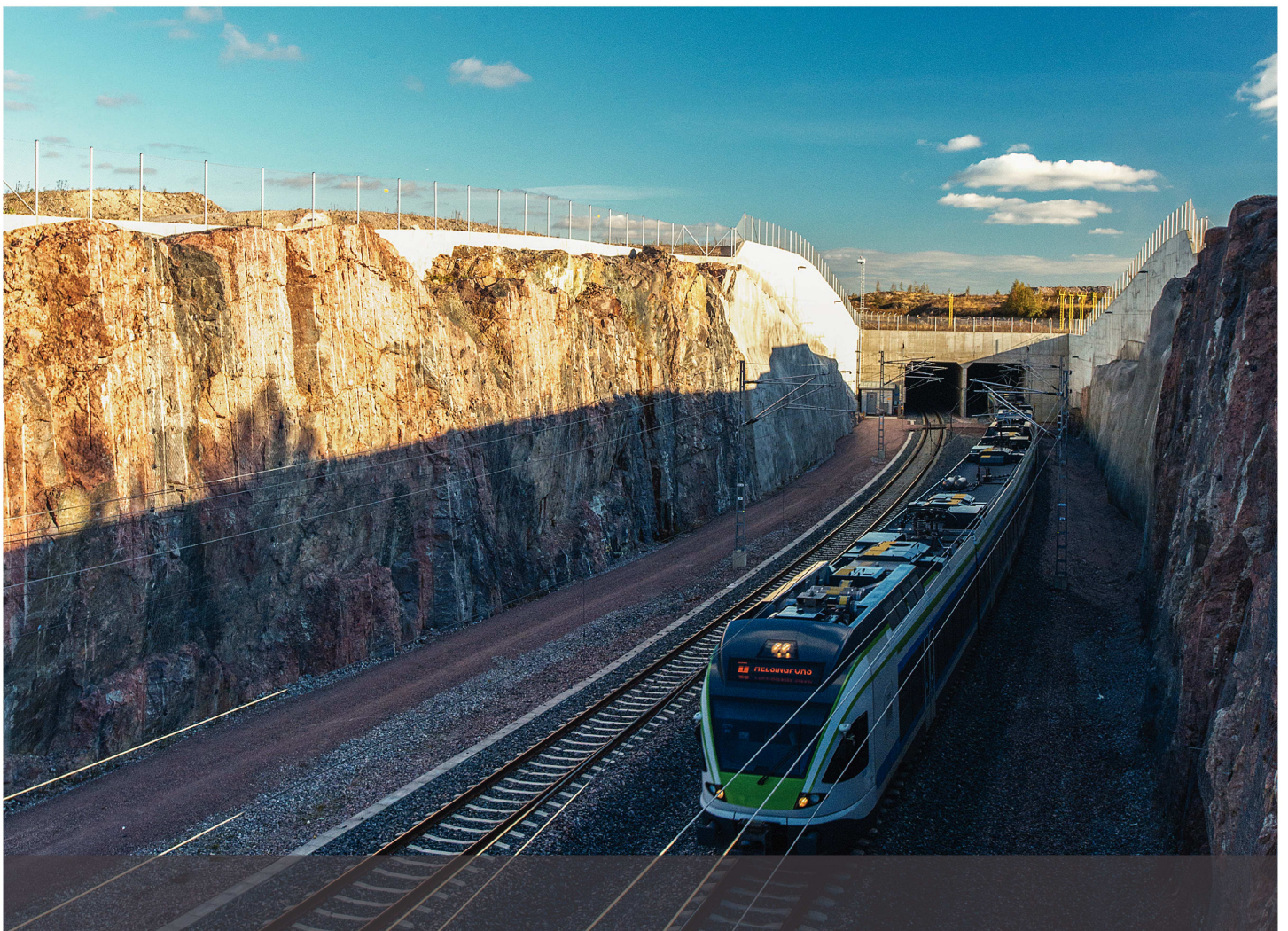


Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 18 Rautatietunnelit



Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 18 Rautatietunnelit

Liikenneviraston ohjeita 19/2018

Kannen kuva: Matti Kallio

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-559-4

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Tekniikka- ja ympäristöosasto

Vastaanottaja

-

Säädösperusta

-

Korvaa/muuttaa

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 18 Rautatietunnelit,
Dnro 1359/041/2008

Kohdistuvuus

Rautatiet

Voimassa

14.6.2018 alkaen

Asiasanat

Rautatiet, tunnelit, turvallisuus, ohjeet

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 18 Rautatietunnelit

Liikennevirasto on hyväksynyt RATO:n osan 18 Rautatietunnelit.

Ohje on voimassa kaikissa Liikenneviraston tilaamissa toimeksiannoissa ja kunnossapidossa sen voimaantulosta alkaen. Ohjetta käytetään Liikenneviraston tilaamissa rautatiealueisiin kohdistuvissa suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon toimeksiannoissa, jotka on tilattu dokumentin voimaantulon jälkeen. Ohjeen käyttämisestä Liikenneviraston tilaamissa suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon toimeksiannoissa, jotka on tilattu ennen dokumentin voimaantuloa, on sovittava Liikenneviraston kanssa erikseen.

Tekninen johtaja

Markku Nummelin

Tietunneliturvallisuuden
asiantuntija

Laura Väisänen

*Ohje hyväksytään sähköisellä allekirjoituksella.
Sähköisen allekirjoituksen merkintä on viimeisellä sivulla.*

LISÄTIETOJA
Arto Muukkonen
Liikennevirasto
puh. 0295 34 3069

Esipuhe

Ratateknisten ohjeiden osassa 18 ”Rautatietunnelit” esitetään vaatimukset rautatietunneleille. Ohjeen päivityksen tavoitteena on ollut ajantasaistaa rautatietunneleita koskevat vaatimukset ja suositukset vastaamaan Euroopan komission asetusta N:o 1303/2014 Euroopan unionin rautatiejärjestelmän rautatietunneleiden turvallisuutta koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä (myöhemmin SRT YTE) /1/. Ohjeen merkittävimmät muutokset liittyvät SRT YTE:n uudistuksiin sekä uusista rautatietunnelihankkeista saatuihin suunnittelu-, rakentamis-, käyttöönotto- ja ylläpito-kokemuksiin.

Ohjeen muutostarpeita on kartoitettu esiselvityksellä, jonka tulokset on raportoitu julkaisussa Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 55/2015 /2/. Esiselvitykseen sisältyi sidosryhmille suunnattu kysely ohjeen päivitystarpeista.

Tämän ohjeen päivittämisen yhteydessä on pyydetty kommentteja rautatietunneleiden suunnittelijoilta, rakentajilta, rakennuttajilta ja käyttäjiltä.

Ohjepäivityksen projektipäällikkönä Liikennevirastossa on toiminut Arto Muukkonen. Ohjeen päivityksestä ovat vastanneet Sitowise Oy:n Anni Suomalainen, Janica Solehmainen ja Laura Järvinen sekä Pöyry Finland Oy:n Jaakko Vuopio. Työryhmään ovat kuuluneet myös Liikenneviraston Tuomas Kaira ja Pekka Nurminen.

Helsingissä kesäkuussa 2018

Liikennevirasto
Tekniikka ja ympäristö -osasto

Sisällysluettelo

| | | |
|---------|---|----|
| 18 | RAUTATIETUNNELIT | 7 |
| 18.1 | Rautatietunneleita koskevat ohjeet | 8 |
| 18.2 | Määritelmät ja lyhenteet | 8 |
| 18.2.1 | Määritelmät | 8 |
| 18.2.2 | Lyhenteet | 13 |
| 18.3 | Rautatietunnelin suunnittelun perusteet | 14 |
| 18.3.1 | Toiminnallinen analyysi | 14 |
| 18.3.2 | Tunnelin poikkileikkaus | 15 |
| 18.3.3 | Ratatekniset vaatimukset | 16 |
| 18.3.4 | Aerodynaaminen suunnittelu | 20 |
| 18.4 | Turvallisuussuunnittelu ja riskitarkastelut | 24 |
| 18.4.1 | Turvallisuussuunnittelun lähtökohdat | 24 |
| 18.4.2 | Rautatietunnelin riskienarviointi | 25 |
| 18.4.3 | Turvallisuustilat sekä rakenteet ja laitteet | 26 |
| 18.4.4 | Simuloinnit | 28 |
| 18.4.5 | Pelastussuunnitelma | 28 |
| 18.4.6 | Toimintakaaviot ja toimintakortit | 29 |
| 18.5 | Suunnitelmien sisältö | 30 |
| 18.5.1 | Suunnitelman sisältö | 30 |
| 18.5.2 | Esimerkkejä vaatimuksista rautatietä ympäröiville rakenteille, jotka eivät ole rautatietunneleita | 32 |
| 18.6 | Rakennustekninen suunnittelu | 34 |
| 18.6.1 | Tutkimukset | 34 |
| 18.6.2 | Kuormien mitoitusperusteet | 36 |
| 18.6.3 | Vedeneristys | 41 |
| 18.6.4 | Rakennetekninen mitoitus | 41 |
| 18.6.5 | Lämpötekniinen mitoitus | 44 |
| 18.6.6 | Palotekniinen mitoitus | 45 |
| 18.6.7 | Kunnossapito- ja olosuhdekuormitukset | 54 |
| 18.6.8 | Kävelykulkutie | 54 |
| 18.6.9 | Kalliotunneli | 55 |
| 18.6.10 | Betoni- ja terästunnelit | 57 |
| 18.6.11 | Erikoismenetelmillä rakennettavat tunnelit | 58 |
| 18.6.12 | Ratatunnelin suuaukkojen ympäristö | 58 |
| 18.7 | Tekniset järjestelmät | 59 |
| 18.7.1 | Järjestelmien laajuus | 59 |
| 18.7.2 | Sähköjärjestelmät | 59 |
| 18.7.3 | LVI-järjestelmät | 61 |
| 18.7.4 | Valaistus | 63 |
| 18.7.5 | Turvallisuus- ja valvontajärjestelmät | 65 |
| 18.7.6 | Poistumisreitimerkinnät | 69 |

| | | |
|---------|--|----|
| 18.7.7 | Tunnelivalvomo | 69 |
| 18.7.8 | Järjestelmien ylläpidon tarpeet | 69 |
| 18.8 | Ympäristönäkökohdat tunneleiden suunnittelussa | 70 |
| 18.8.1 | Tärinä ja runkomelu | 70 |
| 18.8.2 | Meluntorjunta..... | 70 |
| 18.8.3 | Pintavesi, pohjavesi ja painumat..... | 71 |
| 18.8.4 | Päästöt vesistöihin ja maaperään | 71 |
| 18.8.5 | Päästöt ilmaan | 72 |
| 18.9 | Rautatietunnelin käyttöönottoprosessi..... | 73 |
| 18.9.1 | Yleistä käyttöönotosta..... | 73 |
| 18.9.2 | Vaatimusten ja toimenpiteiden todentaminen suunnittelussa..... | 73 |
| 18.9.3 | Vaatimusten ja toimenpiteiden todentaminen rakentamisessa..... | 74 |
| 18.9.4 | Pelastussuunnitelma ja pelastusharjoitus..... | 74 |
| 18.9.5 | Käyttöönottolupa ja hyväksyntä..... | 74 |
| 18.10 | Tunneleiden kunnossapito..... | 75 |
| 18.10.1 | Peruskunnossapito..... | 75 |
| 18.10.2 | Peruskorjaus..... | 75 |
| 18.10.3 | Perusparannus | 75 |
| 18.10.4 | Tarkastukset..... | 76 |
| 18.11 | Huoltokirja | 78 |
| 18.12 | Dokumentointi..... | 79 |
| 18.12.1 | Taitorakennerekisteri..... | 79 |
| 18.12.2 | Dokumentoinnin yleiset vaatimukset..... | 79 |
| | VIITTEET..... | 80 |
| | LIITTEET | |
| Liite 1 | Ratatunnelin esimerkkipoikkileikkaus, suora raide | |
| Liite 2 | Ratatunnelin esimerkkipoikkileikkaus, kallistettu raide | |
| Liite 3 | Imumuuntajan tilavaraus | |

18 RAUTATIETUNNELIT

Ratatekniset ohjeet (RATO) on Liikenneviraston antama ohje, jota sovelletaan valtion rataverkkoon kohdistuvissa töissä. Liikenneviraston sopimuskumppanin on osapuolten väliseen sopimukseen perustuvia palveluita tarjotessaan noudatettava RATOa sopimusvelvoitteidensa mukaisesti.

RATOn osa 18 ”Rautatietunnelit” koskee rautatietunneleiden suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa. Tätä RATOn osaa on noudatettava rautatietunneleiden suunnittelussa ja rakentamisessa sekä rautatietunneleiden kunnossapidossa valtion rataverkolla. Tässä RATOn osassa esitetyt ohjeet ovat vaatimuksia ja ne koskevat sekä uusia, parannettavia että uudistettavia rakenteita, ellei toisin mainita.

Liikennevirasto vastaa siitä, että sen antamat ohjeet eivät ole lain, lain nojalla annetun kansallisen määräyksen tai Suomessa täytäntöönpannun yhteentoimivuuden teknisen eritelmän vastaisia.

Tämän ohjeen laadinnassa on otettu huomioon rautatiejärjestelmien yhteentoimivuutta koskevat olennaiset vaatimukset siten, kuin ne on määritetty Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2008/57/EY, muutettuna direktiiveillä 2009/131/EY, 2011/18/EU, 2013/9/EU, 2014/38/EU ja 2014/106/EU /3/. Ohjeen laadinnassa on huomioitu lisäksi Euroopan komission (EU) N:o 1303/2014 asetus Euroopan unionin rautatiejärjestelmän rautatietunneleiden turvallisuutta koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä (myöhemmin SRT YTE) /1/.

Liikennevirasto määrittää hankkeeseen ryhtyvän suunnitelmien perusteella, onko rautatien ympärille muodostuva rakenne rautatietunneli. Rautatien päälle rakennettaessa Liikennevirasto voi määrittää hankkeessa sovellettavat rautatietunnelivaatimukset myös silloin, kun kyseessä ei ole rautatietunneli.

Luvan tämän RATOn osan vaatimuksista poikkeamiseen voi antaa Liikennevirasto siltä osin, kun Euroopan laajuisen rautatiejärjestelmän yhteentoimivuuden olennaisista vaatimuksista, kansallisista määräyksistä ja laista ei poiketa.

18.1 Rautatietunneleita koskevat ohjeet

Rautatietunneleiden turvallisuuteen, suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvä ohjeistus voidaan jakaa kahteen päätasoon. Turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia, joita rautatietunneleihin liittyvissä hankkeissa tulee noudattaa, on määritelty muun muassa Rautatielaissa ja Ratalaissa sekä Euroopan neuvoston direktiiveissä, niitä tarkentavissa Yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä (YTE) ja molempia tarkentavissa Trafin määräyksissä. Teknisiä reunaehtoja, joiden mukaan suunnittelu- ja rakentamistyöt tulee tehdä, on kuvattu esimerkiksi Ratateknisissä ohjeissa (RATO), Radan suunnitteluohjeessa /4/ ja, InfraRYL-ohjeessa /5/.

18.2 Määritelmät ja lyhenteet

18.2.1 Määritelmät

Alusrakenne sisältää raiteen tukikerroksen alapuoliset rakennekerrokset ja kuivatuslaitteet sekä lämmön- ja tärinäneristeet.

Betonitunneli on tunneli, jonka pääasiallinen kantava rakenne on teräsbetoni. Betonitunneli rakennetaan pinnalta avattuun kaivantoon sillanomaisena rakenteena.

Deflagraatio tarkoittaa humahdusta tai räjähdysmäistä palamista. Deflagraatiossa palamisvyöhyke etenee nopeudella, joka on pienempi kuin äänen nopeus reagoimattomassa aineessa.

Detonaatio tarkoittaa materiaalin räjähdysmäistä palamista, jossa huippupaine vaikuttaa räjähdysketjulla. Palamisvyöhyke etenee nopeudella, joka on suurempi kuin äänen nopeus reagoimattomassa aineessa.

Henkilöliikennetunneli on pelkästään henkilöliikenteen käytössä oleva ratatunneli.

Huoltotunneli on tunneli, jota pitkin rautatietunneliin pääsee ajoneuvolla muualta kuin rautatietunnelin suuaukon kautta. Huoltotunneli voi olla osa poistumisreittiä.

Ilmanvaihtojärjestelmiin kuuluvat ne luonnollisen tai koneellisen ilmanvaihdon järjestelmät ja laitteet, jotka palvelevat rautatietunnelin ilmanvaihtoa tai savunpoistoa.

Ilmoitettu laitos (engl. Notified Body) on riippumaton arviointilaitos Euroopan unionin jäsenmaan toimesta nimetty varmistamaan ja arvioimaan, että EU:n säädöksiin perustuvat vaatimukset täyttyvät.

Kalliotunneli on tunneli, jonka pääasiallinen kantava rakenne on tiivistetty ja lujitettu kallio.

Kelluva tunneli on veteen, pohjan yläpuolelle, sijoitettu tunneli.

Kantava rakenne on sellainen tunnelin kantavan pääjärjestelmän rakenne, joka vaikuttaa tunnelin kantokykyyn ja pysyvyyteen tai joka on liikennekuormien kuormittama. Kantaviin rakenteisiin luetaan myös kallio ja maa siinä laajuudessa kuin ne vaikuttavat tunnelin kantokykyyn ja pysyvyyteen.

Kiintoajojohto on kupari- tai alumiiniprofiilikisko, joka vastaa ajolangan, kannattimien ja ripustimien muodostamaa kokonaisuutta.

Kiintoraide on päällysrakenneratkaistu, jossa tukikerros on korvattu betonirakenteella. Ratapölkkyt kiinnitetään betonirakenteeseen, joka on perustettu joko kallionvaraisesti tai murskekerroksen varaan tunnelin pohjalle tai suoraan betonitunnelin pohjalaattaan.

Kuilut ovat pystysuunnassa tunnelitiloihin liittyviä ilmanvaihto- ja savunpoistoreittejä, tekniikkakuiluja ja/tai huolto-, poistumis- ja pelastusreittejä.

Kävelykulkutie on väylä, jota pitkin tunnelissa voidaan liikkua kävellen esimerkiksi hätätilanteessa, huoltotoimenpiteiden yhteydessä tai tarkastusta tehtäessä.

Lujitusrakenne on sellainen kantaviin rakenteisiin välittömästi liittyvä rakenne, joka toimii osana kantavaa rakennetta.

Opastin on laite, jolla annetaan kuljettajalle opasteita lamppujen ja väri lasien muodostamalla opastinkuviolla.

Painekuorma tarkoittaa joko positiivisen (ylipaine tunnelissa) tai negatiivisen (alipaine tunnelissa, "imukuorma") paineen aiheuttamaa kuormaa.

Palontorjuntapiste on tunnelin sisä- tai ulkopuolella oleva tietty paikka, jossa pelastusmiehistö voi käyttää sammutuskalustoa, ja jonne matkustajat ja henkilökunta voivat pelastautua junasta.

Parantaminen on olemassa olevan rakenteen tai järjestelmän korvaamista uudella siten, että järjestelmän suoritusaso paranee.

Pelastussuunnitelma on rautatietunnelin hallinnoijan ja operaattorin sekä pelastuslaitoksen ja muiden asianomaisten viranomaisten kesken ennakkoon laadittu ja harjoiteltu suunnitelma, jonka mukaan organisaatiot toimivat poikkeus- tai onnettomuustilanteissa.

Pelastustie on huoltotunnelista tai muusta yhteydestä muodostuva reitti, jota käyttäen pelastushenkilökunta pääsee hälytysajoneuvolla riittävän lähelle onnettomuuspaikkaa palo- tai muussa hätätilanteessa.

Peruskorjaus on tunnelin tai tunnelissa olevien rautatien rakenteiden korjaamista tai vaihtamista uusiin rakenteisiin.

Peruskunnossapito on tunnelin olemassa olevien rakenteiden ja laitteiden normaalia kunnossapitoa ja huoltoa.

Perusparannus on tunnelin rakenteiden tai järjestelmien merkittäviä muutostöitä, joiden myötä järjestelmän suorituskyky paranee alkuperäisestä.

Pituuskalteva tunneli laskee ylemmältä suuaukolta alemmalle koko tunnelin pituudella.

Pituusmittausraide on radalta valittu raide, jonka perusteella radan pituuteen ja esimerkiksi asemien sijaintiin liittyvät mitat määritellään. Pituusmittausraide on liikennepaikoilla yleensä läpikulkeva raide.

Poistumistie on ratatunnelin reunassa oleva kävelykulkutie.

Poistumisreitti on ulos tunnelista johtava kulkureitti, joka voi muodostua poistumisteistä, yhdyskäytävistä, huoltotunneleista, kuiluista, turvallisesta alueesta ja/tai tunneliasemasta.

Päällysrakenteeseen kuuluvat tukikerros ja raide.

Rakennussähköjärjestelmät muodostuvat sähkö- ja tietoliikennejärjestelmistä. Rakennussähköjärjestelmät palvelevat rautatietunnelin sähkökäyttöisiä toimintoja kuten koneellista ilmanvaihtoa, lämmitystä, savunpoistoa, viemäröintiä, pumppausta, sähkönjakelua, valaistusta, tietoliikennettä sekä turvallisuus- ja valvontatoimintoja.

Ratatunneli on yhdellä tai useammalla raiteella varustettu junaliikenteen käytössä oleva tunneli, jota raiteiden lukumäärän perusteella kutsutaan yksiraiteiseksi, kaksiraiteiseksi jne.

Rautatietunneli on radan ympärillä oleva rakenne, jonka avulla rautatie voi kulkea esimerkiksi kallion, rakennusten tai veden läpi. Rautatietunneli käsittää yhden tai useamman ratatunnelin, ratatunneleihin liittyvät muut tunnelit tai kuilut, tunneleiden suuaukkorakenteet, kuilujen yläpäiden rakenteet, tekniset ja turvallisuustilat sekä tiloihin ja tunneleihin asennetut laitteet ja tekniset järjestelmät. Rautatietunneliin kuuluvat myös ratatunneleiden avoleikkaukset siinä laajuudessa kuin kuivatus-, tie-, kunnossapito-, huolto- ja turvallisuusjärjestelyt edellyttävät.

Sekaliikennetunneli on sekä henkilö- että tavaraliikenteen käytössä oleva ratatunneli.

Sisustusrakenne on sellainen rakenne, joka ei kuulu tunnelin kantavaan pääjärjestelmään, mutta jonka kantokyky ja pysyvyys on osoitettava. Sisustusrakenteisiin kuuluvia rakenteita ovat esimerkiksi verhouksrakenteet kuten sisäkatto- ja -seinärakenteet sekä kaiteet ja päällysrakenne.

Sukeltava tunneli on tunneli, jonka molemmat suuaukot ovat tunnelin alinta osaa ylempänä.

Suuaukkorakenne on se kantava rakenne, jonka välityksellä tunneli liittyy ulkoilmaan.

Suuaukoille laskeva tunneli on tunneli, jonka molemmat suuaukot ovat tunnelin ylintä osaa alempana.

Tavaraliikennetunneli on pelkästään tavaraliikenteen käytössä oleva ratatunneli.

Tekninen tila on tila, jossa on tunneliin liittyviä teknisiä järjestelmiä. Tekninen tila voi olla oma huoneensa tai sijaita muiden tilojen yhteydessä, ja sillä voi olla myös muita käyttötarkoituksia. Tekninen tila ei voi kuulua poistumisreittiin, jos ei tilassa olevia järjestelmiä eristetä. Ratatunneli ei ole tekninen tila. Tässä ohjeessa teknisille tiloille annetut vaatimukset koskevat myös sähkötiloja.

