksistä (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2009 & Trafi, 2013) ja kansallisten liikennemäärien ennustetiedoista (Liikennevirasto, 2014).

3 Tietunneleiden riskienhallinnan kehityskohteet

3.1 Ohjeet ja asiakirjat

3.1.1 Tietunneleiden riskienhallinnan ohjesuositus

Tietunnelille ei ole tähän mennessä laadittu tietunnelin kokonaisuuteen perustuvaa riskienhallintaa hankkeen elinkaaren aikana, vaan riskienhallinta on toteutettu osissa ja menetelmät ovat vaihdelleet tunnelikohtaisesti. **Riskienhallinnan menettelytapoja on tarpeen yhtenäistää** hankkeen aikana ja riskienhallinnan jatkuvuus on varmistettava läpi hankkeen toteutuksen ja tietunnelin elinkaaren.

Riskienhallinnan jatkuvuus hankkeen elinkaaren aikana tulee paranemaan, kun Liikenneviraston tietunnelin turvallisuusasiakirjaa koskeva ohje otetaan käyttöön suunnittelussa. Ohjeen avulla tietunnelin käyttöön liittyvät turvallisuuskysymykset otetaan huomioon tietunnelin koko elinkaaren aikana ja käytön aikainen turvallisuus tulee huomioitua suunnittelussa ja toteutuksessa. Ohjeen mukainen riskienhallinta keskittyy pääosin käytön aikaisten vaaratilanteiden seurausten vaikutusten vähentämiseen ja ennalta ehkäisyyn sekä niiden vaatimusten täyttämiseen, joita Tietunnelidirektiivi erikseen asettaa riskien tarkastelulle. Ohjeeseen olisi hyvä täydentää **kokonaisuuteen perustuvan riskienhallinnan periaatteet siten, että alusta lähtien otettaisiin käyttöön erityyppiset riskit koostava riskienhallintataulukko, jota päivitetään hankkeen edetessä.**

Nykyisin tietunneleiden suunnittelun ja rakentamisen aikaisia riskejä käsitellään tiehankkeen riskienhallinnassa. Tietunneleiden riskienhallinta keskittyy käytön aikaisten riskien arviointiin. Oletuksena on, että vaaratilanteet aiheutuvat inhimillisistä tekijöistä, joihin ei voida vaikuttaa tai joihin on pyritty vaikuttamaan ennakolta niin paljon kuin mahdollista käyttämällä hyväksytyjä suunnitteluparametreja ja -ratkaisuja. Riskienarvioinnissa analysoidaan valittujen vaaratilanteiden tilastoja ja lasketaan todennäköisyyksiä vaaratilanteiden tapahtumisille. Turvallisuusasiakirjan ja hätätilanteiden menettelyt on laadittu selkeästi, joten niihin liittyen ei ole tullut esille merkittäviä muutostarpeita. **Riskienhallinnan jatkuvuus ja seurattavuus on suositeltavaa varmistaa, jotta turvallisuus pystytään ottamaan huomioon hankkeen kaikissa vaiheissa ja riskienhallinnan toimenpiteet on arvioitavissa myös jälkeenpäin.**

Riskienhallinnassa keskitytään nykyisin vaaratilanteiden seuraamuksien jälkeisiin toimenpiteisiin ja vaaratilanteiden hallitsemiseen. Riskienhallinnassa ei tarkastella vaaratilanteita aiheuttavia tapahtumia eikä niille laadita turvallisuustoimenpiteitä. Suurin osa tietunnelin suunnittelusta koskee turvallisuutta ja keinoja, joilla ehkäistään tietunnelista aiheutuvia vaaratilanteita. Suunnittelun pyrkimyksenä on suunnitella tietunneli niin turvalliseksi, että se ei lisää inhimillistä virheen todennäköisyyttä. Kaikilta osin tämä ei ole mahdollista, koska kaikkia inhimillisiä virheitä ei pystytä estämään.

Riskienhallinta on nykyisin jakautunut liikenteellisten, vaarallisten aineiden kuljetusten ja joissakin tapauksissa myös turvallisuutta parantavien järjestelmien riskien arviointiin. Näitä riskejä käsitellään erillisinä osa-alueina eikä niitä käsitellä kokonaisuutena. Suositeltavaa olisi, että kaikki **riskit kootaan ja käsitellään yhdessä riskitaulukossa, jonka menettelytavat voisivat noudattaa soveltuvin osin yleisiä Liikenneviraston riskienhallinnan menettelytapojen ohjeita.**

Tietunneleiden riskienhallintaa varten olisi suositeltavaa laatia **ohje, jossa kuvataan kokonaisuutena riskienhallinnan vaatimukset erityyppisten riskien osalta ja prosessi tietunnelin elinkaaren kaikissa vaiheissa suunnittelusta kunnossapitoon.** Vaihtoehtoisesti myös ohjetta tietunnelin turvallisuusasiakirjan laatimisesta voidaan laajentaa siten, että siinä ohjeistetaan riskienhallinta tietunnelin tapauksessa laajemmin. Riskienhallinnan ohjeessa **kannattaa kuvata myös, mitä menettelytapoja käytetään missäkin tietunnelin elinkaaren vaiheessa sekä riskienarvioinnin työkalut.** Ohjeessa tulisi **yhtenäistää tietunneleiden riskien arvioinnissa käytetty terminologia** ottaen huomioon olemassa olevat ohjeet, jotta ei pääse syntymään sekaannuksia ja hankkeen aikana järjestettävien riskityöpajoihin osallistuvilla on sama käsitys työpajojen tavoitteesta. Ohjeen laadinnan yhteydessä tulisi myös käydä läpi rajapinnat Liikenneviraston ohjeen 28/2015 "Riskienhallinta väylänpito" kanssa (Liikennevirasto, 2015) ja selvittää, miltä osin kyseistä ohjetta voidaan soveltaa tietunnelin riskienhallintaan ja miltä osin tarvitaan erityistä tietunneleita koskevaa riskienhallinnan ohjeistusta.