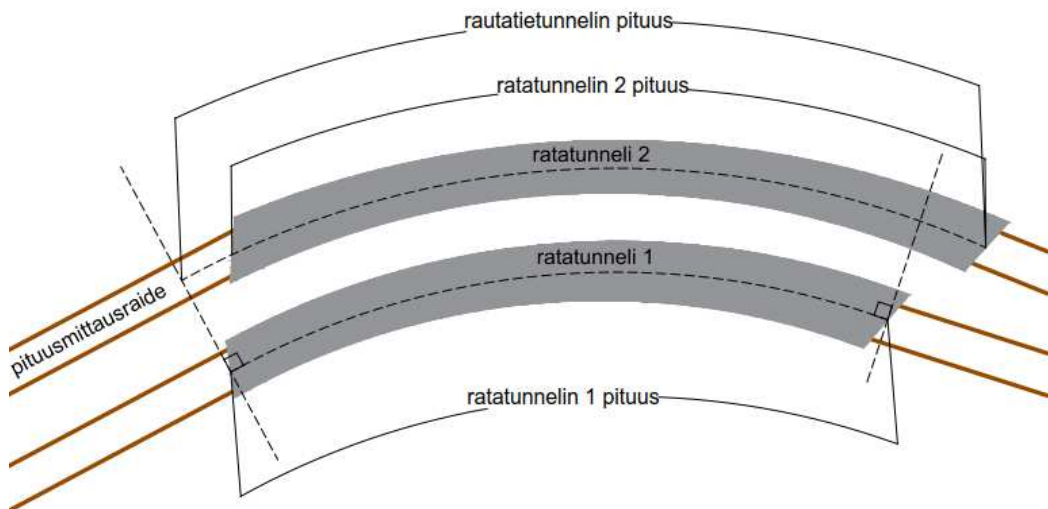
Terästunneli on tunneli, jonka pääasiallinen kantava rakenne on teräs. Terästunneli rakennetaan pinnalta avattuun kaivantoon sillanomaisena rakenteena.

Trafi on Liikenteen turvallisuusvirasto, joka vastaa liikenteen sääntely- ja valvonta-tehtävistä sekä antaa lupia, hyväksyntöjä ja muita päätöksiä koskien liikenteen toimialaa.

Tunnelin pituus

Ratatunnelin pituus on sen alku- ja loppupisteiden välinen etäisyys raiteen keskilinjaa pitkin laskettuna. Alkupiste on ratakilometrin kasvusuunnassa ensimmäinen suuaukorakenteen otsan ja raiteen keskilinjan leikkauspiste, ja loppupiste on vastaava leikkauspiste tunnelin toisessa päässä.

Rautatietunnelin pituus on siihen kuuluvien ratatunneleiden alkamispisteiden pienimmän ratakilometriluvun (Km+m) ja loppupisteiden suurimman ratakilometriluvun välinen etäisyys pituusmittausraidetta pitkin mitattuna oheisen kuvan mukaan.



Kuva 18.2:1 Rautatietunnelin pituuden määrittäminen

Jos ratatunneli haarautuu, rautatietunnelin pituus määräytyy pisimmän tunneliin muodostuvan raideyhteyden mukaan. Tunnelin alku- ja loppupiste määritellään samalla ratasuunnalla olevaan pituusmittausraiteeseen projisoiden kuten haarautumattomissakin tunneleissa.

Kahta peräkkäistä rautatietunnelia on turvallisuusjärjestelyjen suunnittelussa käsiteltävä yhtenä tunnelina, mikäli niiden välillä on alle 500 m pituinen osuus avorataa si-

ten, että avo-osuudelta ei ole pääsyä turvalliselle alueelle (esim. avoleikkaus kahden tunnelin välissä).

Tunnelipoikkileikkauksen vapaalla alalla tarkoitetaan valmiiksi rakennetun tunnelin rakenteiden rajaamaa vapaata tilaa, joka ilmoitetaan neliömetreinä yhden desimaalin tarkkuudella. Kantavat rakenteet, lujitus- ja verhoursrakenteet tai alus- ja päällysrakenne eivät sisälly vapaaseen alaan.

Vapaaseen alaan sisältyvät seuraavat tilat:

- aukean tilan ulottuma (ATU)
- huollon ja kunnossapidon tilat
- turvallisuusjärjestelyjen tilat
- laiteasennusten tilat.

Turvallinen alue on rautatietunnelin sisä- tai ulkopuolella oleva paikka, jonne tunnelia käyttävien junien matkustajat ja henkilökunta sekä tunnelissa oleva muu henkilöstö voidaan evakuoida. Turvallisella alueella on oltava sellaiset olosuhteet, että sinne ohjatuilla ihmisillä on mahdollisuus poistua tunnelista tai pysytellä hengissä, kunnes heidät evakuoidaan. Turvallisen alueen kapasiteetin on vastattava tunnelia käyttävien junien enimmäishenkilökapasiteettia.

Turvallisuusjärjestelmä on järjestelmä, jolla huolehditaan turvallisesta liikennöinnistä ja liikkumisesta rautatietunnelissa, edesautetaan toimintaa onnettomuustilanteissa tai pyritään estämään tunnelijärjestelmään kohdistuva vahingonteko.

Upotettu tunneli on vesistön pohjaan upotettu tunneli.

Uusi on uuteen paikkaan tehty rakenne tai järjestelmä, jonka suunnittelu ja rakentaminen eivät ole merkittävästi riippuvaisia olemassa olevista rakenteista tai järjestelmistä.

Uudistaminen on korjaamista eli olemassa olevan rakenteen, laitteen tai järjestelmän korvaamista uudella siten, että radan yleinen suoritusaste tai aseman palvelutaso ei parane.

Verhoursrakenne on kantavista rakenteista erillinen vedeneristys-, lämmöneristys-, kaasuneristys-, palosuoja- ja pinnoiterakenne tai niiden osa.

Viemäröintijärjestelmä on tunnelijärjestelmää palveleva putkisto, kaivo, allas, patomuuri, oja, tai laite, jolla huolehditaan kuivatus- ja palonsammutus- ym. vesien sekä onnettomuustilanteiden nestevuotojen keräämisestä, poisjohtamisesta ja käsittelystä.

Yhdyskäytävä on kahden rinnakkaisen tunnelin välinen käytävä, johon voidaan sijoittaa rautatietunnelia palvelevia järjestelmiä ja jota voidaan käyttää pelastus-, huolto- ja asennustehtävissä tai paineen- ja lämpötilavaihteluiden tasaukseen.

18.2.2 Lyhenteet

- ATU** Aukean tilan ulottuma, eli se raidetta pitkin ulottuva tila, jonka sisällä ei saa olla kiinteitä rakenteita eikä laitteita. ATU on määritelty RATO:n osassa 2 ”Radan geometria” /6/.
- RATO** Ratatekniset ohjeet. Liikenneviraston laatima, ratatekniikkaa ja ratateknisiä töitä koskeva kokoelma ohjeita.
- SRT YTE** Euroopan komission (EU) N:o 1303/2014 asetus Euroopan unionin rautatiejärjestelmän rautatietunneleiden turvallisuutta koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä. /1/ Lyhenne SRT tulee englanninkielien sanoista Safety in Railway Tunnels.

18.3 Rautatietunnelin suunnittelun perusteet

18.3.1 Toiminnallinen analyysi

Rautatietunnelin suunnittelun lähtökohtana on liikenteen toiminnallinen analyysi, jossa on käsiteltävä seuraavat osa-alueet:

Rautatietunnelin sijainti

- sijoittuminen rataverkolla
- tieyhteydet rata- ja huoltotunneleiden suuaukoille sekä kuilujen yläpäihin.

Liikennemäärä

- alus- ja päällysrakenteen suunnittelussa on käytettävä rakenteiden käyttöä ajalle arvioitua junaliikenteen bruttotonnimäärää.
- tunnelien turvallisuusratkaisujen ja teknisten järjestelmien suunnittelussa on käytettävä tunnelissa vuorokaudessa liikennöivien junien lukumäärää.

Liikenteen tyyppi

- sekaliikennetunneli
- henkilöliikennetunneli
- tavaraliikennetunneli.

Raiteisto

- raiteiden lukumäärä
- raidegeometria
- päällysrakenteen tyyppi
- raiteenvaihtopaikat
- sähköistys- ja turvalaitejärjestelyt.

Liikkuva kalusto

- junapaino
- akselipainot
- ilman vetovastuskertoimet
- junan poikkileikkausala ja muotoilu
- junapituudet
- kaluston jarrujärjestelyt, mm. hätäjarrun ohitus
- kaluston paloturvallisuusratkaisut.

Mitoitusnopeus

- alus- ja päällysrakenteen mitoitusnopeus
- tunnelitilojen mitoitusnopeus
- varusteiden ja laitteiden mitoitusnopeus
- sähköistyksen ja turvalaitteiden mitoitusnopeus.

Toiminnalliset tekijät

- selvitys tunnelin yhteydessä sijaitsevista asemista tai muista merkittäviä toiminnoista
- selvitys useiden junien samanaikaisesta liikkumisesta ko. rautatietunnelissa sekä kohtaamis-, peräkkäin- tai rinnakkainajonopeuksista
- selvitys liikenteenohjaus- ja valvontajärjestelyistä
- selvitys poikkeustilanteiden liikennejärjestelyistä
- vaarallisten aineiden kuljetukset: laatu ja määrät sekä kuljetusten valvonta
- selvitys huolto-, kunnossapito- ja tarkastustoiminnan järjestelyistä.

Rautatietunnelin suunnittelussa on otettava huomioon odotettavissa olevat rata-verkon kehittämistoimenpiteet tavoitenopeuden, akselipainojen, sähköistyksen ja turvalaitteiden osalta.

18.3.2 Tunnelin poikkileikkaus

18.3.2.1 Yleistä

Ratatunnelin poikkileikkaus on mitoitettava junaliikenteen tilavarauksen mukaan siten, että mitoituksessa otetaan huomioon kaikkien rakenteiden, laitteiden ja turvallisuusutilojen tilavaraukset. Poikkileikkausta on tarvittaessa suurennettava mm. rata-geometrian, näkemien ja aerodynamiikan vaatimusten sekä odotettavissa olevien rataverkon kehittämistoimenpiteiden vuoksi.

Tunneliasemat suunnitellaan hankkeen suunnitteluperusteiden mukaan.

Esimerkki yksiraiteisen sekaliikennetunnelin poikkileikkauksesta kalliotunnelissa on esitetty liitteessä 1. Esimerkki kallistuksen ja ATU:n kaarrelevityksen vaikutuksesta ratatunnelin mitoitukseen on esitetty liitteessä 2. Liitteissä esitetyt poikkileikkaus-esimerkkejä voidaan soveltaa myös muihin kuin kalliotunneleihin.

Alusrakennevaihtoehtoja on esitetty RATO:n osassa 3 "Radan rakenne".

Korkeusmitoituksessa on varauduttava 200 mm raiteen nostoon kunnossapitotoimenpiteiden yhteydessä. Yksiraiteisen ratatunnelin poikkileikkauksen korkeusmitoitus on sidottava raiteen korkeusviivaan. Leveysmitoitus sidotaan raiteen pystysuoraan keskilinjaan. Poikkileikkauksen ei tarvitse olla symmetrinen raiteen keskilinjan suhteen. Useampiraiteisen ratatunnelin poikkileikkausmitoituksen on perustuttava kaikkien raiteiden korkeusviivoihin ja pystysuoriin keskilinjoihin. Nämä mitoituksriippuvuudet on esitettävä suunnitelmaselostuksessa, vaikka rakentamisen mitoitus sidottaisiinkin muuhun valittuun mittalinjaan.

Tunneliasemat suunnitellaan hankkeen suunnitteluperusteiden mukaan.

Poikkileikkaukseen voidaan Liikenneviraston luvalla tehdä tunnelikohtaisia muutoksia, jos junaliikenteen tai teknisen varustuksen tilavaraukset tai järjestelmämuutokset tekevät sen mahdolliseksi (esim. liikkuvan kaluston tunnelikohtainen ulottuma, kiintoajojohto, kiintoraide, kuivatusjärjestelmä vain toisella puolella).

18.3.2.2 Poikkileikkaus ja raidegeometria

Kaarteessa poikkileikkauksen mittoja on suurennettava kaarresäteen ja raidekallistuksen funktiona RATO:n osan 2 ”Radan geometria” mukaan.

Liitteissä 1–2 esitettyihin esimerkkipoikkileikkauksiin on sijoitettu esimerkkejä ratatunneliin asennettavista laitteista. Kaikkia laitteita ei välttämättä tarvita kaikissa ratatunneleissa.

Liitteiden 1–2 esimerkkipoikkileikkaukset on esitetty yksiraiteisille ratatunneleille. Useampiraiteisia tunneleita suunniteltaessa voidaan soveltaa samoja esimerkkipoikkileikkauksia, kuitenkin huomioiden tässä ohjeessa esitetyt useampiraiteisen tunnelin vaatimukset muun muassa aerodynamiikkaan, poistumisteihin ja valaistukseen liittyen.

Raiteen kallistuksen vaatimana lisätilana saa käyttää niiden laitteiden tilavarauksia, joita ratatunnelissa ei tarvita. Tarpeettomien laitteiden tilavarauksia hyödynnettäessä on huomioitava mahdolliset odotettavissa olevat parantamistarpeet.

Tunneliasemalla matkustajalaiturin kohdalla raiteiden toisella puolella on varattava tilaa junan tunkkaamista varten siten, että ATUn ja seinän tai aidan väliin jää vähintään 1000 mm vapaata tilaa.

18.3.2.3 Poistumistie

Poistumistie on yksiraiteisessa ratatunnelissa rakennettava vähintään toiselle puolelle ja useampiraiteisessa ratatunnelissa tunnelin molemmille puolille.

Poistumistien vapaan leveyden on oltava vähintään 800 mm ja vapaan korkeuden vähintään 2250 mm. Poistumistien kulkupinnan on oltava lähimmän kiskon selän korkeudella, riittävän tasainen kävelen kuljettavaksi ja pinnoitteeltaan pölyämätön. Poistumistien vieressä olevan kaapelikanavan pinnan tason tulee olla samalla korkeudella kuin poistumistie.

Poistumistie on varustettava vähintään 800 mm ja enintään 1100 mm korkealla yhteisellä käsijohteella. Käsijohde ei saa ulottua poistumistien vähimmäismittojen sisäpuolelle. Käsijohde voidaan joutua katkaisemaan esteiden kohdalla, jolloin se on taivutettava seinää kohden vähintään 30 asteen ja enintään 40 asteen kulmaan tunnelin pituusakselista ennen ja jälkeen esteen.

Tunneliasemalla niillä raideosuuksilla, joilla on laituri, ei tarvitse toteuttaa poistumistietä.

18.3.3 Ratatekniset vaatimukset

18.3.3.1 Ratageometria

Ratageometria suunnitellaan RATO:n osan 2 ”Radan geometria” mukaan. Tunneliasemien osalta suunnittelussa on huomioitava myös RATO:n osan 16 ”Väylät ja laiturit” vaatimukset.

Ratatunneli on pyrittävä suunnittelemaan pituuskaltevaksi tai suuaukoille laskevaksi siten, että vetovoimansa menettänyt juna voi rullata ulos tunnelista. Sukeltavaa tunnelia on mahdollisuuksien mukaan vältettävä.

Suuria pituuskaltevuuksia ja pieniä kaarresäteitä sekä vaihteiden sijoittamista tunneliin tai tunnelin suuaukon välittömään läheisyyteen tulee mahdollisuuksien mukaan välttää.

18.3.3.2 Sähkörata

18.3.3.2.1 Sähköistyslaitteet

Ratatunnelin sähköratasuunnittelu on tehtävä RATO:n osan 5 ”Sähköistetty rata” mukaan.

Ajojohdin voidaan toteuttaa perinteisellä kääntöorsikiinnityksellä tai ns. kiintoajojohdtona, jolloin sen vaatima tilavaraus on korkeussuunnassa pienempi. Ajojohtimen toteutustapa on määritettävä erikseen hankkeen suunnitteluperusteissa.

Ratajohto on varustettava imumuuntaja- tai säästömuuntajajärjestelmällä. Näiden suunnittelussa on huomioitava mahdolliset öljyvuodot siten, että käytetään ympäristöystävällistä muuntajaöljyä. Öljyn leimahduspisteen on oltava yli 250 °C. Säästömuuntajaan tehdään valuma-allas. Muuntajien tilavaraukset on esitetty liitteessä 3.

Tunnelin suunnittelussa on huomioitava maadoituserottimien tilavaraus.

18.3.3.2.2 Sähkörata rautatietunnelissa

ATU:n yläosa on varattava sähköradan sähköistyslaitteille. Tämän tilan lisäksi jännitteinen imumuuntaja tai säästömuuntaja vaatii oman tilansa, joka on esitetty liitteessä X. Kiristysten, erottimien ja muiden kojeiden vaatima tila on selvitettävä tunnelikohtaisesti.

Sähköistyslaitteiden ankkuroinnit ja kiinnitykset on suunniteltava tapauskohtaisesti ottaen huomioon laitteista aiheutuvat kuormat sekä junan aiheuttamat paine- ja imukuormat.

Ratatunnelin poikkileikkauksessa laitteet on pyrittävä järjestämään siten, että paluu- ja maadoitusjohtimet sijoitetaan eri puolelle kuin teknisten ja turvallisuusjärjestelmien tilat ja laitteet.

Rautatietunnelin suuaukot on tarvittaessa varustettava kosketussuojilla. Kosketussuojat tehdään siltojen kosketussuojia koskevien ohjeiden mukaan sekä RATO:n osia 5 ”Sähköistetty rata” ja 8 ”Sillat” noudattaen.

Sähköradan jännite on voitava tarvittaessa katkaista koko rautatietunnelista.

Yli viisi kilometriä pitkissä rautatietunneleissa virransyöttöjärjestelmä on jaettava korkeintaan viiden kilometrin pituisiin osiin, joilta jännite voidaan katkaista tarvittaessa tunneliosittain.

Sähköradan virransyöttöjärjestelmän käyttöohjeet tulee sisällyttää rautatietunneli-kohtaisiin toimintaohjeisiin.

Rautatietunnelin suunnittelussa ja rakentamisessa on aina varauduttava sähköistykseen, vaikka kyseistä rataosaa ei olisikaan sähköistetty. Sähköistykseen saa jättää ottamatta huomioon vain Liikenneviraston erillisluvalla.

18.3.3.2.3 Maadoitukset

Ratatunnelin maadoitukset on tehtävä Liikenneviraston ohjeen 13/2010 ”Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu” mukaisesti /7/.

Katon maadoitus tehdään rautatiesiltojen suunnitteluohjeen mukaisesti, jos rautatietunnelin katto-osa on silta (esim. ylikulkusilta).

18.3.3.2.4 Turvalaitteet

Ratatunnelin turvalaitesuunnittelu on tehtävä RATO:n osan 6 ”Turvalaitteet” mukaan.

Pitkät ratatunnelit on jaettava suojustusväleihin, joiden pituudet määritellään turvalaitesuunnittelun yhteydessä tunnelikohtaisesti toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin perusteella. Myös hälytys- ja valvontailmoitukset toteutetaan suojustusväleittäin siten, että liikenteenohjauskeskus kykenee paikantamaan kunkin tapahtuman.

18.3.3.2.5 Opastimet

Opastimet on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä sijoittamaan siten, että junan ei tarvitse pysähtyä rautatietunnelissa. Liikenteenohjauskeskukseen tietoliikenneyhteyksillä liitetyt kaksi- tai useampiraiteiset tunnelit on varustettava opastimilla ennen tunnelia siten, että liikenteenohjauskeskus voi pysäyttää junan ennen tunnelia toisella raiteella sattuneen onnettomuus- tai häiriötilanteen vuoksi.

Kun tunnelin pituus tai muut seikat edellyttävät opastimen sijoittamista tunneliin, on käytettävä joko yhdistelmäopastinta tai pääopastimesta erillisiä esiopastimia, koska pää- ja esiopastin samassa paikassa vaativat suuren tilan. Opastimien yleiset sijoitusvaatimukset on esitetty RATO:n osassa 6 ”Turvalaitteet”.

Tunnelissa ei käytetä opastimilla pylväsperustuksia, vaan opastimet kiinnitetään joko tunnelin seinään tai kattoon.

Opastin on sijoitettava liitteiden 1–2 mukaan. Kunkin opastimen kohdalle on sijoitettava enintään 5 m etäisyydelle opastimesta opastinohjauskaappi, jonka tilavaraus on esitetty liitteissä 1–2 (turvalaite- ja opastinohjauskaapit).

18.3.3.2.6 Raiteen vapaanaolon valvontalaitteet

Opastimien läheisyyteen ja tarvittaessa muuallekin raideosuuksien rajoille on mitoitettava tilavaraus raiteen vapaanaolon valvontalaitteita varten. Eri vaihtoehtoja ovat esimerkiksi:

- Yksikiskoisesti eristetyt raidevirtapiirit, jotka vaativat liityntäkotelon 300 mm x 300 mm x 200 mm enintään 2,5 m etäisyydelle kiskosta.
- Kaksikiskoisesti eristetyt raidevirtapiirit, jotka liityntäkotelon lisäksi vaativat 2 kpl raidekuristimia 600 mm x 600 mm x 500 mm.
- Akselinlaskijalaitteet, jotka vaativat kiskokoskettimen viereen enintään 2,5 m etäisyydelle 400 mm x 400 mm x 300 mm kokoisen ohjauskotelon.

18.3.3.2.7 Junien kulunvalvontalaitteet

Junien kulunvalvonnan baliisit on sijoitettava raiteen keskelle pölkkyjen väliin. Baliisien ohjauskaappi on joko yhteinen opastinohjauskaappi tai erillinen kaappi esimerkiksi nopeusrajoituksen alun kohdalla.

18.3.3.2.8 Kuumakäynti-ilmaisimet

Rautatietunneleita sisältävillä rataosilla pyörän laakereiden kuumakäyntiä on valvottava erillisillä kuumakäynti-ilmaisimilla. Ilmaisimet on sijoitettava siten, että juna voidaan kuumakäyntihavainnon jälkeen pysäyttää ennen tunnelia.

18.3.3 Raide

Ratatunnelin raide on rakennettava jatkuvakiskoraiteeksi RATO:n osan 19 “Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet” mukaan.

Päällysrakenne voidaan toteuttaa myös kiintoraiteena. Kiintoraide suunnitellaan aina tapauskohtaisesti siten, että suunnittelussa otetaan huomioon tunnelin kuivatus- ja palovesijärjestelmät, kaapeloinnit ja routimisen estäminen.

18.3.4 Aerodynaaminen suunnittelu

18.3.4.1 *Mitoitusparametrit*

Ratatunnelin aerodynaaminen mitoitus on tehtävä ainakin seuraavien muuttujien funktiona:

- Mitoitusnopeus
- Mitoittavan junan ja tunnelin poikkileikkausalojen suhde
- Mitoittavan junan ja tunnelin pituuksien suhde
- Ratatunneliin liittyvät paineentasauskuilut ja muut tunnelit
- Liikkuvan kaluston sekä tunnelin ja sen suuaukkorakenteiden aerodynaaminen muotoilu
- Mitoittavan junan tiiviys ja junan sisällä kussakin tapauksessa sallittava paineenvaihtelu
- Usean junan peräkkäinajon todennäköisyys tunnelissa ja junien sisällä tässä tapauksessa sallittava paineenvaihtelu
- Kaksi- tai useampiraiteisessa tunnelissa edellisten lisäksi junien kohtaamisen ja rinnakkainajon todennäköisyys ja junien sisällä näissä tapauksissa sallittava paineenvaihtelu
- Kullekin junatyypille sallittava kulkuvastus ja sen edellyttämä vetotehon lisäys ja/tai sallittava nopeuden hidastuminen
- Liikkuvaan kalustoon sekä tunnelin rakenteisiin ja laitteisiin kohdistuvat paine- ja imukuormat.

18.3.4.2 *Paineenvaihtelun mitoitus junassa*

Junan sisällä sallittavat paineenvaihtelun ääriarvot ja paineen muutosnopeudet on määriteltävä tunnelin suunnitteluperusteissa kullekin junatyypille erikseen ohjaamoa ja matkustajavaunua varten. Hyväksyttävät arvot riippuvat paineenvaihtelun toistuvuudesta kunkin yksittäisen matkan aikana (tunneleiden pituus, lukumäärä ja tiheys, liikennetiheys ja junien kohtaamisen todennäköisyys tunnelissa, paineenvaihtelun frekvenssi, matkustavatko samat matkustajat päivittäin jne.).

Suurin paineenvaihtelun amplitudi saa olla enintään 10 kPa junan tunnelissa kulkeamisen kokonaisu aikana. Ellei tarkempaa tunnelikohtaista analyysia tehdä, suositellaan edellä mainitun kokonaisuajaa koskevan amplitudirajan lisäksi noudatettavan seuraavia junan tunnelissa kulkeamisen kokonaisuajasta mielivaltaisesti valittuja neljän ja yhden sekunnin tarkastelujaksoja koskevia maksimiarvoja:

- $\text{Max } \Delta P \text{ 4 s} = 1,5 \text{ kPa}$ usein toistuvassa paineenvaihtelussa
- $\text{Max } \Delta P \text{ 4 s} = 3,0 \text{ kPa}$ harvoin tapahtuvassa paineenvaihtelussa
- Paineen muutosnopeus enintään 0,5 kPa/s

Tarkastelujakson valinta neljään sekuntiin perustuu ihmisen korvan rakenteeseen ja reagointiin äkillisiin paineenvaihteluihin. Paineen muutosnopeutta yhden sekunnin aikana on syytä tarkastella silloin, kun paineenvaihtelun toistuvuus on nopeaa esimerkiksi tiheään sijoitettujen yhdyskäytävien vuoksi.

18.3.4.3 Rakenteiden ja laitteiden painekuormamitoitus

Ratatunnelin ja sen suuaukkojen rakenteet sekä tunneliin asennettavat laitteet ja niiden kiinnitykset on mitoitettava junien aiheuttamille painekuormille.

Painekuorma on verrannollinen junan nopeuden neliöön sekä suoraan verrannollinen junien poikkileikkauksen ja ratatunnelin poikkileikkauksen vapaan alan suhteeseen:

$$\frac{A(\text{junat})}{A(\text{tunneli}) - A(\text{junat})}$$

Myös tunnelin ja junien pituudet vaikuttavat merkittävästi painekuorman huippuarvoihin.

Ellei painekuormia määritetä analysoimalla tunnelikohtaisesti, mitoituspainekuormien arvot yksiraiteisessa ratatunnelissa ovat seuraavat:

Taulukko 18.3:1 Mitoituspainekuormat yksiraiteisessa ratatunnelissa

| Nopeus | P _{max} [kPa] | P _{min} [kPa] |
|------------|------------------------|------------------------|
| ≤ 160 km/h | + 4,0 | - 4,0 |
| ≤ 220 km/h | + 5,5 | - 5,5 |

Annetut painekuormien mitoitusarvot edellyttävät, että tavarajunien nopeus on enintään 120 km/h. Suuremmat tavarajunien nopeudet edellyttävät tunnelikohtaista analyysia.

Maksiminopeuden ollessa > 220 km/h painekuormien mitoitusarvot tulee määrittää tunnelikohtaisella analyysilla.

Kaksi- tai useampiraiteisen tunnelin painekuormien arvot tulee määrittää tunnelikohtaisesti.

Annetut painekuormien arvot perustuvat liitteen 1 mukaiseen tunnelin esimerkkipoikkileikkaukseen ja suurimpaan liikkuvaan kalustoon. Painekuormien arvoja voidaan pienentää, jos poikkileikkauksen vapaa ala on suurempi tai liikkuva kalusto tai nopeus annettua maksiminopeutta pienempi.

Kuormien arvot ovat ominaiskuorma-arvoja, jotka kussakin mitoitustilanteessa tulee kertoa asianmukaisilla osavarmuusluvulla. Kuormia tulee käsitellä muuttuvina, liikkuvina, väsyttävänä ja dynaamisina.

18.3.4.4 Ilman virtausnopeuden mitoitus

Tunnelijärjestelmä ja sen ilmanvaihto on suunniteltava siten, että ilman virtausnopeus ei ylitä arvoa 5 m/s normaalitilanteessa sellaisilla alueilla, joilla matkustajat tai ulkopuoliset henkilöt voivat oleskella tai liikkua. Hyvin harvinaisissa tapauksissa

tai hätätapauksissa tai vain huoltohenkilöstölle tarkoitetuissa tiloissa ilmanvirtausnopeus saa hetkellisesti nousta arvoon 10 m/s.

18.3.4.5 Aerodynaamisen vastuksen mitoitus

Ilmamassan aiheuttama junan kulkuvastus on rajoitettava sellaiseksi, että liikkuvan kaluston vetoteho on riittävä halutun junanopeuden ylläpitämiseksi tunnelissa. Aerodynaaminen vastus on tunnelissa merkittävästi suurempi kuin vapaassa ilmatilassa. Aerodynaamiseen vastukseen vaikuttavat eniten junan nopeus sekä tunnelin ja junan mitat ja aerodynaaminen muotoilu.

18.3.4.6 Aerodynaaminen mitoitus tunneliasemalla

Ilmanvirtausnopeudet, paineenvaihtelu, melu ja värähtely on tutkittava ratatunnelin lisäksi ainakin:

- tunneliaseman laituritasoilla
- tunneliasemaan ilman suljettuja ovia liittyvissä yleisö- ja teknisten tilojen tunneleissa ja kuiluissa (esim. yhdyskäytävät, koneporraskuilut ja paineentasauskuilut)
- tunneleiden ja kuilujen yläpäihin liittyvissä lippuhalli- yms. rakennuksissa.

Tunneliaseman ulko-ovilla ilmanpaineeseen on kiinnitettävä erityishuomiota vaativissa tuuliolosuhteissa.

18.3.4.7 Poikkileikkauksen ja paineentasausyhteyksien mitoitus

Ratatunnelin poikkileikkauksen mitoitus on tehtävä käyttäen aerodynaamisia mitoitusmenetelmiä ja mitoitusohjelmia. Mitoituksessa on huomioitava tunnelin pintojen epätasaisuus ja verhoilemattomilla tunneliosuiksilla myös louhintatoleranssi.

Kun aerodynaamiset kriteerit edellyttävät ratatunnelin poikkileikkaukseen suurentamista liitteissä 1–2 esitettyjä esimerkkipoikkileikkauksia suuremmaksi, tulee ratatunnelin ja paineentasausyhteyksien poikkileikkausten suurentaminen ja yhteyksien liittäminen optimoida.

Paineentasausyhteyksillä ei voida vaikuttaa yksittäisten paineaaltojen amplitudeihin, mutta niillä voidaan merkittävästi alentaa ilmanvirtausnopeuksia ja superpositiosta aiheutuvia paineen huippuarvoja. Yhteyksien määrä ja sijoitus riippuvat merkittävimmin ratatunnelin pituudesta ja junapituuksista. Mitoitus on tehtävä tunnelikohtaisesti. Myös paineentasausyhteyden poikkileikkaus on mitoitettava, koska liian pieni yhteys on tehoton ja liian suuri voi aiheuttaa koko paineaallon heijastumisen.

Olemassa olevat rautatietunnelit on tutkittava tapauskohtaisesti erikseen silloin, kun liikkuvan kaluston poikkileikkaukset kasvavat, nopeuksia nostetaan tai uudet rakenteet pienentävät tunnelin vapaata poikkileikkausta. Mikäli poikkileikkauksen suurentaminen ei teknis-taloudellisista syistä tule kysymykseen, tilannetta voidaan merkittävästi parantaa rakentamalla uusia paineentasausyhteyksiä. Rakenteiden ja laitteiden painekuormien kestävyys tulee aina tarkistaa.

18.3.4.8 *Rakenteiden aerodynaaminen muotoilu ja vaimennusrakenteet*

Ratatunnelin suuaukko on varustettava vaimennusrakenteilla, jos tunnelissa tapahtuva vaimennus ei ole riittävä. Tunnelisuuaukkojen rakenteiden aerodynaamisella muotoilulla voidaan alentaa paineen huippuarvoja tunnelissa. Merkittävä vaikutus edellyttää, että muotoillun suuaukkorakenteen pituus on moninkertainen ratatunnelin poikkileikkauksen suurimpaan läpimittaan verrattuna.

Ratatunnelin seiniin tehdyillä paineentasaustunneleilla ja syvennyksillä voidaan alentaa paineen huippuarvoja.

18.4 Turvallisuussuunnittelu ja riskitarkastelut

18.4.1 Turvallisuussuunnittelun lähtökohdat

Rautatietunnelin turvallisuussuunnittelu perustuu ajantasaisten määräysten lisäksi tunnelin alustaviin suunnitteluratkaisuihin, liikenteen toiminnalliseen analyysiin ja niiden pohjalta tehtävään riskienarviointiin. Riskienarviointi on jatkuvasti päivittyvä ja suunnitelmavaiheen mukaan tarkentuva prosessi, joka vaikuttaa lopullisiin suunnitteluratkaisuihin.

Rakentamissuunnittelun on perustuttava toiminnallisesta analyysistä ja riskienarvioinnista saatuihin johtopäätöksiin ja voimassa oleviin suunnitteluohjeisiin.

Tunneliturvallisuutta koskevien asiakirjojen pääperiaate on seuraava:

- SRT YTEssä /1/ esitetään turvallisuusjärjestelyjen minimivaatimukset.
- Trafi antaa mahdollisesti kansallisia määräyksiä.
- Edellä mainittujen määräysten lisäksi noudatetaan Liikenneviraston turvallisuusohjeita ja RATOja. Poikkeaminen näistä ohjeista edellyttää Liikenneviraston lupaa.
- Kunkin rautatietunnelin turvallisuusjärjestelyt sekä teknisten järjestelmien laatu ja laajuus määritellään hankkeen suunnitteluperusteissa.
- Rakennusvalvonta, pelastustoimi tai muut viranomaistahot voivat antaa omia vaatimuksiaan etenkin tunneliasemia koskien.

Tunnelin suunnittelun turvallisuustavoitteiden pääperiaatteet ovat seuraavat:

- Suunnittelun on täytettävä edellä mainituissa asiakirjoissa annetut turvallisuusvaatimukset.
- Suunnitteluratkaisut on valittava siten, että rakenteellisin ja teknisin keinoin saadaan aikaan mahdollisimman hyvä turvallisuus.
- Turvallisuuden edellyttämien järjestelyjen ja järjestelmien suunnittelussa on painotettava ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä, joilla voidaan tehokkaimmin vaikuttaa turvallisuustasoon.
- Ihmisten omatoimisen poistumisen ratatunnelista ulos tai turvalliselle alueelle on aina oltava mahdollista.
- Huoltohenkilöstön ja pelastusviranomaisten määräysten mukaiset toimintaedellytykset poikkeus- ja onnettomuustilanteissa on varmistettava.

Rautatietunnelin haltijan on laadittava häiriö- ja onnettomuustilanteita varten tunnelikohtaiset toimintaohjeet, jos yleiset rautatietunneleita koskevat toimintaohjeet eivät ole riittävät.

18.4.2 Rautatietunnelin riskienarviointi

Uudelle ja parannettavalle rautatietunnelille on tehtävä riskienarviointi Liikenneviraston riskienhallintaohjeiden mukaisesti, jos rautatietunnelin pituus on vähintään 100 metriä. Parannettavan rautatietunnelin riskienarviointi voidaan päivittää aiemman riskienarvioinnin periaatteita noudattaen. Riskienarvioinnin tulokset on otettava huomioon rautatietunnelin ja sen järjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa.

Riskienarvioinnissa tarkastellaan häiriö- ja onnettomuustilanteita, joita ovat esimerkiksi:

- junan raiteilta suistuminen tunnelissa
- kahden junan törmäys tunnelissa
- tulipalo junassa (liikkuva tai pysähtynyt juna)
- tulipalo tunnelitiloissa
- junan pysähtyminen tunneliin, kontrolloitu ja kontrolloimaton
- junan vioittuminen
- junan törmäys ajoneuvoon tai työkoneeseen
- junan törmäys ihmiseen tai eläimeen
- vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudet (vuoto, vaunun kaatuminen, tulipalo, räjähdys)
- tunnelin rakenteen pettäminen
- laiteankkuroinnin pettäminen
- radan vauriot, radan rikkoutuminen
- valaistuksen, ilmanvaihdon tai ohjauksen käyttöhäiriö
- ulkoisten onnettomuuksien ja tapahtumien vaikutukset
- ulkopuolisten ihmisten tai eläinten pääsy rautatietunneliin
- muu ulkopuolinen uhka (ilkivalta, terroriteko)
- sääolosuhteiden ja luonnonilmiöiden vaikutukset (tulva, myrsky, jäätyminen).

Tarkasteluissa tulee ottaa huomioon tunnelin sijainti erityisesti veden alla, ympäristön herkkyyks ja pelastusorganisaatioiden saapumiseen kuluva aika.

Aiheutuvista vahinkolajeista tarkastellaan:

- henkilövahinkoja
- materiaalivahinkoja
- liikenteen keskeytymisestä tai häiriintymisestä aiheutuvia vahinkoja
- ympäristövahinkoja.

Riskienarvioinnin perusteella on määritettävä, millaisia tunneli- ja turvallisuustilajärjestelyjä, pelastusjärjestelyjä sekä teknisiä järjestelmiä tarvitaan ja miten laajoina ja minkä tasoisina ne toteutetaan. Riskienarvioinnissa määritellään häiriö- ja onnettomuustilanteiden asettamat vaatimukset seuraaville järjestelyille:

- Tunnelin palo- ja savuosastointi sekä pelastustie- ja poistumisreitijärjestelyt ja niiden tekniset laitteet
- Ilmoitus- ja varoitusjärjestelmät
- Tekniset tilat ja turvallisuustilat
- Rakenteiden ja järjestelmien mitoitusperusteina toimivat palonkesto-vaatimukset ja räjähdyspainekuormat
- Palotilanteen savunpoisto ja palonsammutusjärjestelmät
- Varavoimasähkö ja varavalaistus
- Viemäroinnin keräysaltaat ja niihin liittyvät putkistot
- Turva- ja valvontajärjestelmät
- Vaatimukset viestinnän ja liikenteen valvonnan järjestelmille
- Vaatimukset teknisten järjestelmien toiminnalle (automaattinen/manuaalinen toiminta)
- Vaatimukset junamiehistön, valvontakeskuksen ja pelastusorganisaatioiden kalustolle, varusteille ja yhteistoiminnalle
- Pätevyysvaatimukset tunnelissa työskenteleville (koulutus, perehdytys)

18.4.3 Turvallisuustilat sekä rakenteet ja laitteet

Vaatimuksia rautatietunneleiden turvallisuustiloille ja -laitteille on listattu taulukossa 18.4:1 ja luvuissa 18.4.3.1-18.4.3.2. Vaatimuksia käsiteltäessä kaksi perättäistä rautatietunnelia lasketaan yhdeksi tunneliksi, jos niiden välissä on alle 500 m avointa osuutta tai tunneleiden välistä ei ole kulkuyhteyttä turvalliselle alueelle.

Taulukko 18.4:1 Vaatimuksia rautatietunneleiden turvallisuusjärjestelyille

| Vaatus | Soveltaminen |
|---|------------------------------------|
| Turvallinen alue | kaikki rautatietunnelit |
| Poistumistie (yksiraiteisessa ratatunnelissa vähintään toisella puolella ja useampiraiteisessa tunnelin molemmilla puolilla) | yli 500 m pitkät rautatietunnelit |
| Hätäuloskäynnit maan pinnalle vähintään 1000 m välein TAI yhdyskäytävät viereiseen erilliseen tunnelikäytävään vähintään 500 m välein TAI muu tekninen ratkaisu | yli 1000 m pitkät rautatietunnelit |
| Viestintäyhteys maanalaisen turvallisen alueen ja liikenteenohjauksen välillä | yli 1000 m pitkät rautatietunnelit |

Hätäuloskäyntejä tai yhdyskäytäviä voi esimerkiksi toiminnallisen analyysin tai riskienarvioinnin perusteella olla tarpeen tehdä tiheämmin kuin mitä taulukossa 18.4:1 on esitetty.

Toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin perusteella arvioidaan, onko tunnelissa tarvetta evakuoinnissa käytettäville kiskokärryille. Myös mahdollisten kiskokärryjen sijainti ja sijoittelu määritetään tunnelikohtaisesti.

18.4.3.1 Kulkureitit ja opastaminen

Kussakin rautatietunnelissa tulee aina tunnelikohtaisesti selvittää poistumisreitti- ja pelastustiejärjestelyt, turvallisten alueiden toteuttaminen sekä osastointi. Lisäksi on selvitettävä kunnossapidon ja raivauksen kulkureittitarpeet.

Lähelle ratatunneleiden suuaukkoja on toteutettava raiteellenousupaikat. Tunnelikoh-
taisesti on selvitettävä myös kunnossapidon tarpeet huoltotunneleiden yhteyteen to-
teutettaville raiteellenousupaikoille.

Poistumisreittien opasteet on sijoitettava tunneliin 50 metrin välein reittien sivusei-
nille turvavalaisimien yhteyteen. Opasteissa tulee ilmoittaa poistumismatka turvalli-
selle alueelle tai ulkoilmaan. Opasteet tehdään standardin ISO 3864-1 /8/ ja Liiken-
neviraston opastusjärjestelmän /9/ mukaan.

Poistumistieltä turvalliselle alueelle johtavan oven vapaan aukon on oltava vähintään
1400 mm leveä ja 2000 mm korkea. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää useita vierek-
käisiä, kapeampia ovia, jos osoitetaan, että ovista pystyy kulkemaan vastaava tai suu-
rempi määrä ihmisiä. Aina vähintään yhden oviaukon on oltava vähintään 800 mm
leveä. Ovien jälkeisen vapaan tilan on jatkuttava vähintään 1500 mm leveänä ja 2250
mm korkeana.

Kaikki poistumisreittiin kuuluvat ovet on merkittävä Liikenneviraston opastusjärjes-
telmän /9/ mukaisesti.

18.4.3.2 Tekniset järjestelmät ja tilat

Tekniset tilat on osastoitava omiksi palo-osastoikseen.

Luvaton pääsy teknisiin tiloihin on estettävä.

Kuhunkin tekniseen tilaan on sijoitettava tilassa olevien laitteiden ja järjestelmien
toimintakaaviot.

Tunnelivalvomoon on sijoitettava kaikkien valvomon kontrolloimien tunneleiden lait-
teiden ja järjestelmien toimintakaaviot, huolto-ohjeet, poikkeus- ja onnettomuustilan-
teiden toimintaohjeet sekä ko. rautatietunneleiden yleispiirustussarjat.

Tunnelin turvallisuusjärjestelmien ja teknisten järjestelmien valvonta on pyrittävä
ratkaisemaan toteuttamalla niiden valvomot esim. sähköradan paikallisen käyttökes-
kuksen tai liikenteenohjauskeskuksen yhteyteen.

Teknisten järjestelmien laitetilat pyritään sijoittamaan ratatunnelin ulkopuolelle lait-
teiden välittömään läheisyyteen.

Uusissa ratatunneleissa poistumiseen käytettäviin yhdyskäytäviin ei saa sijoittaa teknisten järjestelmien ohjaimia eikä kytkimiä.

18.4.4 Simuloinnit

Hankkeen suunnitteluperusteissa on määritettävä uudelle tai parannettavalle rautatietunnelille tehtävät simuloinnit.

Simuloinnit voivat käsitellä esimerkiksi:

- savunpoistoa
- ilmavirtauksia ja ilmanpaineita
- palon leviämistä
- lämpösäteilyä ja lämpötilajakaumaa, poistumisaikoja ja evakuointia
- pakkasmäärää
- kosteutta
- tärinää
- runkomelua
- akustiikkaa.

Poistumisaika- ja evakuointisimuloinnit on toteutettava siten, että mistä tahansa paikasta rautatietunnelissa on voitava poistua suuaukon tai muun poistumisreitit kautta ennen kuin poistumisreitillä syntyy ihmisten poistumisen kannalta kriittiset olosuhteet mitattuna 2 metrin korkeudelta kulkureitin pinnasta:

- näkyvyys alle 10 m
- lämpötila yli 80 °C
- lämpösäteilyn intensiteetti yli 2,5 kW/m²

Laskelmissa on otettava huomioon:

- Valittu savunhallintajärjestelmä, joka vaikuttaa käytettävissä olevaan poistumisaikaan ja -matkaan sekä hengitysilman vaarallisten kaasujen pitoisuuksiin
- Aika, joka kuluu, kunnes matkustajille on annettu hälytys tai he muutoin tulevat tietoisiksi vaarasta
- Matkustajien havaitsemis- ja reagointiaika sekä junasta poistumiseen kuluva aika
- Aika, joka ihmisiltä kuluu siirtymiseen turvalliselle alueelle tai ulos tunnelin suuaukosta.

18.4.5 Pelastussuunnitelma

Tunnelin haltijan on laadittava pelastussuunnitelma vähintään 100 metriä pitkälle rautatietunnelille. Pelastussuunnitelma on hyväksyttävä Liikennevirastolla ennen rautatietunnelin käyttöönottoa.

Pelastussuunnitelma laaditaan yhteistyössä Liikenneviraston, pelastuslaitoksen, poliisin, liikennejärjestäjien, Liikenneviraston valvomoiden sekä muiden mahdollisten sidosryhmien kesken. Organisaatiot toimivat häiriö- tai onnettomuustilanteissa pelastussuunnitelman mukaisesti.

Pelastussuunnitelman tulee sisältää vähintään seuraavat asiat:

- Kohteen kuvaus sisältäen tunnelin sijainnin, rakenteen, järjestelmien ja liikenteen kuvaukset
- Hätätilanteessa tarvittavat toimijoiden yhteystiedot (esim. liikenteenohjaus, sähköradan käyttökeskus, tekninen valvomo, turvalvomo, alueen pelastuslaitokset, kunnossapidon vastuuhenkilöt, rataisännöitsijä, raide liikenteen aluepäällikkö ja Liikenneviraston ilmoittamat yhteyshenkilöt)
- Toimijoiden vastuut, roolit ja toiminta häiriö- ja onnettomuustilanteissa
- Kuvauksen ja karttakuvan pelastustoimen pääsystä ratatunnelin suuaukoille sekä lähimmät raiteille nousupaikat raiteille
- Viestintäjärjestelmät ja viestintä häiriö- tai onnettomuustilanteessa
- Riskienarvioinnin perusteella ilmenneet tunnelikohtaiset riskit ja niihin varautuminen
- Tarvittavat liitteet, jotka määritetään tunnelikohtaisesti.

Yli 1000 m pitkän rautatietunnelin pelastussuunnitelman tulee lisäksi sisältää seuraavat asiat:

- Evakuointiaika ja -ohjeet turvalliselle alueelle
- Rakenteen kestävyysaika tulipalotilanteessa, jolla rakenne säilyttää eheyttänsä
- Kuvaus pelastustoimen pääsystä turvalliselle alueelle
- Vaihtoehtoisen virtalähteen käyttöaika
- Menetelmä, jolla sammutusvesi kuljetaan onnettomuuspaikalle
- Kuvaus pelastustoimen pääsystä palontorjuntapaikalle
- Maadoituksen menettelytavat ja vastuut onnettomuustilanteessa
- Pelastusharjoitusten järjestäminen
- Asianosaisten perehtyminen tunnelin infrastruktuuriin ja järjestelmiin.

18.4.6 Toimintakaaviot ja toimintakortit

Tunnelin haltijan on laadittava toimintakaaviot menettelytapojen ja vastuunjaon kuvaamiseksi yli 1000 m pitkän rautatietunnelin häiriö- ja onnettomuustilanteille, jotka on määritelty riskienarvioinnin ja vaaratilanneskenaarioiden perusteella. Toimintakaavioissa on kuvattava menettelytavat sekä vastuujako.