3.1.2 Liikenteellisen riskianalyysin ohjesuositus

Liikenteellistä riskianalyysiä varten olisi suositeltavaa laatia ohje, jossa kuvataan vaatimukset riskianalyysille ja sen laatimiselle. Etenkin menettelytapoja, joita on käytetty liikenteellisen riskianalyysin teossa, olisi syytä yhdenmukaistaa ja laatia suositukset niiden käytölle ottaen huomioon tietunnelin ominaisuudet ja ympäristö. Suosituksen tavoitteena olisi varmistaa, että tietunnelille tehdään sille sopiva riskianalyysi, joka ei ole liian raskas tai liian kevyt.

Liikenteellisen riskianalyysin tekoa varten olisi suositeltavaa laatia **lista tietunnelissa tapahtuvista vaara- ja onnettomuustilanteista, jotka tulee arvioida riskianalyysissä.** Listaan tulisi listata kaikki tietunnelissa tapahtuvat vaara- ja onnettomuustilanteet, mutta hankekohtaisesti ja tietunnelin ominaisuuksista riippuen määritetään mitkä vaara- ja onnettomuustilanteet tulee ottaa huomioon kyseisen tietunnelin riskianalyysissä.

Liikenteellisten riskianalyysien yhteenvedoissa viitataan monesti yleisiin kansallisiin tai kansainvälisiin käytäntöihin. Näihin käytäntöihin viitatessa **olisi jatkossa syytä ilmoittaa myös lähde, josta on saatavilla lisätietoja ja miten kyseinen käytäntö on sovellettavissa kyseiseen tapaukseen.**

Tietunneleiden riskianalyyseissä käytettävät tilastotiedot vaihtelevat hankkeittain. Onnettomuustilastoissa käytetään niin kansallisia kuin kansainvälisiä tietoja joko teiden avo-osuuksilta tai tietunneleista. Joidenkin tietunneleiden kohdalla käytetään vuosikymmeniä vanhoja tilastoja muista maista, jotka eivät enää ole vertailukelpoisia. Riskianalyysin ohjeistuksessa olisi suositeltavaa **esittää riskianalyysissä hyväksyttävät lähteet tilastotietojen käytölle sekä vaatimus siitä, miten uutta tilastotiedon tulee olla.** Yhtenä mahdollisena tilastotiedon lähteenä voisi olla Liikenneviraston liikenneonnettomuustiedot teiden avo-osuuksilta viimeiseltä viideltä vuodelta (Liikennevirasto, 2015).

Ongelmana nykyisin käytetyissä liikenteellisen riskianalyysin laskentamenetelmässä on, että ne perustuvat muualla Euroopassa saatuihin tilastotietoihin. Tietunneleiden ominaisuudet ovat muualla Euroopassa erilaiset ja laskentaperiaatteista ei ole tarkempaa tietoa, joten tulokset ovat aina tulkinnanvaraisia. On havaittu, että lyhyemmille tunneleille laskenta antaa suhteellisesti huonompia tuloksia, joten käytäntönä on ollut, että tilastollista laskentamenetelmää sovelletaan ainoastaan yli 500 m pitkiin tunneleihin. Yleisesti voidaan todeta, että **tilastollisiin menetelmiin perustuva laskentamenetelmä olisi päivitettävä tai mahdollisesti jopa kehitettävä uusi laskentamenetelmä**, joka olisi läpinäkyvämpi ja helpommin muokattavissa ja sovellettavissa tulevien tarpeiden mukaisesti.

Hyväksyttävä riskitaso tietunneleille olisi suositeltavaa määrittellä kansallisella tasolla esimerkiksi Liikenteen turvallisuusviraston toimesta. Liikenneviraston olisi suositeltavaa pyrkiä hankkeissaan kansallisesti asetettuun riskitasoon. Jos kansallisen riskitason määrittäminen ei ole mahdollista voidaan vaihtoehtoisesti määrittää erilaisia kertoimia tietyille tietunneleille, jolloin tiedosta tulee vertailukelpoista. Tietunneleiden kertoimien määrittämisessä on mahdollista soveltaa Liikenneviraston liikenneonnettomuustietoja teiden avo-osuuksilta erityyppisille tieosuuksille (Liikennevirasto, 2015). Erilaisia turvallisuuteen liittyviä kertoimia voitaisiin määrittää tietunnelin liikenneympäristöön liittyen. Esimerkiksi moottoritiele, maaseudun valtateille ja kaupunkialueille on mahdollista määrittää sopivat kertoimet tavoitellulle turvallisuustasolle verrattuna vastaavan ympäristön avo-osuuteen. Kun tilastotietoa varten on laadittu vertailukelpoiset kertoimet, voidaan riskianalyysin perusteella saatuja tuloksia verrata luotettavasti riskien arvioinnin alussa määritettyyn riskitasoon.