Toimintakaavioissa on otettava huomioon esim. seuraavat häiriö- ja onnettomuustilanteet:

- Tulipalo tunnelissa
- Junaonnettomuus tunnelissa
- Asiattomat henkilöt tunnelissa
- Este radalla
- Tulva
- Tekninen häiriö
- Vaaralliset aineet
- Viestiliikenteen häiriöt
- Häiriöt tunneliasemalla.

Toimijat vastaavat toimintakorttien ja oman ohjeistuksensa laatimisesta häiriö- ja onnettomuustilanteita varten pelastussuunnitelman ja toimintakaavioiden pohjalta. Toimijat vastaavat oman henkilöstönsä pätevyyksistä, kouluttamisesta ja perehdyttämisestä.

18.5 Suunnitelmien sisältö

18.5.1 Suunnitelman sisältö

Rautatietunnelin suunnitelmaan sisältyvät Radan suunnitteluohjeessa /4/ luetellut asiakirjat. Asiakirjoilta vaadittu sisältö on esitetty Radan suunnitteluohjeessa ja sen liitteenä olevassa tehtäväluettelossa. Piirustusten sisältö ja rakenne on esitetty Rata-teknisissä piirustusohjeissa /10/ ja Liikenneviraston inframalliohjeessa /11/. Luvuissa 18.5.1.1–18.5.1.8 on täsmennetty tunneleiden suunnitelmien tarkkuustasoa ja sisältöä.

18.5.1.1 Yleispiirustukset

- Asemapiirustus, jossa esitetään rautatietunnelin kaikkien tunneleiden ja kuilujen sijainnit sekä kaikkien suuaukkojen ja kuilujen yläpäiden sijainnit ja niille johtavat tieyhteydet.
- Pohjapiirustus 1:500 koko rautatietunnelista kaikkine tiloineen. Mittakaava valitaan siten, että tarkkuustaso on riittävä.
- Pohjapiirustukset 1:200 tai 1:100 erikoiskohdista: suuaukot, levennykset, tunneleiden ja kuilujen liittymät, turvallisuusjärjestelyjen ja -järjestelmien tilat sekä tekniset tilat.
- Pituusleikkaus kustakin tunnelista tarkoituksenmukaisessa mittakaavassa. Pituusleikkauskuvissa on näytettävä maanpinta ja kallionpinta.
- Poikkileikkaukset 1:100 tai 1:200 valittuina siten, että kaikki tyypilliset poikkileikkaukset ja oleelliset rakenteet tulevat esitetyiksi.

18.5.1.2 Mitta-, työ- ja detaljisuunnitelmat sekä opasteet

- Rautatietunnelin kaikkien tilojen, kantavien ja sisustusrakenteiden sekä laiteasennusten mitta-, työ- ja detaljisuunnitelmat
- Käytön ja kunnossapidon opasteet
- Pelastus- ja poistumisreittien opasteet.

18.5.1.3 Pohjarakennussuunnitelma

Betoni- ja terästunneleiden sekä kalliotunneleiden suuaukkorakenteiden pohjarakennussuunnitelma on laadittava voimassa olevia pohjarakennusohjeita ja -asetuksia noudattaen. Pohjarakennussuunnitelman tulee sisältää vähintään:

- Tutkimustiedoilla varustetut pohjarakennuspiirustukset
- Pohjarakennustöiden työselostus
- Painuma-analyysit ja stabiliteettitarkastelut sekä maan ja rakenteiden vuorovaikutusanalyysit
- Pohjanvahvistustoimenpiteiden suunnitelmat
- Maa- ja pohjarakenteiden suunnitelmat, mukaan lukien tunnelin sala-ojitukset
- Rakenteiden perustamistavat ja paalujen tavoitetasot
- Rakennuskaivanto- ja työjärjestysuunnitelmat
- Ympäristösuunnitelmat.

18.5.1.4 Kalliorakennussuunnitelma

Kalliotunnelista on laadittava kalliorakennussuunnitelma, joka sisältää vähintään:

- Kalliotutkimusasiakirjat
- Louhintasuunnitelmat
- Tiivistyssuunnitelmat
- Kallion vahvistussuunnitelmat ja -laskelmat, sisältäen käytettävien vahvistusten kuivatus- ja maadoitussuunnitelmat
- Kalliorakennustöiden (louhinta, tiivistys, lujitus) vaiheistukset alueilta, joissa kallio-olosuhteet edellyttävät vaiheistusta
- Kalliorakennustöiden työselostus, jossa esitetään riittävällä tarkkuudella materiaali- ja laatuvaatimukset
- Louhinta-, tiivistys- ja kallionlujutustöiden määräluettelo, jossa ilmoitetaan ainakin ne massat, joita ei voida määrittää suunnitelmista

18.5.1.5 Rakennesuunnitelmat

Rautatietunnelista on laadittava vähintään seuraavat rakennesuunnitelmat:

- Rakennepiirustukset kantavista ja sisustusrakenteista
- Laitesennusten ja teknisten järjestelmien ankkurointi-, kiinnitys- ja kannatussuunnitelmat
- Rakenteellisen palosuojauksen suunnitelmat
- Kuivatussuunnitelmat
- Rakenteiden maadoitussuunnitelmat
- Rakenteiden työselostukset
- Määräluettelo tapauskohtaisesti harkittavassa laajuudessa.

18.5.1.6 Teknisten järjestelmien suunnitelmat

Rautatietunnelin teknisistä järjestelmistä on laadittava vähintään seuraavat suunnitelmat:

- Rakennussähköjärjestelmien suunnitelmat, joihin sisältyvät myös turvallisuus- ja valvontajärjestelmien suunnitelmat (valvonta-, tele-, radio-, kulunvalvonta-, rikosilmoitus- ja paloilmoituslaitteistot) sekä pelastus- ja poistumisteiden edellyttämät järjestelyt (opastus, merkintä ja valaistus).
- Sähköradan sähköistyssuunnitelmat
- LVI-suunnitelmat käsittäen ilmanvaihdon, vedensaannin, viemäröinnin, palonsammutus-, savunpoisto- ja LVI-valvontajärjestelmän suunnittelun sekä pelastus- ja poistumisteiden edellyttämät järjestelyt.
- Turvallisuusjärjestelmien suunnitteluun sisältyvät lisäksi luvussa 18.4 käsitellyt analyysit ja suunnitelmat tarvittavassa laajuudessa.

18.5.1.7 Työvaihesuunnitelmat

Rautatietunnelista on laadittava vähintään seuraavat työvaihesuunnitelmat:

- Rautatietunnelin rakentamisen kokonaissuunnitelma ja jakaminen työvaiheisiin aikatauluineen
- Sähköradan huomioon ottaminen kussakin työvaiheessa voimassa olevien turvallisuusmääräysten mukaisesti

18.5.1.8 Suunnitelmaselostus

Suunnitelmaselostuksessa on esitettävä vähintään:

- Tunnelin yleiskuvaus
- Suunnitelman lähtökohdat, suunnitteluperusteet ja tavoitteet
- Kunkin suunnitteluvaiheen edellyttämällä tarkkuudella:
 - liikenteen toiminnallinen analyysi ja riskienarviointi sekä rakentamisen ja liikenteen ympäristövaikutukset, ellei niitä esitetä erillisinä asiakirjoina.
 - aerodynaaminen mitoitus
 - geotekniset ja pohjarakenteiden mitoitukset
 - kallion vahvistus- ja tiivistysrakenteiden mitoitukset
 - rakenteiden ja laiteasennusten mitoitukset
 - lämpötekniinen mitoitus
 - palotekniset mitoitukset
 - LVISAT-mitoitukset
- Kaikki sellaiset suunnittelun taustatiedot, jotka eivät käy selville varsinaisesta suunnitelmasta ja jotka ovat tarpeen suunnitelmassa esitettyjen ratkaisujen arvioimisessa sekä liikenteenhoito-, valvonta- ja kunnossapitotoiminnan sekä pelastustoimen järjestelyjen suunnittelussa.

18.5.2 Esimerkkejä vaatimuksista rautatietä ympäröiville rakenteille, jotka eivät ole rautatietunneliteita

Liikennevirasto määrittää hankkeeseen ryhtyvän suunnitelmien perusteella, onko radan ympärille muodostuva rakenne rautatietunneli. Vaikka rakenteen ei todettaisi-kaan olevan rautatietunneli, Liikennevirasto voi vaatia soveltamaan hankkeessa rautatietunnelivaatimuksia esimerkiksi tilanteessa, jossa laaja kansirakenne edellyttää rautatieympäristön näkökulmasta saman tyyppisiä suunnitteluratkaisuja kuin tunnelit.

Liikennevirasto voi esittää esimerkiksi seuraavia vaatimuksia rakenteille, jotka eivät ole rautatietunneleita:

- savunpoisto
- sammutusjärjestelmä
- materiaalien ja rakenteiden palonkestävyysvaatimukset
- kuumakäynti-ilmaisimet rakenteen ulkopuolelle
- poistumistie ja turvallinen alue (voivat joissain tapauksissa sijaita myös rakenteen ulkopuolella)
- valaistus
- kameravalvonta
- radioyhteydet (VIRVE, GSM)
- opastusjärjestelmä
- putoamiskuorma, törmäyskuorma ja räjähdyskuorma on tutkittava
- kiskoille tai sähköistyslaitteille ei saa valua vuotovettä
- riskienarviointi (mm. palonkestävyyteen ja junan suistumiseen liittyen)
- pelastussuunnitelma
- käyttöönotto
- kunnossapito-ohjeistus.

18.6 Rakennustekninen suunnittelu

18.6.1 Tutkimukset

Maa- ja kallioperä- sekä orsi- ja pohjavesitutkimukset on tehtävä siinä laajuudessa ja tarkkuudella kuin kantavien rakenteiden ja alusrakenteen geotekninen ja pohjarakennussuunnittelu sekä ympäristövaikutukset edellyttävät. Kappaleissa 18.6.1.1–18.6.1.4 on esitetty tunnelin vaikutusalueella tehtäviä pohjatutkimuksia. Kalliotunneleita koskevista erikoistutkimuksista on annettu lisäohjeita jäljempänä kohdassa ”Kalliotunneli”.

Tutkimusohjelma ja tutkimukset on tehtävä noudattaen voimassa olevia pohjarakennus- ja pohjatutkimusohjeita sekä kairausoppaita ja laboratoriotutkimusohjeita.

18.6.1.1 *Maaperätutkimukset*

Rautatietunnelin vaikutusalueella on tehtävä pohja- ja maaperätutkimukset siinä laajuudessa ja tarkkuudella kuin kantavien rakenteiden kalliotekninen, geotekninen ja pohjarakennussuunnittelu edellyttää. Tehtävistä tutkimuksista on laadittava tutkimusohjelma. Tutkimusten laajuus ja laatu on määritettävä ohjelmassa siten, että rakenteet ja niiden perustaminen voidaan oikeilla varmuuksilla luotettavasti suunnitella. Tutkimusten laajuuden ja laadun määrittelevät vastaavat suunnittelijat siten, että suunnittelussa on käytettävissä riittävät parametrit rakenteiden ja maan vuorovaikutusten analysoimista, stabiliteettien määrittämistä, painuma-analyysien tekemistä sekä rakenteiden ja niiden perustusten suunnittelua varten.

18.6.1.2 *Kallioperätutkimukset*

Kallioperätutkimuksilla on selvitettävä kalliopinnan taso sekä kallion laatu ja soveltuvuus rautatietunnelin rakentamiseen kohdekohtaisesti laadittavan tutkimusohjelman mukaan. Tutkimukset on tehtävä siinä laajuudessa ja sillä tarkkuudella, että kaikki tarvittavat parametrit voidaan luotettavasti selvittää louhinnan, louheen käytön, tiivistyksen, lujitusten ja rakenteiden suunnittelua ja toteutusta sekä tarvittavia kalliomekaanisia analyyseja varten. Tutkimuksissa on noudatettava voimassa olevia kalliotutkimus-, kallioluokitus- ja kalliorakennusohjeita.

Kallion laatu on tutkittava kairauksilla, porauksilla, luotauksilla ja laboratoriotutkimuksilla kohteen suunnittelun ja rakentamisen edellyttämällä tarkkuudella ja laajuudessa. Kalliotunneleista on tarkemmat ohjeet kohdassa 18.6.9.

Tutkimusten ohjelmoinnista ja riittävydestä vastaa kalliorakennussuunnittelija.

18.6.1.3 *Orsi- ja pohjavesitutkimukset*

Maa- ja kalliopohjaveden korkeusasema on määritettävä suunnittelun tunnelin vaikutusalueella. Määritystä varten on asennettava riittävä määrä havaintoputkia, joista orsi- ja pohjaveden pinnan korkeusaseman vaihteluita seurataan riittävän laajasti jo suunnitteluajana. Samoja havaintoputkia on käytettävä vesipintojen tarkkailuun rakentamisen aikana ja tarvittaessa myös rakentamisen jälkeen.

Koepumppauksilla on tarvittaessa selvitettävä orsi- ja pohjaveden virtausolosuhteet ja korvautuvuus.

Hankesuunnitteluvaiheessa on kohteen sijainti ja ympäristö huomioiden arvioitava, missä laajuudessa orsi- ja pohjaveden laatua on selvitettävä. Orsi- ja pohjaveden laatu on tutkittava kemiallisen rasiituksen ja puhtauden selvittämiseksi. Mikrobiologiset tutkimukset on tehtävä, kun esimerkiksi ympäristön puupaaluperustukset sitä edellyttävät tai kun esiintyy epäily veden mikrobiologisesta haitasta tunnelin rakenteille tai toiminnalle.

18.6.1.4 Ympäristöselvitykset

Ympäristöselvitysten yleiset periaatteet eri suunnitteluvaiheissa on esitetty Radan suunnitteluohjeessa /4/. Tunneleiden osalta on tehtävä seuraavat ympäristöselvitykset:

- Orsi- ja pohjavesitutkimukset:
 - Tarveselvitys- ja alustavassa yleissuunnitteluvaiheessa sillä tarkkuudella, että vaihtoehtoisten linjausten ja tasausten vertailu voidaan suorittaa riittävällä tarkkuudella ja saadaan luotettava tieto pohjavesiolosuhteista tunnelin vaikutusalueella.
 - Alustavien tutkimusten perusteella käynnistetään orsi- ja pohjavesitilanteen pitkäaikaisseuranta, jota tarkennetaan suunnittelun edetessä.
 - Yleissuunnitteluvaiheessa vaihtoehtoisten rakenneratkaisujen teknistaloudellisten vertailujen ja ympäristövaikutusten analysoinnin sekä päätöksenteon edellyttämällä tarkkuudella ja laajuudessa.
 - Rakentamissuunnitteluvaiheessa lopullisten rakenne- ja laiteratkaisujen suunnittelun sekä ympäristövaikutusten analysoinnin edellyttämällä tarkkuudella.
- Orsi- ja pohjavesitutkimuksiin liittyen tehdään tunnelijärjestelmän vaikutusalueen kaivoselvitys sisältäen vesipintojen ja veden korvautuvuuden sekä veden laatuselvitykset kunkin suunnitteluvaiheen edellyttämällä tarkkuudella.
- Kalliorakennustöiden ympäristöriskien arviointi kussakin suunnitteluvaiheessa suunnittelun ja päätöksenteon edellyttämällä tarkkuudella sekä rakennussuunnitteluvaiheessa urakkalaskennan ja rakentamisen edellyttämällä tarkkuudella.
- Kaikkien suunnittelualueella sijaitsevien maalämpökaivojen sijainnit.
- Melu- ja värinäselvitykset (sekä rakentamisen että liikennöinnin osalta) kunkin suunnitteluvaiheen edellyttämällä tarkkuudella.

18.6.2 Kuormien mitoitusperusteet

Rautatietunnelin rakenteet on mitoittettava rakenteiden kuormitusohjeiden ja siltojen suunnitteluohjeiden mukaisille pysyville ja muuttuville kuormille sekä muodonmuutos- ja onnettomuuskuormille. Näiden lisäksi on huomioitava rakenteiden valmistuksesta, varastoinnista, kuljetuksesta ja asennuksesta aiheutuvat kuormat. Mitoitusvaatimus koskee myös kantavana rakenteena tai sen osana toimivaa kalliota ja maata.

Kuormat on jaettava vaikutustavan ja -ajan perusteella pitkä- ja lyhytaikaisiin, kiinteisiin ja liikkuviin sekä staattisiin, dynaamisiin, väsyttäviin ja iskukuormiin. Mitoitus kullekin kuormalle ja kuormitusyhdistelylle on tehtävä murto-, väsymismurto-, onnettomuus- ja käyttörajatilassa asianmukaisia osavarmuuslukuja käyttäen.

Liikenne- ja muut tavanomaiset kuormat, niiden jako mainittuihin ryhmiin, osavarmuusluvut ja kuormitusyhdistelyt on annettu suunnittelustandardeissa. Mitoitus näille kuormille ja kuormitusyhdistelyille on tehtävä asianomaisten standardien mukaan.

Rakenteiden suunnittelun ohjeita täydennetään seuraavien muuttuvien kuormien osalta:

- junien aiheuttamat painekuormat
- lumi- ja jääkuormat
- lämpötilamuutos ja lämpötilaero
- putoamiskuorma
- varusteiden kuormat
- lisäkuormat.

Viranomaisohjeita täydennetään seuraavien onnettomuuskuormien osalta:

- törmäyskuormat
- räjähdyspaineekuormat.

Kaikki annetut kuormien lukuarvot ovat ominaiskuorman arvoja.

18.6.2.1 *Lumi- ja jääkuormat*

Verhousrakenteet on mitoittettava 3,0 kPa jääkuormalle. Jääkuorma on muuttuva ja liikkuva kuorma, joka vaikuttaa kohtisuoraan rakennetta vastaan. Rakenteita ei tarvitse mitoittaa jääkuormalle, jos niiden lämmöneristeet mitoitetaan pakkasmäärälle F100.

Jos verhousrakenteen ja kallion tai muun kantavan rakenteen väliseen ilmatilaan voi muodostua suurista vesivuodoista jäätä, rakenteet tulee mitoittaa suuremmalle jääkuormalle, joka harkitaan tapauskohtaisesti erikseen.

Kallion rakoihin mahdollisesti syntyvät jäänpaineen aiheuttamat vauriot kalliotunnelin lujitusrakenteille on arvioitava tapauskohtaisesti.

Rautatietunnelin suuaukkorakenteet on mitoittettava 5,0 kPa lumi- ja jääkuormalle. Suuaukoilla, joissa lumen kinostuminen on suurta, rakenteet on tarvittaessa mitoittettava suuremmalle lumikuormalle.

18.6.2.2 Lämpötilamuutos ja lämpötilaero

Ellei tarkempia selvityksiä tehdä, rautatietunnelin sisällä olevat rakenteet on mitoitettava seuraaville lämpötilamuutos- ja lämpötilaerokuormille:

- Rakenteen maksimilämpötila on +20 °C. Minimilämpötila on linjan Oulu–Kuopio–Lappeenranta länsipuolella -25 °C ja itäpuolella -30 °C. Ellei mitoitushetkellä ole tarkempaa tietoa, asennuslämpötilaksi otaksutaan +10 °C
- Rakenteen eri pintojen lämpötilaero on ±5 °C.

Sään vaikutukselle alttiina olevat rakenteet on mitoitettava Eurokoodi 1:n /12/ mukaisille lämpötilamuutos- ja lämpötilaerokuormille. Rautatunnelin suuaukoilla on kiinnitettävä erityistä huomiota kiskojen lämpötilamuutoksiin.

Lämpötilan vaihtelun aikariippuvuus ja käsittely kuormitusyhdistelmissä on määritettävä normien ja sillansuunnitteluohjeiden mukaan.

Minimilämpötilat voidaan otaksua edellä sanottua korkeammiksi ja lämpötilaero pienemmäksi, jos mittauksilla tai muulla luotettavalla selvityksellä niin voidaan osoittaa.

18.6.2.3 Kosteus

Tunnelin rakenteiden ja järjestelmien suunnittelussa on varauduttava 100 % suhteelliseen ilmankosteuteen (RH).

Tunnelin ja radan rakenteiden korroosioalttius on tutkittava.

18.6.2.4 Putoamiskuorma

Kalliopinnot on aina lujitettava siten, että irtolohkareiden putoamisvaara eliminoidaan. Rakenteita ei tarvitse mitoittaa putoamiskuormille, jos putoamiskuorman syntyminen on riittävällä varmuudella estetty lujitusrakenteilla.

Lujitus- ja verhousrakenteet mitoitetaan rakennetta vastaan kohtisuoraan vaikuttavalle 6 kN putoamiskuormalle, jos kalliotunnelin suunnittelun elinkaaren aikana on syytä epäillä kivien irtoamista kallioista. Putoamiskuorma on kalliossa kiinni olevalle lujitusrakenteelle staattinen kuorma, jonka vaikutusalue on 0,5 m x 0,5 m. Kalliopinna irti olevalle verhousrakenteelle putoamiskuorma on muuttuva, liikkuva ja dynaaminen kuorma, jonka jakautumispinta on 0,2 m x 0,2 m.

18.6.2.5 Varusteiden ja laitteiden kiinnitysosien kuormat

Rautatietunnelin varusteiden ja laitteiden kiinnitysosien kuormat on määritettävä tapauskohtaisesti ottaen huomioon varusteiden ja laitteiden painon lisäksi liikenteen aiheuttamat painekuormat sekä laitteiden ja varusteiden käytöstä aiheutuvat dynaamiset kuormat.

Varustekohtaisten kuormien ohella otetaan huomioon seuraavat ohjeet:

- Yhtenäiset asennukset, kuten kaapelihyllyt tai valaisinkiskot, on mitoittettava vähintään hyötykuormalle 1 kN/m.
- Yksittäinen kiinnitysosa on mitoittettava vähintään 5 kN hyötykuormalle.
- Yli 5 kN painoisten rakenteiden kiinnitys yhdellä kiinnitysosalla ei ole sallittua

Sähköistyslaitteiden ripustusten kuormat on määritettävä tapauskohtaisesti.

Varusteiden kiinnitys on mitoittettava niin, että yhden kiinnityksen vaurioituminen tai pettäminen ei aiheuta jatkuvaa asennusten sortumista. Kiinnityksen vaurioituminen katsotaan vaaratilanteeksi.

Varusteiden kiinnityksiä ei saa tehdä siten, että ne vaurioittavat verhousrakenteessa kulkevia salaojia.

18.6.2.6 Törmäyskuormat

Kantavat rakenteet on mitoittettava törmäyskuormille tapauksesta riippuen rakenteiden kuormitusohjeiden tai rautatiesiltoja koskevien suunnitteluohjeiden mukaan. Törmäyskuormat ovat onnettomuuskuormia.

Ratatunnelin suuaukkorakenteita ei tarvitse mitoittaa törmäyskuormille, jos rakenteet eivät tue sellaisia rakenteita, rakennuksia tai maamassoja, joiden sortuminen voi aiheuttaa vaaraa tai tukkia tunnelin, tai jos rakenteeseen törmääminen on estetty.

Ratatunnelin poikkileikkauksessa sijaitsevat sekundääriset rakenteet on mitoittettava staattisesti vaikuttavalle pistekuormalle 20 kN, jonka vaikutuspinta on mielivaltaisesti sijoitettu ympyrä Ø 0,1 m. Kuorman arvon on oltava 50 kN sellaiselle seinälle tai pilarille, joka erottaa ratatunnelin muusta tilasta.

Törmäysriskiä kantaviin rakenteisiin tulee aina pyrkiä vähentämään rakenteellisin ratkaisuin.

18.6.2.7 Räjähdysspainekuormat

Kantavat ja osastoivat rakenteet sekä keskeisten turvallisuuteen liittyvien varusteiden tukirakenteet on mitoitettava tunnelissa tapahtuvalle räjähdyskuormalle taulukon 18.6:1 luokittelua noudattaen. Räjähdysspainekuormat ovat onnettomuuskuormia.