Laadittujen riskianalyysien tuloksia ei vertailla käyttöönoton jälkeen toteutuneisiin riskeihin. **Suosittelavaa olisi käytönaikaisen turvallisuusasiakirjan ylläpidon aikana vertailla riskianalyysien tuloksia toteutuneisiin riskeihin ja raportoida mahdollisista uusista riskeistä, joita ei huomioitu riskianalyysien teoissa.** Vertailussa olisi myös mahdollista analysoida, ovatko ennalta arvioidut riskit toteutuneet, ja käyttää tietoa hyödyksi korvausinvestointeja suunniteltaessa ja uusien tunneleiden suunnittelussa.

Ohjetta laadittaessa tulee varmistaa, että **ohjeen mukaisella riskienhallinnalla voidaan vastata kaikkiin Tietunnelidirektiivin riskianalyysijä ja riskienarviointia koskeviin vaatimuksiin.**

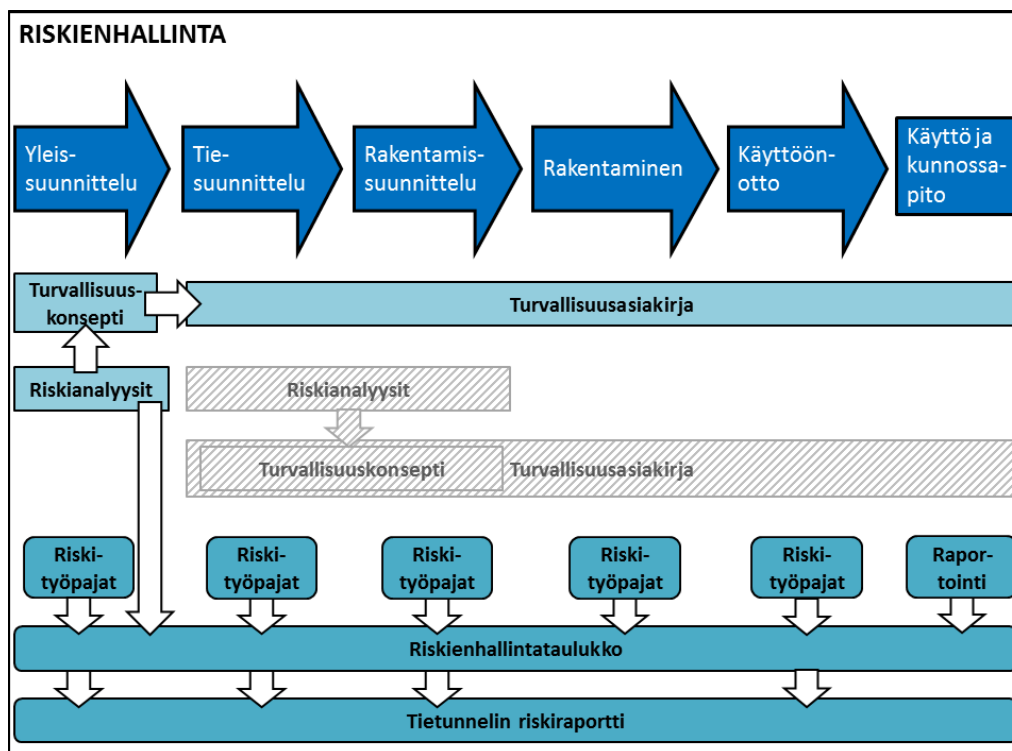
Liikenteellisen riskianalyysin tuloksia on mahdollista käyttää lähtötietona riskienarvioinnissa. Tällöin riskianalyysin tulokset toimivat riskienhallinnan taustamateriaalina. Liikenteellisen riskianalyysin ohjeen laadinnassa tulisi myös selvittää miten liikenteellistä riskianalyysia voitaisiin käyttää lähtötietona, jos tietunnelin riskienhallinnalle päätetään soveltaa Liikenneviraston ohjetta ”Riskienhallinta väylänpidossa”.

3.2 Menettelytavat

Olemassa olevien tietunnelin riskienhallinnan käytäntöjen lisäksi olisi suositeltavaa ohjeistaa uusia menettelytapoja riskienhallinnan tueksi. Hankkeiden yleisiä menettelyjä on kuvattu ohjeessa Riskienhallinta väylänpidossa. Suositeltavat menettelytavat tulisi ottaa osaksi tietunnelin riskienhallintaa heti elinkaaren alkuvaiheessa. **Tietunnelin riskienhallinnan menettelytavoiksi suositellaan riskienhallintataulukon ja tietunnelin riskiraportin käyttöönottoa.** Tavoitteena on, että tietunnelin riskien-

hallinta raportoidaan omana kokonaisuutena, joka on osa tiehankkeen riskienhallintaa tai vaihtoehtoisesti se sovitetaan omana kokonaisuutenaan osaksi muuta riskienhallintaa.