Taulukko 18.6:1 Palo- ja räjähdysmitoituksen lähtökohtainen laajuusvalintataulukko

| | BETONITUNNELIT | | KALLIOTUNNELIT* | |
|----------------------|--|---|--|----------------|
| | Päällerrakentamista, joka voi vaurioitua tunneli-onnettomuudessa katastrofaalisin seurauksin | Ei päällerrakentamista, joka voisi vaurioitua tunneli-onnettomuudessa katastrofaalisin seurauksin | Päällerrakentamista alueella, jossa kalliokaton kestävyys ei välttämättä riitä estämään sortumista onnettomuus-tilanteessa | Muut tapaukset |
| Deflagraatiomitoitus | KYLLÄ | KYLLÄ | KYLLÄ | EI |
| Detonaatiomitoitus | EI | EI | EI | EI |
| Palomitoitus | HCM 180 | HCM 120 | HCM 180 | HCM 120 |

* Kalliotunneleiden oletetaan Suomessa oleva pääosin siten rakennettuja, ettei niiden sortuminen ole todennäköistä voimakkaassakaan palossa tai deflagraatiossa.

Lähtökohtaisesti betonitunnelin kantavat rakenteet on mitoitettava deflagraatiolle. Jos betonitunnelin päälle ei rakenneta ja tunnelissa kulkevat liikennemäärät ovat vähäiset, voidaan hankekohtaisesti arvioida räjähdyspainemitoitusta erikseen.

Kalliotunnelin kantavia rakenteita ei lähtökohtaisesti mitoiteta deflagraatiolle. Päällerrakennettavan kalliotunnelin kestävyys deflagraatiolle tulee kuitenkin osoittaa ohuen kalliokaton alueilla, joissa kalliokaton paksuus on alle 5 metriä, tai silloin, kun kalliokaton paksuuden suhdetunnelin jänneväliin on pieni. Kestävyys on osoitettava kallioteknisellä mitoituksella tai deflagraatiomitoituksella.

Lähtökohtaisesti tunneleita ei mitoiteta detonaatiolle.

Tunnelien räjähdyspainemitoituksen paineiden ja niiden kestoaikojen ohjeelliset mitoitusravot on esitetty taulukossa 18.6:2.

Taulukko 18.6:2 Deflagraation ja detonaation painekuormat ja kestoajat

| | Paine (kPa) | Kesto aika (ms) |
|---------------------|-------------|-----------------|
| Deflagraatio | +100 | 50 |
| Detonaatio | ±500 | 5 |

Taulukossa 18.6:2 esitetyt painekuormat ovat dynaamisia. Dynaamisen mitoituksen sijaan rakenteet voidaan mitoittaa käyttämällä staattista korvauskuormaa. Tällöin dynaaminen mitoitukskuorma on muunnettava staattiseksi korvauskuormaksi kertomalla paineen arvo dynaamisella kuormakertoimella ϕ . Ilman kertoimen laskennallista määritystä on käytettävä dynaamisen kuormakertoimen arvoa 2,0. Positiivinen paine kuvaa räjähdyspisteessä ulospäin suuntautuvan räjähdysvaihetta ja negatiivinen paine päinvastaisen suuntaista räjähdysvaihetta jälkeä vaikuttavaa imupainetta.

Suunnittelija voi vähentää räjähdyspaineekuormien arvoa lineaarisesti 10 m etäisyydellä tunnelin suuaukoista, avoimista kuiluista tai muista suurikokoisista rakenteellisesti avoimista aukoista siten, että aukon kohdalla räjähdyspaineen arvo pienenee nollaan. Räjähdyspaineekuormien pienentäminen on mahdollista myös aukollisen rakenteen takana olevalle rakenteelle. Aukollinen rakenne voi olla esimerkiksi rautatietunnelien välisen keskiseinän korvaava rivi pilareita, joiden väleistä räjähdyspaine pääsee leviämään.

Deflagraatiossa varsinaisen imukuorman sijaan on otettava huomioon dynaamisen kuorman jälkeinen vastaimpulssikuorma. Kuorman suuruus on arvioitava tapauskohtaisesti ottaen huomioon muun muassa tunnelin ja sen mahdollisten täyttökerrosten rakenne. Vastaimpulssikuorman maksimiarvoa voidaan käyttää deflagraation painekuormien arvoa.

Deflagraatiossa räjähdyspaineen oletetaan vaikuttavan koko ratatunnelin pituudella kaikkiin sisäpintoihin samanaikaisesti. Detonaation huippupaineen oletetaan vaikuttavan 10 metrin etäisyydellä räjähdyspisteestä samanaikaisesti kaikissa ratatunnelin sisäpinnoissa koko pituudelta. Positiivinen ja negatiivinen vaihe tarkastellaan erillisinä tapahtumina.

18.6.2.8 Lisäkuormat

Suuaukkorakenteiden ja muiden maan- tai vedenpaineen kuormittamien rakenteiden mitoituksessa on huomioitava mahdollinen ylitäyttö sekä vedenpinnan alin ja ylin mahdollinen korkeusasema.

Maanpaineen lisääntyminen rakenteen siirtymisestä maata vastaan on huomioitava.

Maanpinnalla vaikuttaa vähintään 4 kPa muuttuva liikkuva kuorma, ellei muu hyötykuorma ole tätä suurempi. Tämän pintakuorman vaikutus maanpaineeseen on huomioitava.

Rakennusaikaiset lisäkuormat on huomioitava rakenteiden mitoituksissa.

18.6.2.9 Osavarmuusluvut ja kuormitusyhdistelyt

Kuormitusyhdistelyt tehdään Eurokoodien ja niiden kansallisten liitteiden (LVM) sekä Liikenneviraston eurokoodien soveltamisohjeiden mukaisesti.

18.6.3 Vedeneristys

Tunnelitilat on tiivistettävä ja varustettava sellaisilla vedeneristysrakenteilla, että haitallisia vesivuotoja ei esiinny valmiissa tunneleissa. Jäätymiselle alttiissa kohdissa sekä kiskojen ja sähköistyslaitteiden yläpuolella ei saa esiintyä vuotoja ollenkaan. Vedeneristysmateriaalien lujuus-, muodonmuutos-, sään-, lämmön- ja palonkesto- sekä vanhenemisominaisuuksista tulee dokumentoida selvitys.

18.6.4 Rakennetekninen mitoitus

18.6.4.1 Suunnitteluohjeet ja määräykset

Rautatietunnelin rakenteet suunnitellaan noudattaen kansallisia ja eurooppalaisia suunnittelustandardeja. Näiden viranomaismääräysten lisäksi noudatetaan kunkin rakennusmateriaalin normeja, suunnitteluohjeita ja standardeja. Suunnitteluvaatimuksia eri rakenteille on lisäksi RATOn muissa osissa sekä muissa Liikenneviraston ohjeissa.

Rakenteiden suunnitteluvaatimukset noudattavat ohjeita ja vaatimuksia seuraavassa järjestyksessä:

1. Liikenteen turvallisuusviraston (Trafin) määräykset
2. Liikenneviraston antamat hankekohtaiset suunnitteluperusteet
3. Eurokoodit ja niiden kansalliset liitteet (LVM)
4. Liikenneviraston eurokoodien soveltamisohjeet (NCCI-sarja)
5. Liikenneviraston muut ohjeet (esim. tämä ohje)

Viranomaismääräysten, standardien, normien ja ohjeiden lisäksi noudatetaan jäljempänä annettuja, edellä mainittuja ohjeita ja vaatimuksia täydentäviä ohjeita.

Rakennelaskelmat on laadittava voimassaolevien taitorakenteiden/siltojen rakennelaskelmaohjeiden mukaisesti.

Käytetyt rakenneanalyysit ja rakennemallit on kuvattava rakennelaskelmissa. Analyysimenetelmien tulee olla ohjeiden tai yleisesti hyväksytyjen periaatteiden mukaisia.

Murtorajatilojen laskelmat on laadittava Liikenneviraston voimassaolevien materiaali-kohtaisten eurokoodien soveltamisohjeiden mukaisesti.

Käyttörajatilojen mitoitus on tarkastettava Liikenneviraston voimassaolevien materiaali-kohtaisten eurokoodien soveltamisohjeiden mukaisesti.

18.6.4.2 Käyttöikä

Kantavien rakenteiden suunnitteluperusteena on oltava 100 vuoden suunniteltu käyttöikä.

Ei-kantavien sisärakenteiden suunnitteluperusteena on oltava 50 vuoden suunniteltu käyttöikä.

Laitteiden tukirakenteiden suunnitteluperusteena on oltava 30 vuoden suunniteltu käyttöikä.

18.6.4.3 Väsytystarkastelut

Tunnelin kantaville rakenteille on tehtävä tarvittaessa väsytyksimitoitus NCCI 1:stä soveltaen.

Tunnelin verhousrakenteelle ja varusteille, sekä niiden kiinnikkeille aiheutuu ilmanpaineen vaihteluista merkittäviä väsyttäviä rasituksia. Mitoitus väsymisen suhteen on tehtävä eurokoodin SFS-EN 1993-1-9 periaatteita noudattaen tässä esitettyjen tarkennusten mukaisesti.

Jännitysjaksojen lukumäärä väsytyksimitoitusta varten on selvitettävä hankekohtaisesti ottaen huomioon rakenteen ominaisuudet, liikennemäärä ja rakenteen käyttöikä.

Yksinkertaistetun rakenteen (yleensä teräksisen kiinnikkeen) käyttöikää väsytystarkastelussa voidaan pitää rajattomana, mikäli ilmanpaine kuormasta aiheutuva käyttötilan rasitus on aksiaalirasitusta, ja sen aiheuttama jännitysvaihteluväli on suuruudeltaan pienempi kuin pultin alempi väsymisraja eurokoodin SFS-EN 1993-1-9 mukaisesti. Alempi väsymisraja on jaettava tässä tapauksessa osavarmuusluvulla 1,0. Väsyttävän kuorman osavarmuusluku on 1,0.

Ilman tarkempia selvityksiä rakenne- tai harjateräspultin vetokestävyyden väsytyksiluokka on SFS-EN 1993-1-9 mukaisesti 50 MPa ja sen alempi väsymisraja 20MPa.

Yksinkertaistettu tarkastelu on tehtävä seuraavasti:

- Vedetylle pultille on laskettava tuleva ilmanpaineineen huippu- ja minimiarvojen aiheuttama jännitysvaihteluväli
- Jännitysvaihteluväli on rajoitettava vedetyn pultin alemman väsymisrajan laskenta-arvoon
- Lisäksi on otettava huomioon, että vedetylle kierteitetylle pultille on käytettävä jännityksen laskennassa tehollista pinta-alaa ja pienet pääasiassa epätarkkuuksista johtuvat taivutusrasitukset voidaan jättää tässä tarkastelussa huomiotta.

Väsytyksjaksojen lukumäärä ja painekuormien kehittyminen tunneliaukoissa voidaan määrittää myös edellä mainittua tarkemmin. Väsymiskestävyys voidaan määrittää tällöin SFS-EN 1993-1-9 liitteen A kumulatiiviseen vauriosummaan perustuen. Tällöin kestävyys osavarmuuslukuna on käytettävä arvoa 1,15.

18.6.4.4 Onnettomuustilanteet

Onnettomuustilanteina käsitellään eurokoodin SFS-EN 1991-1-7 tarkoittamia törmäys- ja räjähdysmitoitustilanteita. Paloteknistä mitoitusta käsitellään erikseen kappaleessa 18.6.6.

Onnettomuusmitoitustilanne on murtorajatila. Onnettomuustilanteessa materiaalien sekä kuormien osavarmuuslukuina voidaan käyttää arvoa 1,0. Rakenneanalyysissä sallitaan kuormien jakautuminen uudelleen sekä plastisuusteorian hyödyntäminen.

Räjähdystilanteen mitoituksessa on sovellettava eurokoodia SFS-EN 1991-1-7 seuraavien periaatteiden mukaisesti:

- Tunnelin sekundääriset rakenteet sekä varusteiden ja laitteiden kiinnitysosat saavat vaurioitua
- Varusteisiin ja laitteisiin kuuluvat yhdyskäytävään tunnelista johtavat ovet eivät saa sortua deflagraation voimasta, mutta niiden tiiveys saa osittain heikentyä.
- SFS-EN 1991-1-7 kohdan 5.3 (1) P mukaisesti kantavien rakenteiden jatkuva sortuma tulee estää.
- Räjähdys saa aiheuttaa suuria muodonmuutoksia, mutta ei sortumaa.
- Yhdyskäytävän ja rautatietunnelin välisen seinän tiiveys saa heikentyä vain osittain.
- SFS-EN 1991-1-7 kohdan 5.3 (8) mukaisesti ylipainetta seuraa alipaine, mikä otetaan huomioon kappaleen 18.6.2.6 mukaisesti

Onnettomuustilanteiden mitoituksivaatimukset määritellään hankekohtaisesti. Tunnelin tyypistä riippuva räjähdyspaine kuormien mitoitustarve on esitetty taulukossa 18.6:1.

Taulukossa 18.6:3 on esitetty rakenneosajaottelu, jonka perusteella onnettomuustilanteiden mitoitustarkastelut on tarvittaessa tehtävä, mikäli hankekohtaisissa vaatimuksissa ei ole muuta määrätty.

Taulukko 18.6:3 Rakenneosien mitoitus onnettomuuskuormille

| Rakenneosa | Törmäyskuorma | Räjähdykskuorma |
|--|---------------|-----------------|
| Suuaukkorakenteet | Kyllä | Kyllä |
| Betoni- ja terästunnelien kantavat rakenteet | Kyllä | Kyllä |
| Verhousrakenne | Ei | Ei |
| Yhdyskäytävien ja -tunneleiden ei-kantavat rakenteet | Ei | Ei |
| Kuilujen kantavat rakenteet | Ei | Ei |
| Kuilujen ei-kantavat rakenteet | Ei | Ei |
| Teknisten tilojen kantavat rakenteet ja ovet | Ei | Ei |
| Teknisten tilojen sekundääriset rakenteet | Ei | Ei |
| Huoltotilat | Ei | Ei |
| Valvomorakennus | Ei | Ei |
| Kantava kalliorakenne | Ei | Kyllä |
| Kallion lujitusrakenteet | Ei | Ei |
| Pohja- ja maatäyttörakenteet | Ei | Ei |
| Kaukalarakenteet (osana tunnelin suuaukkoa) | Kyllä | Ei |
| Tukimuurit (osana tunnelin suuaukkoa) | Kyllä | Ei |

18.6.5 Lämpötekkinen mitoitus

Uudet rautatietunnelit on suunniteltava siten, että routaeristeitä ei tarvita. Tämä edellyttää, että tunnelin suuaukko ja mahdollisesti sitä edeltävä kallioleikkaus louhitetaan niin syväälle, että routimattomien rakennekerrosten paksuus täyttää routimattomuudelle asetetut vaatimukset ja että kuivatus on riittävä ohjaamaan sade- ja valumavedet tunnelin suuaukolta.

Parannettavien tai uudistettavien ratatunnelien suuaukolla on aiheellista käyttää routasuojausta, jos routimattomien rakennekerrosten paksuus ei täytä routimattomuudelle asettuja vaatimuksia tai jos kuivatus ei riitä ohjaamaan sade- ja valumavesiä pois tunnelin suuaukolta. Tällöin routasuojaus ulotetaan yleensä noin 5–10 metriä tunnelin suuaukolta tunneliin. Tätä syvemällä tunnelissa peruskalliosta johtuva lämpö estää alimpia rakennekerroksia jäätymästä.

Jäänmuodostus tunnelitiloissa on estettävä. Rakennevaurioita tai routimista aiheuttava tai liikennöintiä, huoltoa, kunnossapitoa ja laitteita haittaava jäänmuodostus rakenteissa ja rakennekerroksissa tulee estää. Kuivatus- ja viemärintijärjestelmien ja -laitteiden jäätyminen tulee estää. Kylmien pakkasjaksojen vaikutus kaikkiin tunneliin sijoitettaviin laitteisiin ja järjestelmiin on arvioitava.

Jäätyminen on estettävä käyttämällä riittävän paksuja rakennekerroksia, lämmöneristeitä ja/tai sähkölämmitystä tai lämpökatkoja (ovet, lämpöverhot) tai näiden yhdistelmiä. Myös ilmanvaihtopuhaltimien oikealla käytöllä ja kuilujen ja ilmanvaihtokanavien sulkemisella pakkaskaudella voidaan alentaa tunnelin sisäilman pakkasmäärää. Rajoitettaessa ilmanvaihtoa ja paineentasausta on mittauksilla tarkistettava, etteivät ilmanvirtausnopeudet ja -paineet matkustajatiloiissa muodostu vaatimuksia suuremmiksi.

Lämmöneristeet on mitoitettava pakkasmäärälle F50. Jos mittauksilla tai muulla luotettavalla tavalla voidaan osoittaa, että tunnelin sisäilman pakkasmäärä on pienempi kuin ulkoilman pakkasmäärä, voidaan tunnelin lämmöneristeiden mitoituksessa käyttää sisäilman mitoituspakkasmäärää F50T.

Lämmöneristysmateriaalien lujuus-, muodonmuutos-, sään-, lämmön- ja palonkestosekä vanhenemisominaisuuksista tulee dokumentoida selvitys.

18.6.6 Palotekninen mitoitus

18.6.6.1 Yleistä

Rakenteiden palotekninen mitoitus on tehtävä eurokoodien ja niiden kansallisten liitteiden mukaisesti noudattaen tässä ohjeessa annettavia erityisohjeita ja -vaatimuksia. Palomitoitus voidaan tehdä ohjeiden mukaisille yksinkertaistetuilla tarkasteluilla tai kattavilla analyyseillä kyseiselle palokuormalle soveltuvin osin. Betonirakenteen kantavuuden varmistamisen ohella oleellista on betonipinnan räjähdysmäisen lohkeilun rajoittaminen.

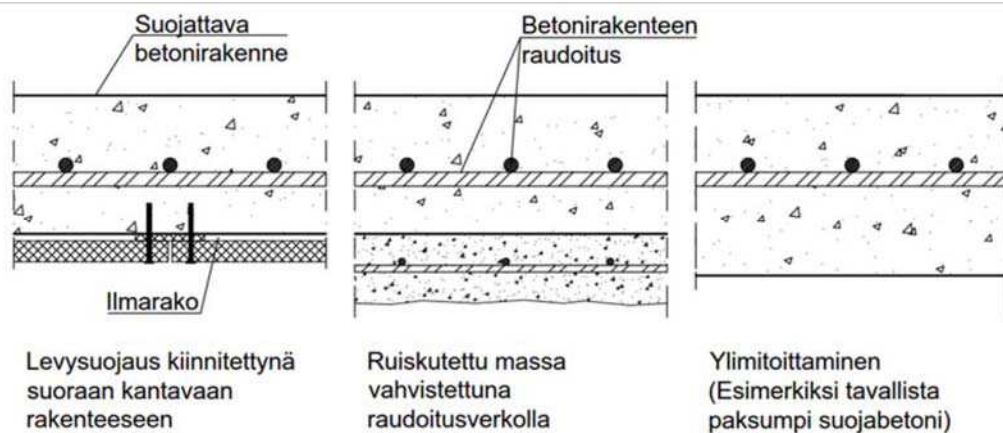
Tunnelissa palosuojattavat rakenteet on esitetty taulukossa 18.6:4. Palomitoituksessa on noudatettava taulukon 18.6:1 luokittelua.

Palomitoituksessa on noudatettava seuraavia periaatteita:

- Kantavat rakenteet eivät saa vahingoittua niin, että ne täytyy uusida. Lievät pinnan korjausta edellyttävät vauriot ovat hyväksyttäviä.
- Tunnelin rakenteiden jatkuva sortuma tulee estää.
- Palotilanne saa vaurioittaa verhousrakennetta niin, että se täytyy uusida. Verhousrakenteen raudoiteverkon maksimilämpötila on 600 °C. Verhousrakenteen takana olevat materiaalit eivät saa syttyä verhousrakenteen betonisen suojakuoren lämpötilan nousun seurauksena.
- Palosuojamateriaali saa vahingoittua niin, että se täytyy uusida.
- Eristemateriaalin lämpötila ei saa nousta 60 minuutin palon aikana niin korkeaksi, että eristemateriaalista vapautuu ihmisille haitallista savua, kaasua tai nestettä. Eristemateriaali ei saa kuumentua syttymislämpötilaan.

Palolle alttiin betonin räjähdysmäistä lohkeilua on rajoitettava mikropolymeerikuiduilla tai jollain muulla toimivaksi osoitetulla menetelmällä. Räjähdysmäistä lohkeilua rajoitetaan lisäämällä seinän yläosan (3 m radan korkeusviivasta) ja holvin betoniin mikropolymeerikuituja. Valmiissa rakenteessa on tällöin oltava vähintään 2 kg/betoni-m³ SFS-EN 14889-2 mukaisia mikropolymeerikuituja. Mikropolymeerikuidut eivät ole palosuojausmenetelmä.

Kantavat betonirakenteet on palosuojattava. Palosuojaus voidaan toteuttaa kuvan 18.6:1 mukaisesti ensisijaisesti palosuojalevyillä tai ruiskutettavalla palosuojamassalla tai toissijaisesti ylimitoittamalla. Betonirakennetta ylimitoitettaessa on huomioitava betonin räjähdysmäisen lohkeilun rajoittaminen.



Kuva 18.6:1 Betonirakenteen palosuojausmenetelmiä

Palosuojaukseen käytettäville tuotteille ja niiden kiinnikkeille sekä kiinnitysmenetelmille on haettava Liikenneviraston hyväksyntä hankkeen projektipäälliköltä tai Liikenneviraston rautatietunnelien turvallisuusvastaavalta.

Palosuojarakenteen kiinnityksen on täytettävä koko rakenteelle asetetut palonkestovaatimukset. Palosuojarakenteen on kestävä ulkoilman kosteutta ja huoltotoimenpiteitä. Palosuojalevyt on kiinnitettävä ilman valukiinnitystä mekaanisilla kiinnikkeillä.

Taulukko 18.6:4 Ratatunnelin rakenneosien palosuojausvaatimukset.