Riskienhallintataulukko ja tietunnelin riskiraportti otetaan käyttöön heti hankkeen alkuvaiheessa ja niitä ylläpidetään tietunnelin käyttöönottoon asti. Menettelytapojen käyttöä ja sisältöä tarkennetaan suunnittelun edetessä. Menettelytapojen tarkoituksena on antaa lähtökohdat jatkotoimenpiteiksi suunnittelun edetessä ja nostaa esille merkittäviä riskejä ja vaaroja, joita tulee seurata koko hankkeen ajan. Menettelytavoilla varmistetaan, että tietunneleiden riskienhallinta huomioidaan hankkeessa koko sen elinkaaren ajan. Tietunnelin riskienhallinnan nykyisen ohjeistuksen ja tässä selvityksessä esitettyjen uusien menettelytapojen käyttö tiehankkeen koko elinkaaren aikana on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3 Suositeltava riskienhallinnan menettely tietunneleille

Riskejä on käsiteltävä hankkeen aikana **työpajoissa, joissa on oltava kaikki riskienhallintaan vaikuttavat osa-alueet riittävällä laajuudella edustettuna.** Suositeltavaa olisi, että työpajoihin osallistuu vähintään projektin eri tekniikka-alojen vastuhenkilöt sekä projektipäällikkö, tietunnelin turvallisuusvastaava ja hallintoviranomainen. Työpajoihin osallistuvilla henkilöillä tulisi olla riittävä pätevyys ja kokemus arvioimaan tietunneleiden käytön aikaisia riskejä ja vaaroja. Varsinaisia pätevyysvaatimuksia riskienhallintaan osallistuville ei kuitenkaan kannata asettaa. Tämä edellyttäisi koulutusta ja valvontaa, mikä ei ole järkevässä suhteessa saavutettuun etuun, sillä hankkeita on suhteellisen vähän.

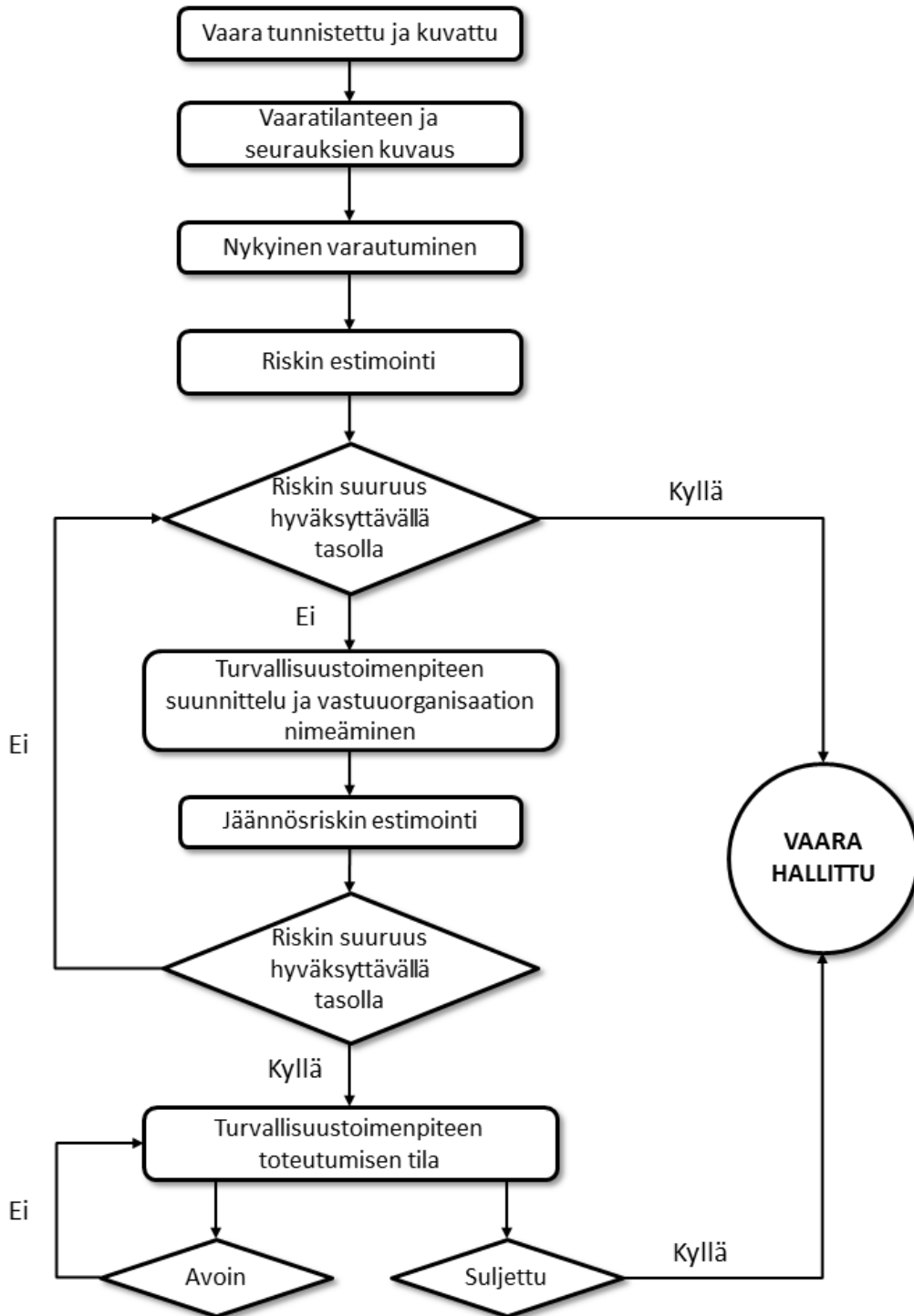
3.2.1 Riskienhallintataulukko

Riskienhallintataulukon tarkoituksena on varmistaa, että kaikki tietunnelin käytön aikaiset riskit tulee huomioitua ja käytyä läpi ennen tietunnelin käyttöönottoa. Riskienhallintataulukolla varmistetaan myös, että **tarvittavat turvallisuustoimenpiteet laaditaan ja toteutetaan** ennen tietunnelin käyttöönottoa.

Riskienhallintataulukkoon kirjataan liikenteellisten ja vaarallisten aineiden kuljetuksien riskien lisäksi esimerkiksi teknisiin järjestelmiin ja rakenteeseen liittyviä riskejä. Riskien kirjaamisen jälkeen on mahdollista tarkastaa, voidaanko riskejä sovittaa yhteen ja voidaanko jollakin turvallisuustoimenpiteellä alentaa tai poistaa muita riskejä kuin tarkasteltavana oleva riski.

Mahdollisena riskienhallintataulukon pohjana voidaan pitää yleisesti Liikenneviraston väylähankkeissa käyttämää riskienhallintataulukkoa, joka on kehitetty rautateiden riskienhallintaan. Tällä tavoin riskienhallinnan menettelytavat eri tapauksissa ovat mahdollisimman yhtenäiset ja tarvittaessa saman tietokannan hyödyntäminen myöhemmin on helpompaa. **Tietunneleiden osalta Liikenneviraston riskienhallintataulukkoa voidaan soveltaa siten, että siitä otetaan käyttöön ainoastaan tarvittavat sarakkeet.**

Riskienhallintataulukolla seurataan riskien ja vaarojen kehitystä hankkeen koko elinkaaren ajan. Tällä tavalla varmistetaan, että kaikki esille tulleet riskit otetaan huomioon ja niiden suuruuden alentamiseksi laaditut turvallisuustoimenpiteet tulee toteutettua ennen käyttöönottoa. Taulukko toimii dokumentaation päiväkirjana, josta ilmenee missä hankkeen vaiheessa riskejä on kirjattu taulukkoon ja missä vaiheessa turvallisuustoimenpiteitä on laadittu ja toteutettu. Esimerkki yksittäisen riskin käsittelystä riskienhallintataulukkoa käyttäen on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 Yksittäisen riskin käsittely riskienhallintataulukkoa käyttäen

3.2.2 Tietunnelin riskiraportti

Riskien arvioinnin tulokset olisi suositeltava raportoida tietunnelin riskiraportissa riskienhallintataulukon lisäksi. Tietunnelin riskiraportin laatiminen aloitetaan heti hankkeen alkuvaiheessa. **Tietunnelin riskiraportin tarkoituksena on koota yhteen tietunnelin riskienhallinta koko elinkaaren ajalta.** Tietunnelin riskiraportti voi olla myös omana kokonaisuutena koko hankkeen riskiraportissa, josta se on irrotettavissa esimerkiksi turvallisuusasiakirjan liitteeksi.

Tietunnelin riskiraporttiin kirjataan riskienhallintaan osallistuneet henkilöt, riskien arvioinneissa käytetyt menettelytavat, riskienarviointien tulokset ja perustellut valituille menettelytavoille. Tietunnelin riskiraporttia päivitetään ja täydennetään hankkeen edetessä ja se toimisi niin sanottuna riskienhallinnan päiväkirjana. Tietunnelin riskiraporttiin kirjataan jatkotoimenpiteitä riskienhallinnalle hankkeen suunnittelun edetessä, sekä kuvataan tietunnelin varustelutason valinnan perustelut ja kaikki riskienhallinnan osa-alueet tietunnelin turvallisuuden kannalta. Riskienhallintataulukko liitetään tietunnelin riskiraportin liitteeksi.

3.3 Riskien arviointi

Riskienhallinnan ohjeistuksella on tarpeen myös **määrittää riskien käsittelyn hyväksyttävät menettelytavat sekä erityisesti ei hyväksyttävien riskien käsittely ja jäänösriskin arviointi.**

Hyväksyttävä riskitaso on määritetty nykyisin tapauskohtaisesti. Suositeltavaa olisi määritellä **yhtenäiset menettelytavat hyväksyttävän riskitason määrittämiseksi.** Liikenteellisen riskianalyysin tapauksessa riskitaso voidaan määrittää vastaavan tien avo-osuuden riskitason avulla, mistä on käytettävissä enemmän tilastotietoa. Tietunnelin suunnittelun yhteydessä suositeltava riskitaso voisi olla sama kuin avosuudella ja hyväksyttävän tason ylärajana voidaan pitää vastaavaa lukua kerrottuna kertoimella 1,5. Jos riskin suuruus ylittää hyväksyttävän rajan, tulee sille laatia turvallisuustoimenpiteitä.

Liikenneviraston riskienhallintataulukossa ylläpidettävien riskien arviointi ja hyväksyttävyyden määrittäminen perustuu riskimatriisiin käyttöön (kuva 5). **Riskimatriisin avulla määritetään riskin suuruus ja hyväksyttävyys systemaattisella tavalla.** Riskimatriisi on yleisesti Liikenneviraston väylähankkeissa käytössä oleva riskimatriisi, jota olisi mahdollista soveltaa myös tietunneleiden riskienhallinnassa.