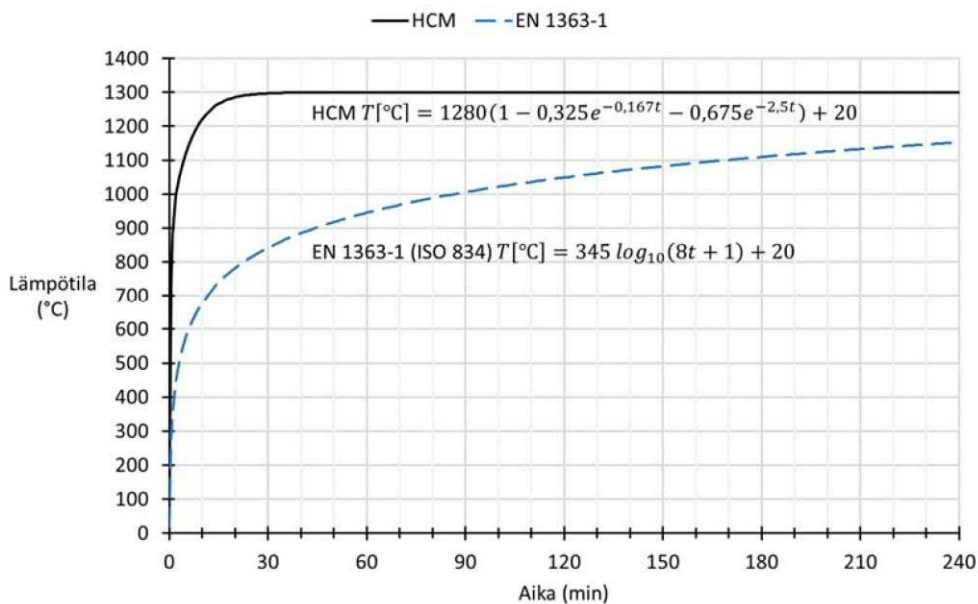
| Rakenneosa | Palosuojaus vaaditaan | Palonkestovaatimus |
|--|--------------------------|---|
| Suuaukkorakenteet | Kyllä | HCM180 - Jos sortuminen voi aiheuttaa ulkopuolisen rakennuksen tai ulkopuolisen kantavan rakenteen sortumisen |
| | | HCM120 - Muut tapaukset |
| Betoni- ja terästunnelien kantavat rakenteet | Kyllä | HCM180 - Jos sortuminen voi aiheuttaa ulkopuolisen rakennuksen tai ulkopuolisen kantavan rakenteen sortumisen - Upotetuissa ja kelluvissa tunneleissa |
| | | HCM120 - Muut tapaukset |
| Tunnelin seinän alaosa 3 m korkeuteen asti | Ei | |
| Osastoivat rakenteet | Kyllä | EI120 (EN 13501-2) |
| Poistumisreitit | Kyllä | EI120 (EN 13501-2) |
| Osastoivat ikkunalliset ja ikkunattomat ovet | Kyllä | EI120 (EN 13501-2) ¹ |
| Yhdyskäytävien kantavat rakenteet ja ovet | Kyllä | EI120 (EN 13501-2) |
| Yhdyskäytävien ei-kantavat rakenteet | Ei | |
| Verhousrakenne | Kyllä | HCM60 ² |
| Verhousrakenteissa olevat tarkastusluukut ja ovet | Kyllä | EI60 (EN 13501-2) |
| Kuilujen kantavat rakenteet | Kyllä | EI120 (EN 13501-2) |
| Kuilujen ei-kantavat rakenteet | Ei | |
| Tekniset tilat | Ei | |
| Teknisissä tiloissa olevat turvallisuuteen liittyvät rakenteet | Kyllä | EI120 |
| Kallio ja kallion lujitusrakenteet (kalliorakennesuunnittelu) | Ei | |
| Pohja- ja maatäyttörakenteet | Ei | |
| Kaukalorakenteet (osana tunnelin suuaukkoa) | Ei | |
| Tukimuurit (osana tunnelin suuaukkoa) | Ei | |

| | | |
|--|--|---|
| Raskaiden varusteiden tai palotilanteen hallintaan tarvittavien järjestelmien kiinnitykset (esimerkiksi ilmanvaihto- ja savunpoistopuhaltimet, sammutus- ja savunpoistojärjestelmät) | Kyllä | Kestettävä sortumatta +600°C 120 min ajan |
| Suojabetonikuori | Eristeen puoleisen pinnan lämpötila HCM60-palossa ei saa ylittää eristeen vaurioitumislämpötilaa, jos rakenteen lämmöneriste eristäväältä osaltaan ei täytä B-s1, d0-luokan vaatimuksia. | |
| Läpiviennit | Liittyvien rakenneosien mukaan (korkeampi vaatimus, mikäli eriävät vaatimukset) | |
| ¹ Pelastautumisajan laskennassa ovien palonkestoajat voidaan summata, jos niin päätetään hankkeessa. Tällöin esimerkiksi yhdyskäytävän molemmissa päässä olevat EI60-luokitettut ovet täyttävät yhdessä ratatunneleiden välisen EI120-vaatimuksen. ² HCM 60 -rakenteen tulee säilyttää kantavuus 60 minuuttia kestävän HCM-tulipalon aikana | | |
| EI-palonkestävyysvaatimukset perustuvat standardin EN 1363-1 palokäyrään | | |

18.6.6.2 Vaatimukset

Palomitoitusvaatimuksia on koottu taulukoihin 18.6:1, 18.6:2 ja 18.6:3. Rakenneosan kuuluessa useampaan kuin yhteen kategoriaan käytetään vaativinta palonkestovaatimusta. Rakenteiden palotekninen mitoitus perustuu kuvassa 18.6:2 esitettyihin HCM- ja SFS-EN 1363-1 -aika-lämpötilariippuvuuksiin.

Tunnelin riskienarvioinnin perusteella voidaan anoa Liikennevirastolta lupaa poiketa tässä ohjeessa esitettyistä palomitoitusvaatimuksista, jos voidaan osoittaa, että tunneli on tarkoituksenmukaista mitoittaa esimerkiksi jonkin muun palokäyrän mukaisesti.



Kuva 18.6:2 Aika-lämpötilayhteys HCM- ja EN-1363-1 -palokäyrät

Rakenteiden läpiviennit ja saumat on tehtävä ja tiivistettävä ko. rakenteen palonkestoaikaa vastaaviksi. Osastoivissa rakenteissa olevien palonrajoittimien palonkestävyysvaatimus on sama kuin osastoivan rakenteen vaatimus.

Verhousrakenteen ja kantavan kalliorakenteen välissä oleva ontelo ja siinä olevat lämmöneristeet on palo-osastoitava EI60-katkoilla siten, että palokatkojen keskinäinen etäisyys tunnelin pituussuunnassa on enintään 100 metriä. Yleensä palokatkojen välimatka sovitetaan yhdyskäytävien jakoon, joka voi esimerkiksi olla 200 metriä.

Palosuojaustuotteen (esimerkiksi palosuojalevy tai ruiskutettava palosuojamassa) palonkestoaika on osoitettava polttokokeeseen perustuvalla ilmoitetun laitoksen tai muun puolueettoman ns. kolmannen osapuolen polttokokeella. Polttokokeessa on mitattava lämpötiloja palosuojarakenteessa ja sen takana olevassa betonirakenteessa. Tulos on voimassa 10 vuotta hyväksytyt polttokokeen suorittamisesta, mikäli tuote ei ole muuttunut polttokokeen suorittamisen jälkeen.

Palosuojamattoman tunnelirakenteen palokestävyys on osoitettava polttokokeeseen perustuvalla ilmoitetun laitoksen tai muun puolueettoman ns. kolmannen osapuolen polttokokeella, jos hankkeessa niin päätetään. Polttokokeessa käytetyn koekappaleen on vastattava todellista rakennetta. Tulos on voimassa 5 vuotta hyväksytyt polttokokeen suorittamisesta, mutta sitä ei kuitenkaan tarvitse uusida saman tunnelin suunnittelu- ja rakentamisaikana.

Palosuojalevyjen ja ruiskutettavien palosuojamassojen irrottamisen on oltava paikallisesti mahdollista suojattujen rakenteiden tarkastamista varten. Rakennussuunnitelmassa on esitettävä vähintään luonnostasoisesti tapa, jolla rakenteen palosuojaus voidaan tavanomaisin menetelmin paikallisesti poistaa ja jälleen palauttaa. Palosuojalevyn kiinnittämisessä on käytettävä kiinnikkeitä, jotka voidaan poistaa levyä rikkomatta. Ruiskutettavan palosuojamassan adheesiotartunta kantavaan betonirakenteeseen voidaan estää paikallisesti esimerkiksi käsittelemällä betonirakenteen pinta tartunnan estävällä aineella tai kiinnittämällä adheesiotartunnan estävä kalvo ennen palosuojauksen ruiskuttamista. Näillä alueilla ruiskutettava palosuojamassa on kiinnitettävä palosuojattavaan rakenteeseen mekaanisilla ankkureilla ja verkkorauδοituksella.

18.6.6.3 Mitoitus

Rakenteiden palomitoituksessa noudatetaan seuraavia eurokoodeja ja niiden kansallisia liitteitä (YM):

- Betonirakenteet SFS-EN 1992-1-2
- Teräsrakenteet SFS-EN 1993-1-2
- Liittorakenteet SFS-EN 1994-1-2

Rakenteen on kestävä siihen palotilanteessa kohdistuvat kuormat vaaditun palonkeston ajan.

Mitoituksessa ei oteta huomioon mahdollisen aktiivisen sammutusjärjestelmän pienentävää vaikutusta.

Mahdolliset muutokset ja tarkennukset seuraavassa esitettyihin rakenteiden palonkestävyysvaatimuksiin määritellään tapauskohtaisesti poistumisaikalaskelmien ja riskienarvioinnin sekä pelastussuunnitelman perusteella. Palonkestovaatimuksiin vaikuttavat seuraavat seikat:

- liikennemäärä ja liikenteen tyyppi
- raiteisto
- liikkuva kalusto ja vaarallisten aineiden kuljetukset
- tunnelin poikkileikkauksen muoto ja sen muutokset sekä materiaalit
- tunnelin sijainti, pituus ja pituuskaltevuus
- ilmanvaihtojärjestelmä ja sen kapasiteetti
- palonsammutusjärjestelmä ja palonsammutuksen aiheuttaman jäähdytyksen vaikutukset rakenteisiin
- pelastustoimen henkilö- ja kalustoresurssit sekä saapumisaika ja valmistautumisaika toimintavalmiuteen
- tunnelin päällä olevat toiminnot ja rakenteet.

18.6.6.3.1 *Palosuojattu rakenne*

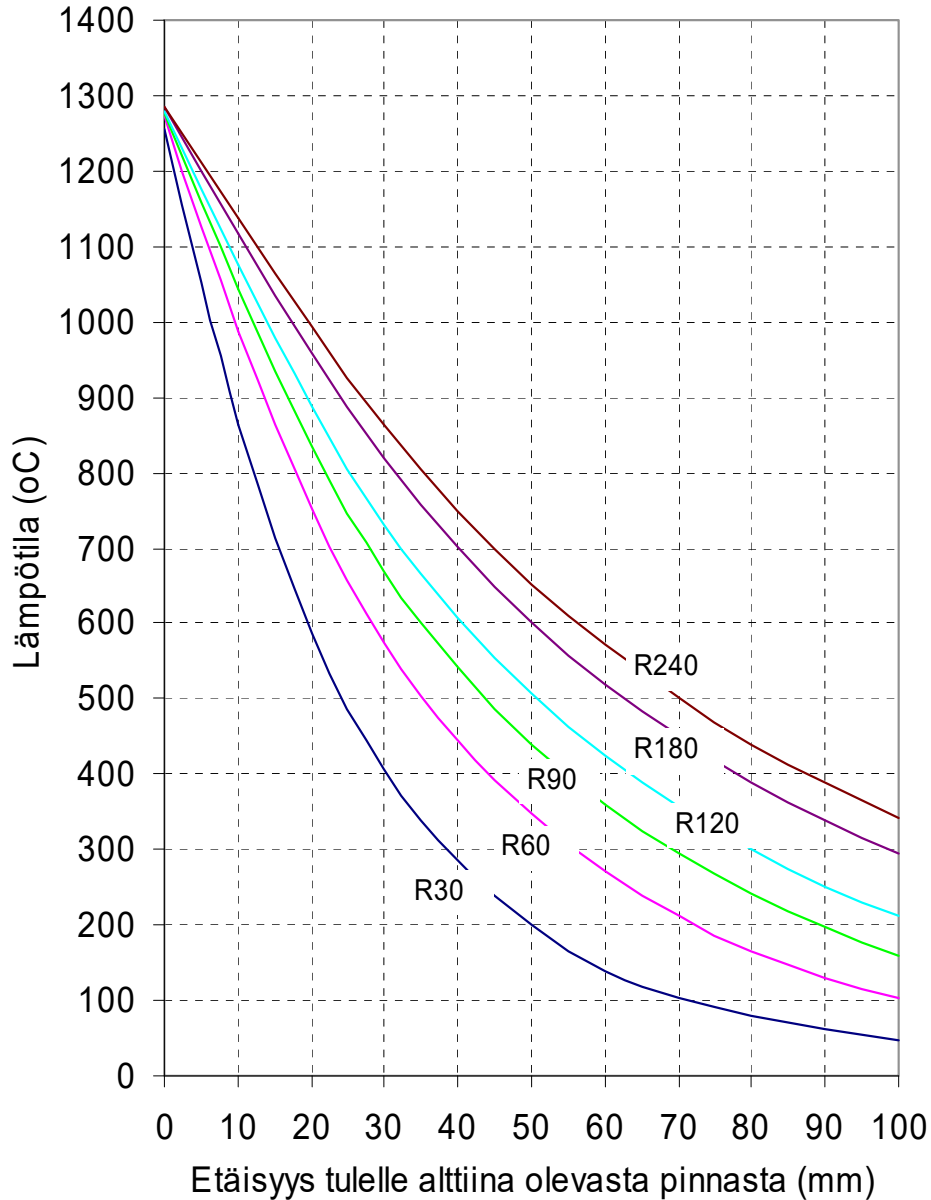
Palosuojarakenteen paksuuden mitoitus voidaan tehdä taulukon 18.6:5 materiaali-kohtaisten lämpötilarajojen mukaan. Palosuojarakenteen palonkesto on todistettava polttokokeilla, joissa koekappaleina käytetään rautatietunnelissa käytettävää tuotetta. Polttokokeet tehdään tunnelin palonkestovaatimuksen mukaan. Palosuojarakenne voidaan todeta riittäväksi eikä betonirakennetta tarvitse erikseen palomitoittaa, jos palosuojatun rakenteen materiaalien lämpötilat eivät ylitä taulukon 18.6:5 arvoja.

Taulukko 18.6:5 Rakennemateriaalien maksimilämpötilat

| Materiaali | Maksimilämpötila °C |
|-------------------|----------------------------|
| Betoni | 380 |
| Betonirauchoite | 250 |
| Jänneteräs | 200 |
| Rakenneteräs | 300 |

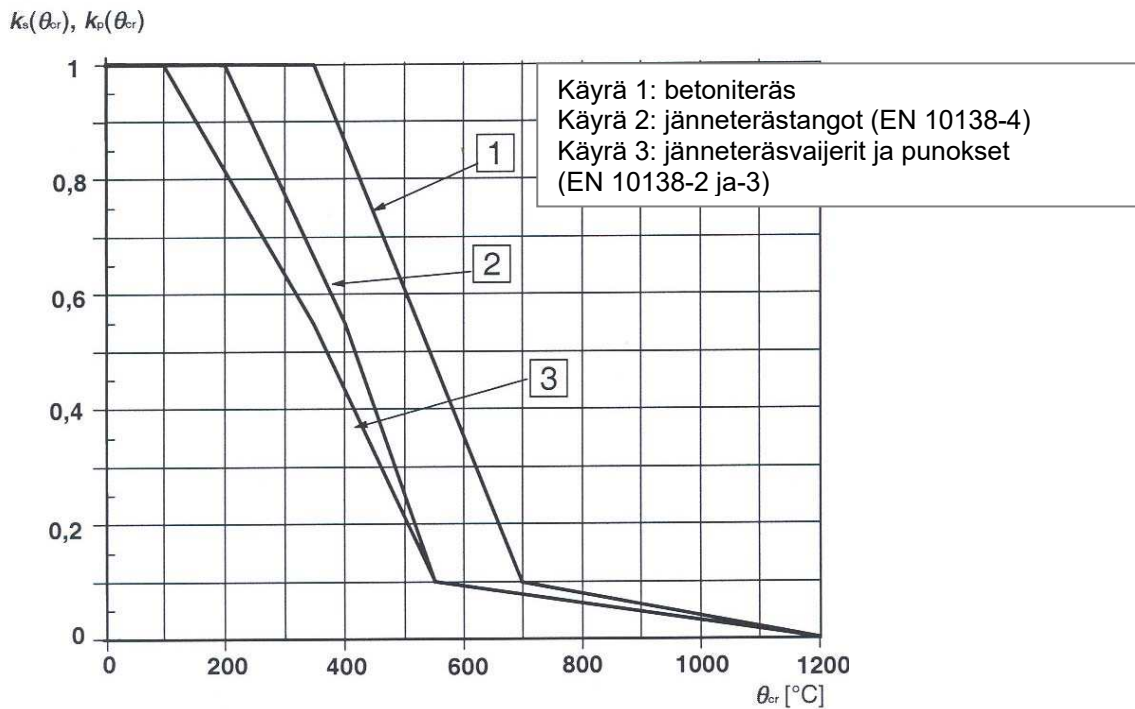
18.6.6.3.2 Ylimoitettun suojabetonikerroksen palonkestävyys

Laattamaisten teräsbetonirakenteiden terästen lämpötila tangon painopisteessä voidaan valita kuvan 18.6:3 mukaisesta käyrästä palonkestoajan mukaan.



Kuva 18.6:3 Lämpötilaprofiilit betonilaatoille palorasituksen ollessa HCM-käyrän mukainen. Betonin paksuus $h \geq 200$ mm, betonin kosteus $\geq 3,0$ % ja lämmönjohtavuus EN 1992-1-2:2003 ylärajan mukainen.

Betoniterästen lujuuden aleneminen lämpötilan noustessa saadaan kuvan 18.6:4 käyrästä.

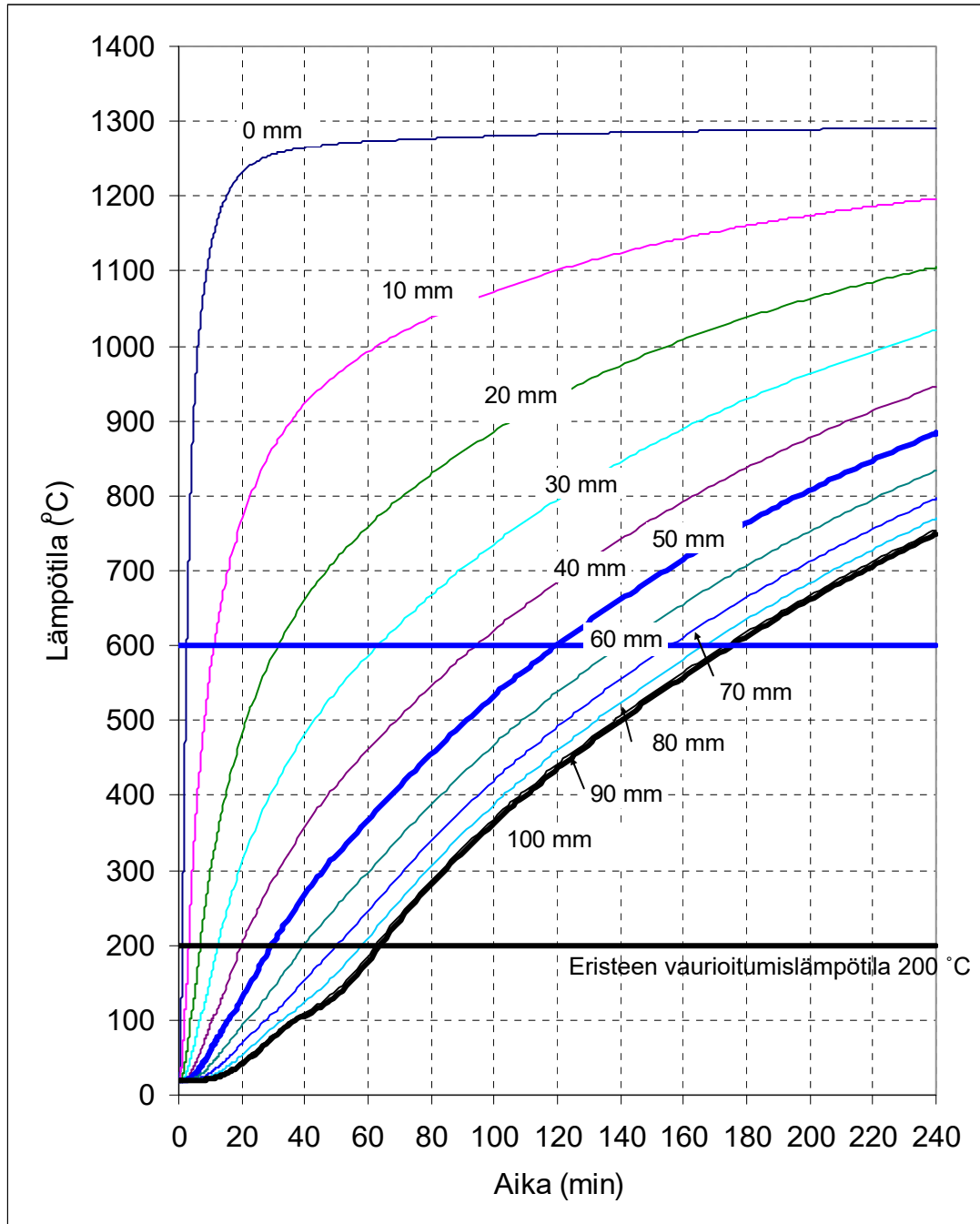


Kuva 18.6: 4 Betoniteräksen lujuuden aleneminen lämpötilan vaikutuksesta, EN 1992-1-2:2004 mukaan

Mitoitusehtona on, että terästen lämpötila pysyy vaaditun palonkestoajan kriittisen lämpötilan alapuolella. Kriittisessä lämpötilassa terästen alentunut lujuus vastaa palotilanteessa teräkseltä vaadittua lujuutta. Mitoituksessa osavarmuuskertoimet valitaan onnettomuustilanteen mukaan.

18.6.6.3.3 Lämmöneristeen suojabetonikuoren paksuuden mitoitus

Lämmöneristeen suojabetonikuoren paksuuden mitoitus rakenneosan eristeen puoleisen pinnan lämpötilan funktiona voidaan tehdä kuvan 18.6:5 käyrästä avulla.



Kuva 18.6:5 Betonisen rakenteen lämpötilat ajan funktiona eri etäisyyksillä tulenpuoleisesta pinnasta palorasituksen ollessa HCM-käyrän mukainen. Betonikuoren paksuus on 100 mm ja takapinnalla ei tapahdu lämmön siirtymistä. Betonirakenteen raudoitteen kriittiseksi lämpötilaksi on otaksuttu +600 °C ja betonikuoren takapinnan eristemateriaalin lämpötilaksi +200 °C

18.6.7 Kunnossapito- ja olosuhdekuormitukset

Rautatietunnelin rakenteiden, varusteiden ja laitteiden (mukaan lukien sähköistys- ja turvalaitteet), on kestävä kunnossapidon, puhtaanapidon ja tunnelissa vallitsevien ympäristöolosuhteiden aiheuttamat rasitukset suunnitteluperusteena olevan käyttöajan ajan. Ympäristörasituksista tulee erityisesti ottaa huomioon tunnelin sisäilman kosteus ja liikenteen päästöjen aiheuttamat rasitukset. Käytettävien materiaalien on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- Materiaalien on oltava pakkasenkestäviä. Betonin pakkasenkestävyysluokat määritellään sillansuunnitteluohjeita soveltaen. Tunnelin ulkopuolella olevien rakennusmateriaalien tulee lisäksi olla säänkestäviä.
- Materiaalien tulee olla korroosion ja ympäristöolosuhteiden kestäviä tai korrosio tulee muuten huomioida esimerkiksi pinnoituksilla tai korrosiovaralla.
- Materiaalien on kestävä toiminnallisessa kuvauksessa ja/tai riskienarvioinnissa edellytetty kemiallisten aineiden aiheuttama rasitus ja olla öljynkestäviä.
- Kemiallisen rasituksen ja öljynkeston vaatimukset koskevat erityisesti suuaukkorakenteita ja tunneliseinien alaosa sekä päällysteitä.
- Materiaalien on kestävä tarvittaessa tutkimuksilla selvitetty vuoto-vesien aggressiivisuus.
- Seinä- ja päällystemateriaalien on kestävä kunnossapidon puhtaanapito- ja pesurasitukset. Tunnelin puoleisen valmiin pinnan on kestävä korkeapainevesipesu.
- Ulkoilmaan rajautuvien rakenteiden on kestävä auringon UV-säteilyä.

18.6.8 Kävelykulkutie

Kävelykulkutien päällystemateriaalin on oltava palamatonta ja se tulee valita siten, että pinta on riittävän tasainen eikä pölyä junien aiheuttamien ilmavirtojen vaikutuksesta. Päällystemateriaalin käveltävyyteen on kiinnitettävä huomiota. Esimerkiksi karkea pesty murske täyttää nämä kriteerit.