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

Kuva 5 Riskimatriisi (Liikennevirasto, 2010)

Riskien todennäköisyyden ja seurausten arvioimiselle on määritelty riskimatriisin yhteydessä systemaattinen menettelytapa asteikolla 1–5. Riskimatriisin ylärivissä arvioidaan riskin seurausten vakavuus (kuva 6) ja vasemman reunassa määritellään tapahtuman todennäköisyys (kuva 7). Lukuarvo 1 kuvaa riskin ja sen seurauksen alhaisinta todennäköisyyttä tai vakavuutta. Vastaavasti lukuarvo 5 kuvaa suurinta todennäköisyyttä tai vakavinta seurausta. Riskin todennäköisyyteen vaikuttaa riskin mahdollisuus toteutua ja toteutumisen toistuvuus. Liikenteellisten riskien suuruutta määritettäessä on mahdollista käyttää hyödyksi liikenteellisen riskianalyysin tuloksia, joista saadaan laskettua todennäköisyyksiä ja määriä tietyille tapahtumille.

Riskin seurausten vakavuuden määrittämisessä riski jaetaan vahinkolajeihin riippuen riskin seurauksesta. Vahinkolajeja ovat henkilövahinko, omaisuusvahinko, toiminnallinen haitta, liikennevahinko ja ympäristövahinko. Vahinkolajin perusteella valitaan seurausten vakavuus. Riskiin voi kohdistua enemmän kuin yksi vahinkolaji, jolloin riskin suuruus arvioidaan erikseen kullekin vahinkolajille.

Tietunneleiden riskien seurausten vakavuuden arviointia varten on mahdollista laatia uusia vahinkolajeja tai muokata nykyisiä vahinkolajeja. Seurausten vakavuuden suuruuden määrittämisessä on mahdollista käyttää 1–5 asteikon sijaan eri lukuarvoja, jotka ovat esimerkiksi verrannollisia määritettyyn riskitasoon.

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

Kuva 6 Riskin seurausten vakavuuden arviointi (Liikennevirasto, 2010)

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

Kuva 7 Riskin todennäköisyyden arviointi (Liikennevirasto, 2010)

Riskin todennäköisyyden ja seurausten vakavuuden yhdistelmänä ja **riskimatriisin avulla voidaan määritellä riskin suuruus ja hyväksyttävyyden taso**. Asteikon käyttöönotto mahdollistaa yhtenäiset ja vertailukelpoiset menettelytavat tietunnelihankkeiden kesken. Riskin suuruus määrittelee luokat toimenpiteille (kuva 8), joiden perusteella ilmaistaan mahdollisten toimenpiteiden tarve ja kiireellisyys. Riskimatriisin vihreät arvot eivät edellytä turvallisuutta parantavia toimenpiteitä, kun taas keltaiset, oranssit ja punaiset edellyttävät toimenpiteitä.

TOIMENPIDELUOKAT	
V luokka	Välittömät toimenpiteet
IV luokka	Toimenpiteet meneillään olevassa suunnitteluvaiheessa
III luokka	Toimenpiteet suunniteltava
II luokka	Seurataan
I luokka	Ei tarvita toimenpiteitä

Kuva 8 Toimenpideluokat riskin suuruksiin perustuen (Liikennevirasto, 2010)

Tietunneleiden tapauksessa olisi tarpeen **selvittää pilottikohteen avulla, kuinka tilastolliseen todennäköisyyteen perustuvia inhimillisistä vaaratilanteista aiheutuvia riskejä voidaan tulkita riskimatriisin avulla**, jolloin riskienhallinnan menettelytavat olisivat yhtenäiset. Tarvittaessa voisi harkita uuden luokittelun käyttöönottamista todennäköisyyden tai seurausten vakavuuden arvioinnissa.

Mikäli liikenteellisiä riskejä voidaan arvioida riskitaulukon avulla, eivät turvallisuusratkaisut olisi niin riippuvaisia liikenteen riskianalyysistä, jonka laskennan tilastollisia periaatteita ja soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin ei varmuudella tiedetä. Näin toimittaessa **liikenteellinen riskianalyysi voisi olla riskienhallinnan tukena, mutta lopulliset tietunnelin suunnitteluun ja varustukseen liittyvät ratkaisut voitaisiin tehdä riskienhallinnan yhteydessä tehtävän asiantuntija-arvion perusteella**. Menettelyn mahdollisuuksia tulee kuitenkin tutkia tarkemmin ennen käyttöönottamista esimerkkitapauksien avulla tai jossakin tulevassa hankkeessa.

Eryteisesti riskienarvioinnin loppuvaiheen menettelytavat tarvitsevat tarkempaa ohjeistusta. **Parantamista on havaittujen riskien hyväksyttävyyden arvioinnissa ja hyväksyttävyyden käsittelyssä kuin myös turvallisuustoimenpiteiden määrittämisessä ja niiden käsittelyssä**. Ohjeistukseen on tarkennettava, että riskin suuruuden perusteella määritetään tarvittaessa vaaralle turvallisuustoimenpide, jonka toteutusta on seurattava hankkeen aikana. Hyväksyttävillä riskeillä ei ole tarpeen laatia turvallisuustoimenpiteitä. Tavoitteena olisi, että ennen tietunnelin käyttöönottoa varmistetaan, että kaikki vaaditut turvallisuustoimenpiteet on toteutettu.

Suosittelavaa on vaatia myös **jäännösriskin arviointia määriteltyjen turvallisuustoimenpiteiden jälkeen**. Periaatteena jäännösriskin määrittämisessä on, että varmistetaan turvallisuustoimenpiteiden riittävyys. Riskin todennäköisyys ja seuraukset sekä niiden perusteella saatava riskin suuruus määritetään ottaen huomioon turvallisuustoimenpiteet. **Jäännösriskin tulisi olla hyväksyttävällä tasolla**, jotta voidaan osoittaa turvallisuustoimenpiteiden olevan riittävät ja täyttävän Tietunnelidirektiivin vaatimukset kompensoivien toimenpiteiden riittävydestä.

4 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Selvityksen yhteydessä on tullut esille useita riskienhallinnan prosessiin, menettelytapoihin, ja riskien käsittelyyn liittyviä puutteita nykykäytännöissä ja kehitysehdotuksia tilanteen parantamiseksi. Yleisenä ongelmana on, että tietunnelien riskienhallintaan liittyen ei ole olemassa ohjeistusta lukuun ottamatta Liikenneviraston uutta syksyllä 2015 käyttöönotettavaa ohjetta turvallisuusasiakirjan laatimisesta. Ohjeistusta on syytä tarkentaa menettelytapojen yhtenäistämiseksi. Suositeltavaa on pilotoida riskienhallinnan uusia menettelytapoja yhden tai useamman esimerkkitapauksen avulla sekä laatia uusi ohje tietunneleiden riskienhallinnan menettelytavoista sisältäen liikenteellisen riskianalyysin ja VAK-riskianalyysin käytön ja menettelyiden ohjeistuksen. Jatkossa on mahdollista harkita, yhtenäistetäänkö riskienhallinnan ja turvallisuusasiakirjan laadinnan ohje, mutta ensi vaiheessa ohjeiden kannattaisi olla erilliset.

Riskienhallinnan menettelytavat tietunnelin eri suunnittelu- ja toteutusvaiheissa on tarpeen tarkentaa ohjeistuksessa. Riskienhallintaan tulee myös kytkeä nykyiset menettelytavat liittyen liikenteelliseen riskianalyysiin sekä VAK-riskianalyysiin, jotta riskienhallinnan kokonaiskuva on selvä. Liikenteellisessä ja VAK-riskianalyysissä sovellettavien hyväksyttävien ja suositeltavien riskitasojen rajat on tarpeen määrittää yhtenäisellä tavalla, mahdollisesti verrattuna vastaavaan tien avo-osuuden riskitasoon.

Liikenteellisen riskianalyysin nykyistä menettelytapaa on suositeltavaa kehittää ja menetelmän läpinäkyvyyttä pitäisi parantaa. Vaihtoehtona on myös jonkin toisen mallin käyttöönotto liikenteellisten riskianalyysien yhteydessä. Lisäksi riskianalyysin käyttöä erityyppisille tunneleille tulisi tarkastella ja ohjeistaa.

Tietunnelien riskienhallinnassa on suositeltavaa ottaa käyttöön Liikenneviraston yleisesti käyttämä riskitaulukko ja tietunnelin riskiraportti Näitä tulee ylläpitää koko hankkeen toteutuksen ajan. Riskitaulukosta on mahdollista hyödyntää vain ne sarakkeet, jotka tarvitaan tietunnelien riskienhallinnassa ja luoda omia sarakkeita tietunnelien riskienhallinnan tarpeisiin.

Riskien käsittelyä ja arviointia on tarpeen kehittää järjestelmällisemmäksi. Riskien arvioinnissa on suositeltavaa ottaa käyttöön Liikenneviraston yleisesti käyttämä riskimatriisi, jonka avulla on mahdollista arvioida riskin suuruus sen todennäköisyyden ja seurausten vakavuuden perusteella. Myös turvallisuustoimenpiteiden määrittäminen ja niiden hallinta on tarpeen ohjeistaa. Suositeltavaa on ottaa käyttöön myös jäännösriskin arviointi, minkä avulla riskin saattaminen hyväksyttävälle tasolle turvallisuustoimenpiteen toteuttamisen jälkeen voidaan arvioida.

Lähteet

Euroopan parlamentti, 2004. *Direktiivi 2004/54/EY Euroopan laajuisen tieverkon tietunnelien turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista*. [Online] Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0054:20090807:FI:PDF> [Haettu 9 10 2015].

Liikenne- ja viestintäministeriö, 2009. *Vaarallisten aineiden kuljetukset 2007*. [Online] Available at: https://www.lvm.fi/docs/fi/339549_DLFE-9535.pdf [Haettu 9 10 2015].

Liikennevirasto, 2010. *Riskienhallinta radan suunnittelussa*. [Online] Available at: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-10_riskienhallinta_radan_web.pdf [Haettu 9 10 2015].

Liikennevirasto, 2014. *Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet, 14/2014*. [Online] Available at: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-14_tietunnelien_hallinnointi_web.pdf [Haettu 9 10 2015].

Liikennevirasto, 2014. *Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030, 13/2014*. [Online] Available at: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-13_valtakunnallinen_tieliikenne-ennuste_web.pdf [Haettu 9 10 2015].

Liikennevirasto, 2015. *Onnettomuustilastot*. [Online] Available at: <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/aineistopalvelut/tilastot/onnettomuustilastot#.Vhem7fntlBc> [Haettu 9 10 2015].

Liikennevirasto, 2015. *Riskienhallinta väylänpidossa 28/2015*. [Online] Available at: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-28_riskienhallinta_vaylanpidossa_web.pdf [Haettu 29 10 2015].