Hankkeen suunnitteluperusteissa voidaan määrittää, että kävelykulkutien pinta on voitava puhdistaa imuroimalla (hakekuljetukset yms.). Imuroitavien pintojen laajuus määritetään tunnelikohtaisesti.

18.6.9 Kalliotunneli

18.6.9.1 Tutkimukset

Luvussa 18.6.1 esitettyjen vähimmäistutkimusten lisäksi kalliotunnelikohteen kallio-
perästä on tehtävä ainakin seuraavat tarkemmat tutkimukset:

- Kalliopinnan topografia on selvittävä kalliopaljastumien alueella maastomallimittauksilla sekä peitteisillä alueilla porakonekairauksilla. Tarpeen mukaan kallionpinnan korkeusasema voidaan selvittää myös seismisellä luotauksella ja sen edellyttämällä porakonekairauksilla. Mittaus- ja kairauspisteet sekä luotauslinjat määritetään tutkimusohjelmassa.
- Kalliopaljastumista ja kallioleikkauksista on tehtävä rakennusgeologinen kartoitus Rakennusgeologisen luokituksen ja/tai Q-lukujärjestelmän kallioluokituksen mukaisesti.
- Kallioperästä on tehtävä kallionäytekairauksia, joiden halkaisijan on oltava vähintään 40 mm. Lisäksi on tehtävä syviä porakonekairauksia sekä reikien videokuvauksia ja seismisiä luotauksia, joilla selvitetään yksityiskohtaisesti kallion laatu ja sen mahdolliset vaihtelut. Kairasydännäytteille on tehtävä rakennusgeologinen loggaus, jonka perusteella tulkitaan kalliolaatu. Kairasydännäytteiden rei'issä tehdään myös vesimenekki kokeet kallion vedenjohtokyvyn määrittämiseksi.
- Tulokset on esitettävä paikkatietomuodossa ja leikkauksilla, joihin on merkitty suunnitellun tunnelin/kalliotilan sijainti ja määritetyt kallio-
pinnan korkeusasemat mitta-alueella. Paikkatietoaineistoon on merkittävä kivilajialueet sekä heikkousvyöhykkeiden ja merkittävien rako-
jen sijainti ja suunnat.
- Tarvittaessa selvitetään kivilajien ja rakojen lujuus- ja muodonmuutos-
ominaisuudet laboratorioskokeilla (1- ja 3-aksiaaliskokeet, rakoleikkaus-
kokeet, vetolujuuskokeet).
- Kalliorakenteen stabiliteetin edellyttämiä kalliomekaanisia laskelmia ja lujitus-suunnitelmia varten tehdään tarvittavat tutkimukset.

18.6.9.2 Kalliomekaaniset analyysit

Kalliomekaanisten analyysien laajuus ja tarkkuustaso selvitetään hankkeen aikana. Mitoitusparametrit määritetään saatujen tutkimustulosten perusteella.

18.6.9.3 Kalliorakennustöiden suunnittelu

Kalliotilat jaotellaan Eurokoodi 7:n /13/ mukaisiin geoteknisiin luokkiin.

Louhinta-, tiivistysinjektointi- ja kallionlujitustöiden suunnitelmat on laadittava noudattaen edellä esitettyjä suunnitteluperusteita sekä InfraRYL-ohjeita /5/. Lujitus-suunnitelmien tulee perustua laskennallisiin menetelmiin.

Louhinta ja lujitus on tehtävä siten, että ympäristöriskit ja muodonmuutokset ovat hallinnassa ja valmiit kalliorakenteet ovat ehjiä ja stabiileja.

Kalliotunneli on tiivistettävä siten, että valmiissa kalliotiloissa ei esiinny haitallisia vesivuotoja. Orsi- ja pohjavesiolosuhteissa ei saa tapahtua ympäristölle haitallisia muutoksia. Sallitut vuotovesimäärät tunneliin määritetään hankekohtaisissa suunnitteluperusteissa.

Vuotovesimäärien seuranta on suunniteltava kohteeseen parhaiten soveltuvalla tavalla.

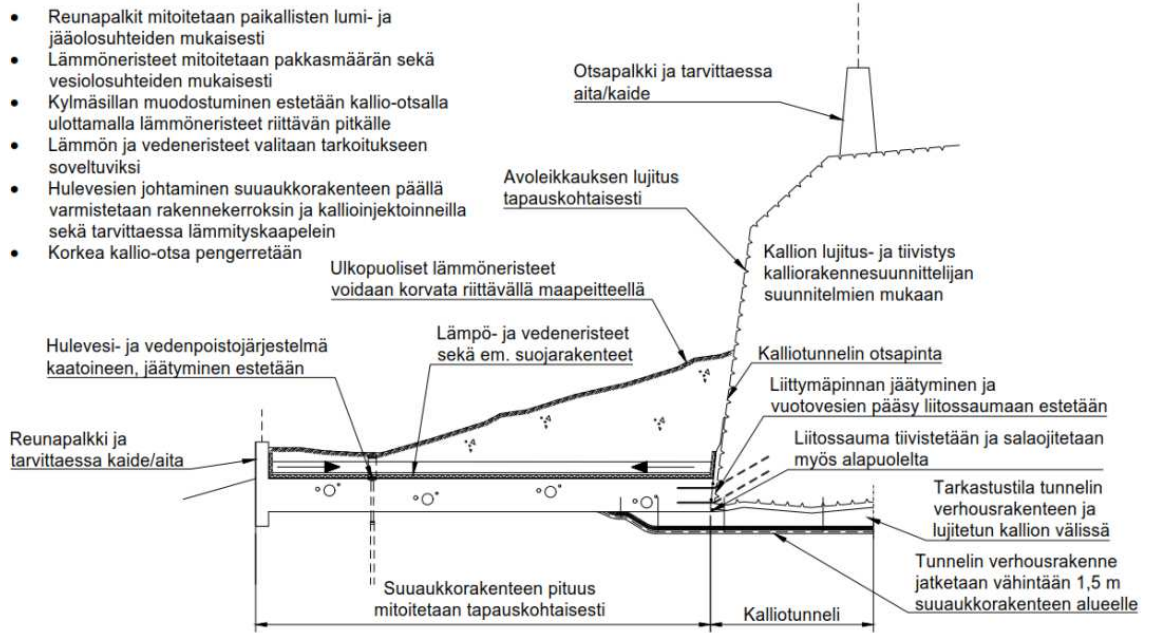
Tiivistysratkaisujen tehostamisella on valittava kullekin osa-alueelle parhaiten soveltuvat ja tiivistystavoitteita vastaavat kalliorakenteen tiivistysmenetelmät (injektointireikien porauskaaviot, injektointiainereseptit ja injektointipaine) sekä rakenteelliset tiivistysmenetelmät (vettä läpäisemättömämpi ruiskubetoni, ruiskutettavat tiivistysaineet, yms.). Tiivistysaineet eivät saa olla ympäristölle haitallisia, ja niiden haittomuus on selvitettävä ennen aineiden käyttöä. Käytetyt aineet ja ainemäärät on dokumentoitava.

18.6.9.4 Rakenteet

Tunnelin kalliorakenteet mitoittaa kalliorakennesuunnittelija.

Verhousrakenteet sekä kiinnitykset ja ankkuroinnit on suunniteltava siten, että vesivuoto- ja jäätymishaitat sekä niiden aiheuttamat rakenteiden ja laitteiden vauriot vältetään. Erityistä huomiota tulee kiinnittää vesivuotojen ja jäätyksen eliminointiin sähköistyslaitteiden yläpuolella. Kantavan rakenteen ja verhousrakenteen välisen tilan on oltava kauttaaltaan riittävän leveä siten, että rakenteet ja tekniset järjestelmät voidaan kauttaaltaan tarkastaa.

Jokaiselle tunnelisuuaukolle on suunniteltava sellaiset suuaukkorakenteet, joilla estetään maastosta valuvan veden, lumen tai jään pääsy raiteelle tai kosketuksiin ratateknisten tai muiden teknisten laitteiden kanssa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää sähköistyslaitteiden suojaamiseen. Suuaukkorakenteen pituus, reunapalkkien ja kaulusten korkeudet sekä lämmöneristeiden laajuudet ja paksuudet on mitoitettava tapauskohtaisesti pakkasmäärän sekä paikallisten vesi-, jää- ja lumiolosuhteiden mukaan. Erityistä huomiota tulee kiinnittää suuaukkorakenteiden ja kallion liitoskohtien vuoto- ja jäätymishaittojen eliminointiin. Lämpöeristetty verhousrakenteen on ulotettava kalliotunnelista liitoskohdan ohi suuaukkorakenteen sisään, elleivät erityiset syyt muuta vaadi. Tarvittaessa on käytettävä sähkölämmityskaapeleita. Rata-tunnelin suuaukkorakenteen periaateratkaisu on esitetty kuvassa 18.6:4.



Kuva 18.6:6 Ratatunnelin suuaukkorakenteen periaate, pituusleikkaus

18.6.9.5 Kuivatusjärjestelmä ja alusrakenne

Kalliotunnelin kuivatusjärjestelmä muodostuu tarpeen mukaan seuraavista osista:

- kalliopinnoille tehty ruiskubetonointi ja ruiskubetonin salaojat
- verhourakenteen veden- ja lämmöneristys
- radan rakennekerrokset
- salaojat, kuivatusvesiviemärit ja kaivot
- pumppaamot ja niiden paine johdot
- mittapadot
- verkostoliittymät, purkuputket maastoon ja vesistöön sekä mahdolliset avo-ojat suuaukoilla.

Kuivatusjärjestelmän suunnittelussa on noudatettava InfraRYL-julkaisua /5/. Järjestelmän on pidettävä alusrakenne kuivana vähintään eristyskerroksen (tai yhdistetyn EV-kerroksen) alapinnan tasoon. Ratatunnelin kuivatus on suositeltavaa toteuttaa 2-puolisuksena, jotta radan alle kulkeutuvien vesien määrä minimoidaan.

Kuivatusjärjestelmä on suojattava jäätymiseltä.

Alusrakenteet on suunniteltava siten, että rata ei roudi.

18.6.10 Betoni- ja terästunnelit

Betoni- ja terästunneleiden rakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa sekä kunnossapidossa noudatetaan silloista voimassa olevia määräyksiä ja ohjeita.

Pohjarakenteet ja kantavat rakenteet on suunniteltava noudattaen Liikenneviraston voimassa olevia sillansuunnitteluohjeita sekä käytettävien materiaalien normeja.

Kuivatus-, vedeneristys-, lämmöneristys- ja verhouksrakenteiden osalta on noudatettava sillansuunnitteluohjeita sekä soveltuvin osin kalliotunneleita koskevia määräyksiä ja ohjeita.

18.6.11 Erikoismenetelmillä rakennettavat tunnelit

Erikoismenetelmillä rakennettavia tunneleita käsitellään tässä ohjeessa vain hyvin lyhyesti käsitteiden ja menetelmien selventämiseksi. Suunnittelijan on tarvittaessa hankittava erikoistunnelia koskevat tarkemmat tiedot, määräykset ja ohjeet.

18.6.11.1 Maatunnelit

Rakentamismenetelmiä ovat mm:

- kilpimenetelmä teräs- tai teräsbetonikaarielementtejä käyttäen
- kattoholvin esipaalutus
- poraus suuriläpimittaista teräsputkea käyttäen
- paineistusmenetelmä
- maan jäädytys ja/tai stabilointi siten, että tunneli voidaan kaivaa ja varustaa kantavilla runkorakenteilla maanalaisena työnä.

Maamassojen poisto tapahtuu kaikissa tapauksissa tehdyn tunneliosuuden sisäpuolelta.

18.6.11.2 Upotetut ja kelluvat tunnelit

Upotettuja ja kelluvia tunneleita käytetään vesistön alituksissa.

Kummassakin tapauksessa vesistön alitus tehdään tunnelielementeistä, jotka valmistetaan kuivatelakalla ja varustetaan väliaikaisilla vesitiiviillä päätyseinillä sekä uuteen rakennuspaikalle ja upotetaan lopullisille paikoilleen etukäteen tehdyille perustuksille. Elementit liitetään toisiinsa veden alla vesitiiviillä ja vedenpaineen kestäväillä saumarakenteilla. Tunneli suojataan laiva- ja veneonnettomuuksien sekä pohjaa laahaavien ankkureiden ja kalastusvälineiden varalta. Noste eliminoidaan tunnelin omapainolla ja/tai pysyvillä ankkureilla tai vetopaaluilla pohjaan.

18.6.12 Ratatunnelin suuaukkojen ympäristö

Ratatunnelin suuaukoille on aina oltava ajoyhteys pelastusajoneuvoja varten.

Ratatunnelin suuaukot on aidattava siten, että ihmisten tai eläinten putoaminen avoleikkaukseen tai raiteille on estetty.

Ratatunnelin kummallekin suuaukolle on sijoitettava nimikilpi, jossa ilmoitetaan rautatietunnelin nimi ja pituus.

18.7 Tekniset järjestelmät

18.7.1 Järjestelmien laajuus

Rautatietunnelin teknisten järjestelmien tarve ja laajuus on määritettävä hankkeen suunnitteluperusteissa sekä liikenteen toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin perusteella.

Kaikkia teknisiä järjestelmiä ei tarvita kaikissa rautatietunneleissa. Tunnelipituuden mukaan voidaan teknisten järjestelmien laajuutta tarkastella yleisesti seuraavasti:

- Ratatunnelissa, jonka pituus on alle 200 metriä, ei tarvita mitään teknisiä järjestelmiä lukuun ottamatta kuivatusjärjestelmää.
- Ratatunnelissa, jonka pituus on 200–500 m, tarvitaan kuivatusjärjestelmän lisäksi ainakin valaistus ja sen vaatima muu varustelu.
- Yli 500 m pitkissä ratatunneleissa teknisten järjestelmien tarve ja laajuus on määritettävä hankkeen suunnitteluperusteissa.

18.7.2 Sähköjärjestelmät

18.7.2.1 Sähköenergian siirto ja jakelu

Tunneleiden sähköjakelujärjestelmä liitetään jakeluverkkoyhtiön pien- tai keskijänniteverkkoon. Liittymien teho, jännitetaso sekä niiden lukumäärä paikallisen sähkölaitoksen energiaverkoston riippuu tunnelin pituudesta ja liikennemuodosta.

Mikäli tunneliin tarvitaan useita verkostoliittymiä, ne on pyrittävä syöttämään eri muuntopiireistä.

Pienjännitteen jakelujärjestelmä on toteutettava TN-S-järjestelmää (5-johdin) käyttäen.

Kaikilla poistumis- ja hyökkäysreiteillä kaapeleiden ja niiden kiinnikkeiden on oltava huonosti syttyviä ja palavia, eivätkä ne saa muodostaa myrkyllisiä kaasuja. Sähköenergian siirrossa ja jakelussa on noudatettava voimassa olevia määräyksiä ja standardeja.

Muuntamossa käytettävien ihmisille tai ympäristölle vaaraa aiheuttavien aineiden on oltava hyväksytyjä ja ne on lueteltava muuntamon oveen sijoitetussa kilvessä. Käytettävien muuntajien tulee olla kuivamuuntajia.

Asennustekniikoissa ja -laittevalinnoissa on huomioitava asennusolosuhteet ja tilaluokitukset.

Teknisten järjestelmien ja laitteiden vaatiman sähköjakelun lisäksi tunneliin on asennettava tarvittavat huoltopistorasiat tapauskohtaisesti määriteltäviin paikkoihin.

Turvallisuuden kannalta merkitykselliset sähköasennukset (palonilmaisu-, hätävalaistus-, hätäviestintä- ja kaikki muut järjestelmät, jotka rataverkon haltija tai hankintayksikkö on määritellyt ratkaisevan tärkeiksi matkustajien turvallisuudelle tunneleissa), on suojattava mekaanisesta törmäyksestä, kuumuudesta tai tulipalosta johtuvalta vaurioitumiselta.

Jakelujärjestelmä on suunniteltava siten, että se kestää pahat vauriot (esimerkiksi) kytkemällä sähkönsyöttö vaihtoehtoisten yhteyksien kautta.

Vaihtoehtoisen virtalähteen on oltava käytettävissä riittävän kauan sen jälkeen, kun päävirtalähde on rikkoutunut. Vaadittavan ajan on oltava evakuointiskenaarioiden mukainen ja se on ilmoitettava pelastussuunnitelmassa.

Kriittiset järjestelmät, joiden on oltava toiminnassa vähintään 90 minuuttia päävirtalähteen rikkoutumisen jälkeen:

- Rakennusautomaatiojärjestelmä
- Savunpoiston ohjausjärjestelmä
- Videovalvontajärjestelmä
- Hätäpuhelin
- Tiedonsiirtojärjestelmä
- Sähköradan kaukokäyttö
- Poistumis- ja varavalaistus
- Viranomaisverkko VIRVE

Lisäksi suositellaan, että seuraavat järjestelmät ovat varavoiman tai UPS-laitteen piirissä:

- Paloilmoitinkeskukset
- Paloilmoitustiedonsiirto
- Hätäkuulutus- ja evakuointijärjestelmä
- Rikosilmoitus
- Kulunvalvontajärjestelmä
- Rautatieturvalaitteet

18.7.2.2 Pää- ja ryhmäkeskukset

Keskustilan rakenne- ja koestusstandardeina on käytettävä EN 61439-sarjan /14/ eurooppalaisia standardeja ottaen huomioon kansalliset lisäohjeet sekä tunnelissa vallitsevat olosuhteet. Siellä, missä loistehosta laskutetaan, loistehon kompensointilaitteistot sijoitetaan pääkeskuksen yhteyteen.

Moottorikäytöt (> 5 kW) varustetaan kompensoinnilla, cos phi 0,9.

Pääpotentialintasauskisko sijoitetaan pääkeskustilaan.

18.7.2.3 Varavoimasähkö

Varavoimasähkön tarve selvitetään riskienarvioinnissa.

Varavoimasähkön tarve määräytyy lähinnä savunpoistopuhaltimien ja pumppujen teho- ja käyttötarpeesta sekä varavalaistuksen ja turva- ja valvontajärjestelmien laitteistosityttöjen määrästä.

Varavoimasähkö voidaan toteuttaa joko kiinteällä, tunnelikohtaisella varavoimayksiköllä (diesel-aggregaatti) tai pelastustoimen yksiköiden siirrettävillä varavoimayksiköillä (tunnelin ulkopuolinen laitteisto).

Varavoimasähkön käyttöönotto-/käynnistymisaika määritetään riskienarvioinnissa.

18.7.2.4 Johtotiet

Johtoteinä maakaapeliasennuksissa on käytettävä ensisijaisesti kaapelikanavia tai -putkijärjestelmää. Kanavista nouseaan putkilla kaapelihyllyille ja edelleen asennuskohteeseen. Kaapelihyllyä voidaan käyttää lyhyisiin kaapelivetoihin ottaen huomioon palo- ym. suojaustarpeet.

Kaapelireittejä valittaessa on vältettävä johtojen viemistä palovaarallisiin tiloihin samoin kuin paikkoja, joissa on johdon mekaanisen vahingoittumisen mahdollisuus. Johtoasennukset on palosuojattava, ellei suojausta voida hoitaa johtoreittivalinnoin tai käyttämällä erikoiskaapeleita.

Voima- ja ohjaus-/hälytyskaapeloinnit on erotettava paloteknisesti toisistaan ja ne tulee asentaa omiin suojaputkiinsa. Valaistus- ym. toissijaiset kaapeloinnit voidaan asentaa kaapelihyllyasennuksina palosuojaukset huomioiden.

Tunnelitilojen ulkopuolisten varolaitteiden, kuten liikenneopastimien, syöttökaapelit on palosuojattava, jos niitä syötetään tunnelitiloista.

Johtotiemateriaalien valinnassa on otettava huomioon tila- ja kotelointiluokitukset.

18.7.3 LVI-järjestelmät

18.7.3.1 Ilmanvaihto

Normaalitilanteessa ratatunnelissa mitoitusnopeudella liikkuva juna saa aikaan ilma- virtauksia, jotka saavat aikaan riittävän ilmanvaihdon.

Ratatunnelin koneellisen ilmanvaihdon tarve on tarkistettava hankkeen suunnittelu- perusteissa, jos tunnelissa liikennöidään dieselvetureilla. Kisko- tai muu pöly aiheut- taa tehostetun ilmanvaihdon tarvetta tai huolto- ja korjaustöiden yhteydessä käyte- tään runsaasti epäpuhtauksia tuottavia laitteita, kuten dieselajoneuvoja tai hitsaus- laitteita.

Huollonaikaisen ilmanvaihdon varautumissuunnitelma on laadittava suunnittelu- vaiheen mukaisessa laajuudessa, mikäli tunneliin suunnitellaan toteutettavaksi koneellinen savunpoistolaitteisto. Jos tunneliin ei edellytetä koneellista savunpoistoa, on huollonaikaisen tuuletuksen tarve harkittava tapauskohtaisesti.

Tunnelin kunnossapitotöiden aikaisen ilmanvaihtojärjestelmän tarpeeseen vaikuttavat:

- tunnelin pituus
- tunnelin pystygeometria
- edellisten perusteella arvioitu luonnontilainen ilmavirtaus tunnelissa.

Huollonaikainen ilmanvaihto voidaan toteuttaa seuraavasti:

- Koneellinen savunpoisto suunnitellaan/toteutetaan siten, että savunpoistolaitteiston avulla voidaan huolehtia riittävästä huollonaikaisesta tuuleuksesta.
- Suunnitellaan/toteutetaan muu tapa, jolla mahdollinen huollonaikainen tuuletus toteutetaan.

Kun arvioidaan tunnelin ilmanlaadun kelpoisuutta työskentelyyn, voidaan toimia Sosiaali- ja terveysministeriön HTP-ohjeen (Haitallisten aineiden pitoisuudet) /15/ mukaisesti.

Koneelliseen ilmanvaihtoon on ensisijaisesti käytettävä tunneleiden pitkittäis-ilmanvaihtoon tarkoitettuja äänenvaimentimin ja asennusvarustein toimitettavia aksiaalipuhaltimia ilman kanavointia. Puhallin sijoitetaan ratatunneliin liitteiden 1–2 osoittamalla tavalla.

Tunnelin ilmanvaihtoon käytettävien puhaltimien on oltava erityisesti tunneli-ilmanvaihtoon tarkoitettuja suuren työntövoiman puhaltimia. Niiden tulee olla puhallussuunnaltaan käännettäviä ja työntövoiman tulee olla yhtä suuri molempiin suuntiin. Puhaltimien lämmönkeston on oltava +400 °C vähintään kahden tunnin ajan.

Koneellisen ilmanvaihdon reitteinä käytetään tunnelijärjestelmän tunneleita ja kuiluja.

Tunnelijärjestelmään kuuluvissa teknisissä tiloissa on käytettävä soveltuvia puhaltimia kanavointineen ja tarvittavine muine varusteineen. Tekniset tilat toteutetaan TalotekniikkaRYL-vaatimusten /16/ mukaan.

Harvoin tapahtuvien huolto- ja korjaustöiden vaatima ilmanvaihto voidaan hoitaa myös tilapäisillä puhallinasennuksilla, ellei koneellinen ilmanvaihto muista syistä ole tarpeen.

Koneellista ilmanvaihtoa on käytettävä vain tarpeen mukaan. Puhaltimien turha käynti tulee estää.

Asuintaajamissa sekä virkistys- ja suojelualueilla on tarkistettava äänenvaimennuksen tarve.

18.7.3.2 Viemäröinti

Rata- ja muihin tunneleihin tulevien vesien poisjohtamista varten tunnelien pohjalle on sijoitettava viemäriputket ja kaivot, joihin salaoja- ja muut vedet kerätään. Putkien periaatteellinen sijoitus ratatunneliin on näytetty liitteissä 1–2. Viemäriputkiston avulla vedet johdetaan joko painovoimaisesti tai pumppaamojen kautta ulkopuoliseen maastoon, vesistöön tai viemäriverkostoon.