OECD-PIARC, 2003. *Quantitative Risk Assessment Model for Dangerous Goods Transport through Road Tunnels*. [Online] Available at: http://www.piarc.org/en/knowledge-base/road-tunnels/gram_software/ [Haettu 9 10 2015].

Suomen eduskunta, 2011. *Pelastuslaki 379/2011*. [Online] Available at: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379> [Haettu 9 10 2015].

Suomen valtioneuvosto, 2011. *Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 407/2011*. [Online] Available at: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110407> [Haettu 9 10 2015].

Tiehallinto, 2005. *Tietunnelin suunnitteluohje, luonnosversio 0.92*. [Online] [Haettu 9 10 2015].

Tiehallinto, 2008. *Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa, riskianalyysit ja kuljetusrajoitukset, 16046/2007/30/2*. [Online] Available at: http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/tietunnelit_vaarall_aineiden_kuljetukset_riskianal.pdf [Haettu 9 10 2015].

Trafi, 2013. *Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012*. [Online] Available at:
http://www.trafi.fi/filebank/a/1383814261/12b2f562759cc3b45af892fb5f113556-Trafin_julkaisuja_20-2013_-_VAK-kuljetukset_2012.pdf
[Haettu 9 10 2015].

Selvityksessä mukana olleet tietunneleiden riskienhallinnan dokumentit

Hiidenkallion tietunneli

- Kehä II Hiidenkallion tunnelin parantaminen, vaaratilanteiden tarkastelu ja parannustoimien arviointi, 2013

Husulan ja Kolsilan tietunnelit

- Vt7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla, Tunneleiden suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirja, Husulan ja Kolsilan tietunnelit, 2014
- Vt7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla, Käyttöön otettavan tunnelin turvallisuusasiakirja, Husulan ja Kolsilan tietunnelit, 2014
- Husulan tunnelin VAK-kelpoisuus selvitys, 2014
- Kolsilan tunnelin VAK-kelpoisuus selvitys, 2014
- Vt 7 Haminan ohitustie – Husulan ja Kolsilan tunneleille laadittujen riskitarkastelujen arviointi, 2015

Karnaisten tietunneli

- E18 Muurla–Lohja tunnelit, Tekniikan vikatilanteet: Orosmäki–Karnainen-Lehmihaka tunnelijaksolla, taulukossa esitetty vikatilanteiden vaikutus Karnaisten tunnelin kannalta, 2014

Keilaniemen tietunneli

- Kehä I Keilaniemen tunneli, vaaratilannetarkastelu, 2014
- Kehä I Keilaniemen tunneli, Espoo, tiesuunnitteluvaihe, liikenteellinen riskianalyysi, 2014

Lintukankaan tietunneli

- Valtatie 4 välillä Kirri–Tikkakoski, Lintukankaan tunnelin suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirja sekä riski- ja vaaratilanneanalyysi, luonnos, 2014

Markkinamäen tietunneli

- E18 Koskenkylä–Kotka, Markkinamäen tunnelin suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirja, tieosa 3, 2013
- E18 Koskenkylä–Kotka, Markkinamäen tunneli, käyttöön otettavan tunnelin turvallisuusasiakirja, 2014

Liite 1 / 2 (2)

- Valtatien 7 (E18) parantaminen moottoritieksi välillä Loviisa–Kotka, Markkinmäen tunneli, liikenteellinen riskianalyysi ja VAK-riskianalyysi, 2010

Mestarintunneli

- Kehä I Mestarintunneli, Käyttöön otettavan tunnelin turvallisuusasiakirja, 2011
- Kehä I Vallikallio asiantuntijapalvelut, liikenteellinen riskianalyysi, yhteenveto, 2006
- Käyttöön otetun tunnelin turvallisuusasiakirja, Mestarintunneli Mt 101, käytönaikainen riskikartoitus, 2014
- VA-kuljetusten riskit tunneleissa, selvitys, Uudenmaan, Pirkanmaan sekä Lapin ELY-keskukset, 2014

Patomäen ja Liipolan tietunnelin

- Vt 12 Lahden eteläinen kehätie, Patomäen ja Liipolan tunnelien riski- ja vaaratilanneanalyysi, 2015

Rasa-Ahomäen tietunneli

- Valtatien 7 (E18) rakentaminen moottoritieksi välillä Hamina–Vaalimaa, tie-suunnitelma, alustava Rasa–Ahomäen tunnelin turvallisuusasiakirja, 2013
- E18 Hamina–Vaalimaa-elinkaarihankkeen (PPP) palvelusopimus, rakennusvaiheen suunnittelu, alustava Rasa-Ahomäen tunnelin suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirja, 2015
- Valtatie 7 (E18) välillä Hamina–Vaalimaa, Rasa-Ahomäen tunnelin riski- ja vaaratilanneanalyysi, esikopio, 2013

Tampereen rantaväylän tietunneli

- Valtatie 12 Rantaväylän tunneli, Tampere, tunnelin turvallisuusasiakirja - rakennussuunnitteluvaihe, 2014
- Valtatie 12 (Tampereen rantaväylä) välillä Santalahti–Naistenlahti, tunnelin liikenteellinen riskianalyysi, 2013
- Tampere Rantaväylän, Contribution to Tunnel Risk Analysis Rantaväylän Tunnel, 2014