Pumppaamot pyritään sijoittamaan tunneleiden alimpiin kohtiin ja mahdollisimman lähelle maanpintayhteyksiä. Pumppaamot ovat yleensä betonirakenteisia ja pumpput uppopumppuja varapumppuineen.

Tunneli on varustettava keräysaltailla, jos tunnelin viemäriverkostoon varaudutaan onnettomuustilanteen seurauksena keräämään myös palonsammutusvesiä ja vaarallisia aineita. Keräysaltaat ovat joko kallio- tai betonialtaita. Pumppaamojen ollessa tarpeen keräysaltaat sijoitetaan pumppaamojen yhteyteen. Keräysaltaat on mitoitettava siten, että niihin mahtuvat vähintään yhden vuorokauden salaojavedet (ellei niitä johdeta erikseen ulos tunnelista) tai onnettomuustilanteen sammutusvedet (sisältäen onnettomuudessa mahdollisesti tunneliin vuotavat vaaralliset aineet), sen mukaan kumpi edellyttää suurempaa tilavuutta.

Keräysaltaisiin kertyneiden haitallisten tai vaarallisten aineiden virtaus maastoon, vesistöön tai viemäriverkostoon on estettävä havainnointijärjestelmän ja luotettavan sulkulaitteen avulla.

Keräysaltaat tai pumppaamot on tarpeen mukaan varustettava öljynerottimilla. Jos vaarallisten aineiden neutralointi tai muu käsittely keräysaltaissa ei ole mahdollista, ne on varauduttava kuljettamaan pois erikseen.

18.7.3.3 LVI-valvontajärjestelmä

Teknisten järjestelmien ohjausta, valvontaa ja hälytyksiä varten tunnelijärjestelmä on varustettava LVI-valvontajärjestelmällä toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin mukaan.

Tunneleissa, joissa teknistä varustusta on vähän, mittauksiin, säätöihin ja ohjauksiin liittyvät toiminnot voidaan hoitaa ko. järjestelmän miehittämättömistä alakeskuksista, jotka sijoittuvat teknisten tilojen tai teknisiä järjestelmiä palvelevien sähkökeskusten yhteyteen. Tällöin vain kriittiset hälytykset johdetaan sopivaksi katsottavaan miehitettyyn valvontapisteeseen.

Hankkeen suunnitteluperusteissa määritetään, onko tarpeen käyttää keskitettyä kiinteistövalvontajärjestelmää ja siihen kuuluvaa teknistä valvomoa, jonne kaikki teknisten järjestelmien tiedot johdetaan.

18.7.4 Valaistus

Rautatietunnelin valaistus on suunniteltava Liikenneviraston ohjeen 16/2015 ”Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu” /17/ mukaisesti.

Valaistusjärjestelyt on toteutettava siten, että tunnelitiloissa voidaan joka tilanteessa liikkua turvallisesti.

18.7.4.1 *Normaalivalaistus*

Valaistusratkaisuissa on otettava huomioon rautatietunnelin käytön sekä huolto- ja korjaustoiminnan vaatimukset.

Teknisten tilojen valaistusvoimakkuusvaatimukset on määritettävä tapauskohtaisesti.

Valaistuksen asennustekniikassa on noudatettava ST-kortiston ohjeita /18/. Laitetasennuksissa tulee käyttää asennusalustoja. Valaisimien kiinnikkeineen tulee kestää tunnelin erikoisolosuhteet, mm. paineiskujen vaikutukset.

Poistumisreitit ja pelastustien valaistuksen tulee aina olla kytkettävissä poistumisreitit tai pelastustien kummastakin päästä. Valaistus kytketään normaaliolosuhteissa tunnelin suuaukoilta, kuilujen ja huoltotunneleiden yhteydessä olevilta ohjauspisteiltä sekä tunnelivalvomosta. Valaistusta ei pidetä jatkuvasti kytkettynä, ellei se ole tarpeen erityisistä syistä.

Normaalivalaistuksen lisäksi tunnelitilat on varustettava turvalaistusjärjestelmällä kohdan 18.7.4.2 mukaan.

18.7.4.2 *Turvalaistus*

Yli 500 m pitkiin rautatietunneleihin on järjestettävä turvalaistusjärjestelmä.

Matkustajat ja henkilökunta on hätätilanteessa ohjattava turvalaistuksen avulla turvalliselle alueelle. Valaistus voidaan järjestää muulla tavalla kuin sähköllä, kunhan se täyttää sille tarkoitetun tehtävän.

Valaistukselle on asetettu seuraavat vaatimukset:

- Yksiraiteisessa tunnelissa valaistus on oltava vähintään yhdellä puolella (kulkutien puolella).
- Kaksiraiteisessa tunnelissa valaistus on toteutettava molemmille puolille.

Valaisimet on kulkutien yläpuolella sijoitettava mahdollisimman matalalle, kuitenkin huomioiden kulkutien vapaalle korkeudelle asetetut vaatimukset. Valaistus voidaan toteuttaa myös upotettuna käsijohteeseen.

Hätätilannetta koskevien ja muiden vaatimusten täyttämiseen tarvittavan virtalähteen on oltava käytettävissä vähintään 90 minuuttia.

Opasvalaistuksen on oltava jatkuvasti kytkettynä ja turvalaistuksen on syyttävä, kun normaali sähköjakoverkko häiriintyy. Tällöin turva- ja opasvalaisimet saavat sähkönsä turvalokeskuksen akustosta. Turvalaistus on voitava kytkeä päälle molemmilla seuraavista tavoista:

- manuaalisesti tunnelin sisäpuolelta 250 m välein.
- Tunnelivalvomosta kauko-ohjauksella.

Turvalaistusjärjestelmän toimintaperusteet määritetään hankkeen suunnittelupe-
rusteissa. Järjestelmä toteutetaan esimerkiksi niin, että se toimii normaalisti 230V AC
jännitteellä, mutta verkkojännitteen katketessa tai laskiessa alle 180V turva-
valokeskuksen jännitesyöttö vaihtuu akkukäyttöiseksi, jonka vuoksi järjestelmä on
varustettava akustovalvonnalla.

18.7.5 Turvallisuus- ja valvontajärjestelmät

18.7.5.1 Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitinjärjestelmä toteutetaan riskienarvioinnin mukaan. Tekniset tilat on yleen-
sä varustettava paloilmoitinjärjestelmällä. Ratatunneleita ei yleensä varusteta palo-
ilmoitinjärjestelmällä.

Paloilmoitinjärjestelmä on toteutettava EN-54-standardin (SISM 2812/701/79) /19/
mukaisesti.

Automaattinen paloilmoitinjärjestelmä käsittää laitteistojen lisäksi ilmoituksen siirto-
järjestelmän. Paloilmoitinjärjestelmän on lähetettävä tieto tulipalosta tunnelivalvo-
molle ja alueen hätäkeskukseen.

Järjestelmän on oltava osoitteellinen (paikantaa esimerkiksi palokohteen tunnelissa)
ja verkkovarmennettu katkottomaksi. Paloilmaisimien valinta on tehtävä kohdeosan
tarpeiden mukaisesti. Ilmaisimien sijoittelussa on huomioitava erityisesti sähkötekni-
set ja muut sellaiset tilat, jotka voivat aiheuttaa palon tunnelissa.

Järjestelmän oheistoimintoja voidaan käyttää ilmanvaihtolaitteiden ja palosulkujen
ohjaamiseen.

18.7.5.2 Palonsammutusjärjestelmä

18.7.5.2.1 Yleistä

Palonsammutusjärjestelmä ja sen laajuus on määritettävä riskienarvioinnissa.

Palonsammutusjärjestelmän yksityiskohtainen mitoitus on tehtävä yhteistyössä pai-
kallisten pelastusviranomaisten kanssa. Palovesijärjestelmän mitoitusvirtaama ja lii-
tántädetaljit on määritettävä tapauskohtaisesti yhdessä pelastusviranomaisten kans-
sa. Palonsammutukseen käytetään vesipaloposteja tunneleissa ja käsiammuttimia
teknisissä tiloissa.

Järjestelmässä on oltava varmistus ratasähkön katkaisusta ennen sammutusveden
syöttöä putkistoon.

Palonsammutusjärjestelmän on oltava kuivajärjestelmä. Palovesiputkistoa voidaan syöttää palokunnan pumpuilla tunnelin ulkopuolelle sijoitetuista syöttöliittimistä, erillisistä palovesialtaista sinne asennettujen kiinteiden pumppujen avulla tai kunnallisesta vesijohtoverkosta.

Palonsammutusjärjestelmiin kuuluvien palovesijohtojen on oltava korroosion- ja palonkestäviä eivätkä ne saa johtaa sähköä. Muoviputkia käytettäessä palovesijohtot on sijoitettava palosuojatusti tunnelin alusrakenteeseen.

Tekniset tilat on varustettava käsिसammuttimilla. Pelastusviranomaisten kanssa on tapauskohtaisesti sovittava muiden tilojen varustamisesta käsिसammuttimilla ja tiloil- le on laadittava alkusammutuskalustus suunnitelmat.

18.7.5.2.2 Palontorjuntapisteet

Palontorjuntapisteitä on perustettava rautatietunneliin taulukon 18.7:1 mukaisesti.

Taulukko 18.7:1 Palontorjuntapisteiden määrä tunnelin pituuden mukaan

| Rautatietunnelin pituus | Palontorjuntapisteiden vähimmäisvaatimus |
|---|---|
| alle 1 km | Palontorjuntapisteitä ei vaadita |
| 1–5 km | Molemmilla suuaukoilla |
| 5–20 km | Molemmilla suuaukoilla |
| 5–20 km* | Molemmilla suuaukoilla ja lisäksi 5 km välein |
| yli 20 km | Molemmilla suuaukoilla ja lisäksi 5 km välein |
| <i>*Jos tunnelissa liikkuva kalusto on luokiteltu sellaiseksi, että palontorjuntapisteitä on oltava 5 km välein</i> | |

Pelastustoimella on oltava pääsy kaikkiin palontorjuntapisteisiin. Matkustajien ja henkilökunnan on voitava pelastautua junasta palontorjuntapisteeseen ja edelleen turvalliselle alueelle. Pelastustyöntekijöiden on päästävä vahingoittuneelle junalle muuta kautta kuin ihmisiä täynnä olevan turvallisen alueen läpi.

Rautatietunnelin suuaukoilla olevien palontorjuntapisteiden ympärillä on oltava vähintään 500 m² avointa tilaa.

Palontorjuntapisteiden vedensaantikapasiteetin on oltava vähintään 800 litraa minuutissa kahden tunnin ajan. Palonsammutusjärjestelmän yksityiskohtainen mitoitus on tehtävä yhteistyössä paikallisten pelastusviranomaisten kanssa.

Palontorjuntapisteiden varustelu määritellään toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin perusteella. Palontorjuntapisteiden varusteluun on kuuluttava vähintään:

- ajantasainen kartasto tunnelista
- hätämaadoituspainikkeet
- vaikutusaluekartat hätämaadoituspainikkeiden yhteydessä

Varusteluun voi lisäksi kuulua esimerkiksi:

- siirrettävä luiska radan ylittämiseen pelastustoimen ajoneuvolla
- kiskokärryt
- alkusammutuskalusto
- pelastustoimen puhelinpistoke
- sähköpistokkeita.

18.7.5.3 Savunpoistojärjestelmä

Savunpoistojärjestelmä on suunniteltava riskienarvioinnin perusteella.

Lyhyissä tunneleissa savun voidaan olettaa poistuvan ilman koneellisen savunpoiston apua.

Rautatietunneleissa, joiden pituus on alle 1000 metriä, koneellisen savunpoiston tarve on määritettävä toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin perusteella. Mahdollisesti tarvittava koneellinen savunpoisto järjestetään tunnelipuhaltimien avulla tunnelin suuaukkojen kautta.

1000–2000 metrin pituisissa rautatietunneleissa koneellinen savunpoisto järjestetään ensisijaisesti tunnelipuhaltimien avulla tunnelin suuaukoista. Tunnelin muut ulkoilmayhteydet, kuten paineentasauskuilut, voivat olla apuna savunpoistossa.

Yli 2000 metriä pitkissä rautatietunneleissa koneellinen savunpoisto on järjestettävä joko tunnelipuhaltimien avulla tai erillisillä paineentasauskuilujen yhteyteen sijoitettavilla savunpoistopuhaltimilla. Jos tunnelipuhaltimia on tarpeen käyttää ilmanvaihtoon, on suositeltavaa valita myös savunpoisto tapahtuvaksi tunnelipuhaltimien avulla.

Kuiluissa käytetään savunpoistoon tarkoitettuja aksiaalipuhaltimia, jos koneellinen savunpoisto on tarpeen. Savunsiirtoon tunneleissa käytetään ilmanvaihtoon tarkoitettuja puhaltimia.

Koneellisen savunpoiston puhaltimet on mitoitettava siten, että suunnitellulle poikkeileikkaukselle saadaan virtausnopeudeksi vähintään 2 m/s. Henkilöliikennetunneleissa virtausnopeuden on oltava vähintään 3 m/s.

Savunpoistopuhaltimien on oltava virallisesti testattuja ja niiden lämpötilankeston on oltava 400 °C vähintään kahden tunnin ajan. Puhaltimet tulee mitoitaa siten, että ne pystyvät toimimaan myös savun ollessa kylmää tai poistoilman savutonta, eli niitä on voitava käyttää myös ilmanvaihtoon esimerkiksi huoltotöiden yhteydessä.

Savunpoistopuhaltimia on voitava ohjata tunnelin ulkopuolelta.

Pitkät tunnelit on varustettava ilman virtaussuunnan ilmaisevilla laitteilla sopivan poistumis- ja pelastussuunnan valitsemiseksi.

18.7.5.4 Radioverkot

Rautatietunnelin radioverkkojen kattavuudet on määritettävä toiminnallisissa analyysissä ja riskienarvioinnissa.

Uusi tai parannettava rautatietunneli on varustettava GSM- ja VIRVE-antenni-järjestelmillä toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin mukaan.

Ratatunnelissa VIRVE-verkon kentänvoimakkuuden paikallisen keskiarvon (local mean value) on oltava vähintään 34 dB μ V/m (-95 dBm, 0 dBi antenni) mitattuna 4 m korkeudella siten, että sadan metrin matkalla sallitaan enintään yksi kentänvoimakkuuden paikallisen keskiarvon poikkeama. Kentänvoimakkuuden on kaikkialla rautatietunnelissa oltava vähintään -86 dBm.

Antennina voidaan käyttää ns. vuotavaa kaapelia tai tukiasema-antenneja. Radioverkot on toteutettava Suomen Erillisverkot Oy:n ohjeiden mukaan.

Taajuuslupaa varten VIRVE-verkon tiedot on ilmoitettava Suomen Virveverkko Oy:lle. Suomen Virveverkko Oy suorittaa valmiille verkolle lopputarkastuksen, ja hyväksytyt tarkastuksen jälkeen myöntää luvan laitteiston käyttöönotolle ja kytkee laitteet etävalvontaan.

18.7.5.5 Hätäpuhelinjärjestelmä

Rautatietunneli on tarvittaessa varustettava hätäpuhelinjärjestelmällä tai pelastuslaitoksen kenttäpuhelimien liityntäpisteillä riskienarvioinnin mukaan. Hätäpuhelut yhdistetään hätäkeskukseen, liikenteenohjauskeskukseen ja tunnelivalvomoon.

Hätäpuhelinjärjestelmän on toimittava sähköhäiriötilanteessa katkottomasti.

Hätäpuhelinjärjestelmä ei ole pakollinen rautatietunneleissa, jotka on varustettu GSM-R- tai VIRVE-yhteydellä ja joissa radioyhteyden jatkuvuus on turvattu.

18.7.5.6 Videovalvontajärjestelmä

Rautatietunnelin videovalvontajärjestelmän tarve määritetään tapauskohtaisesti toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin perusteella.

Videovalvontajärjestelmä liitetään toiminnallisessa analyysissä määriteltyyn valvontajärjestelmään. Kameroiden määrä ja sijoitus on suunniteltava tunnelikohtaisesti. Kameralaitteet on varustettava infrapunaohjauksella. Järjestelmän on oltava liitettävissä liikenteenohjauskeskuksen pakkokuulutusjärjestelmään.

Videosignaalin siirtojärjestelmän on sovittava pääjärjestelmätekniikkaan.

Videovalvontajärjestelmän kauko-ohjaustoiminnot ja tulostuslaitteet määräytyvät suunnitteluperusteiden ja riskienarvioinnin mukaan. Järjestelmäyhteydet kulunvalvonta- ja rikosilmoitusjärjestelmiin on järjestettävä. Verkkovarmistus on tehtävä katkottomaksi.

18.7.5.7 Rikosilmoitusjärjestelmä

Rautatietunnelin rikosilmoitusjärjestelmän tarve määritetään hankkeen suunnitteluperusteissa.

Rikosilmoitusjärjestelmään on sisällytettävä osoitteelliset alue- ja kohdesuojaukset. Järjestelmään on voitava liittää myös muusta kulunvalvonnasta tuleva tieto. Järjestelmän tarkoituksena on estää ja ilmoittaa asiaankuulumattomien olostä valvotulla alueella tai tilassa.

Verkkovarmistus on tehtävä katkottomaksi.

Järjestelmän toimintatieto on välitettävä tunnelivalvomoon, liikenteenohjauskeskukseen ja tarvittaessa viranomaisille.

18.7.5.8 Äänentoistojärjestelmä

Rautatietunnelin äänentoistojärjestelmä määritetään toiminnallisen analyysin ja riskienarvioinnin perusteella.

Äänentoistojärjestelmässä on oltava pakkokuulutustoiminto. Järjestelmän on välitettävä radio- ja liikenteenhoito- sekä matkustaja- ja poikkeustilanekuulutukset.

Järjestelmän laitteiden syöttöjen tulee olla katkottomiksi varmistettuja.

18.7.6 Poistumisreitimerkinnot

Poistumisreittien merkinnöillä osoitetaan uloskäynnit sekä etäisyys ja suunta turvalliselle alueelle. Kaikki opasteet on suunniteltava siten, että ne täyttävät EU-direktiivin 92/58/EY (direktiivi työssä käytettäviä turvallisuus- ja/tai terveystarpeita koskevista vähimmäisvaatimuksista) /20/ sekä standardin SFS-ISO 3864 /8/ mukaiset vaatimukset.

Poistumisreittien opasteet on asennettava sivuseinille. Opasteiden väli saa olla enintään 50 m.

Tunneliin on asennettava opasteet, jotka osoittavat mahdollisten turvallisuuteen liittyvien laitteiden, esimerkiksi hätämaadoituspainikkeiden, sijainnin.

18.7.7 Tunnelivalvomo

Rautatietunnelin valvomoon on sijoitettava LVI-järjestelmän sekä muiden teknisten järjestelmien ohjaukseen ja valvontaan sekä turvallisuuteen liittyvät laitteet (hätäpuhelinkeskus, radioviestinnän ja rikosilmoitusjärjestelmän laitteet sekä videovalvonnan paikallislaitteet). Valvomoon on sijoitettava kaikkien teknisten laitteiden ja järjestelmien toimintakaaviot.

Yhdestä valvomosta voidaan valvoa useamman tunnelin järjestelmiä. Valvomon sijainti ja toteutus päätetään hankekohtaisesti.

18.7.8 Järjestelmien ylläpidon tarpeet

Rautatietunnelin teknisten järjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava laitteiden ylläpito siten, että laitteita voidaan huoltaa tai vaihtaa riittävän helposti suhteessa niiden odotettavissa olevaan käyttöikänsä.

18.8 Ympäristönäkökohdat tunneleiden suunnittelussa

Rakentamisen ympäristövaikutuksiin liittyen on huomioitava voimassa olevan lainsäädännön lisäksi seuraavat asiakirjat:

- RATO 20: Ympäristö ja rautatiealueet
- Radanpidon ympäristöohje /21/
- Ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA) rakennustoimenpiteille mahdollisesti asetetut vaatimukset ja rajoitukset.

18.8.1 Tärinä ja runkomelu

Radan alus- tai päällysrakenne on toteutettava siten, että niissä käytetään tärinä- ja meluvaimennuksen edellyttämiä erikoisratkaisuja, jos junaliikenteen maa- tai kallio- pohjaan indusoima tärinä välittyy häiritsevänä rautatietunnelin läheisyydessä sijaitseviin rakennuksiin. Tärinä- ja meluvaimennuksessa käytettyjä ratkaisuja ovat:

- vaimennusmatto radan alusrakenteessa
- ratapölkyn alle kiinnitettävä vaimennusmateriaali
- kiskon kiinnityksen erityisratkaisut
- tärinän ja runkomelun vaimennukseen suunnitellut erityisratkaisut kiintoraiderakenteessa
- pohjanvahvistustoimenpiteet.

Tärinäeristystarve tulee analysoida sekä eristystoimenpiteet suunnitella ja mitoittaa tunnelikohtaisesti. Toimenpiteiden tarve ja mitoitusperusteet määritetään hankekohtaisissa suunnitteluperusteissa.

Junaliikenteen aiheuttama tärinä riippuu radan päälly- ja alusrakenteesta sekä niiden alla olevien maa- tai kalliokerrosten laadusta ja paksuuksista, liikkuvasta kalustosta ja nopeudesta sekä etäisyydestä rakennuksiin.

18.8.2 Meluntorjunta

Kullakin tunnelin ja kuilun suuaukolla sallittu melutaso on selvitettävä erikseen, ja liikenteen ja laitteiden aiheuttama melu on rajoitettava ympäristön edellyttämään arvoon. Melusuojausten tulee täyttää Liikenneviraston ja ympäristöviranomaisten vaatimukset. Mahdolliset raja-arvot määritetään tunnelikohtaisesti.

Suurnopeusradoilla on erikseen analysoitava ratatunnelin meluvaikutukset ympäristöön. Tarvittaessa ympäristö on suojattava melulta suuaukkorakennuksella ja vaimennusrakenteilla. Erityisratkaisujen tarve määritetään tunnelikohtaisesti.

Meluarvoihin vaikuttavat eniten nopeus, tunnelin ja junan mitat sekä tunnelipintojen kitkaominaisuudet, jotka vaikuttavat ulosajosuaukkoa lähestyvän ylipaineaallon jyrkkyyteen. Mm. raidesepeli vaimentaa "Sonic Boom"-vaikutusta, koska sen aiheuttama kitka pienentää ylipaineaallon aikaderivaattaa eli painerintaman jyrkkyyttä.

18.8.3 Pintavesi, pohjavesi ja painumat

Kuivatus- ja vuotovesien laatu on arvioitava ja valmistauduttava käsittelemään vedet viranomaisten edellyttämällä tavalla.

Rautatietunnelin rakentamisen vaikutukset pinta- ja pohjavesiin sekä kasvillisuuteen on arvioitava seurantaohjelmien mukaisesti. Seurantaohjelmalla tarkoitetaan pinta-vesi-, pohjavesi- ja painumaseurantaa, joita tulee tehdä rautatietunnelin lähialueilla ennen rakentamista, rakentamisen aikana ja rakentamisen jälkeisenä aikana.

Seurattavat kohteet ja seurannan tiheys sekä kesto on määritettävä tunnelikohtaisesti yhteistyössä ympäristöviranomaisten kanssa.

Seurattavat asiat kussakin vaiheessa ovat:

- pohjavesiputkien ja kaivojen vesipinta
- pora- ja lämpökaivot
- pohjaveden laatu
- vesistöjen tila
- pumppausvesien poisjohtamisajat
- sademäärätiedot
- rakennusten ja alueiden painumat
- muut mahdolliset YVAn edellyttämät seurantakohteet.

Ympäristövaikutusten korjaamiseen ja korvaamiseen on varauduttava hankkeen jokaisessa vaiheessa. Keinoja ovat seuranta, johtopäätökset, toimenpiteiden valinta jatkorakentamista varten ja korvaavien toimenpiteiden ennakkosuunnittelu sekä tarvittaessa toteuttaminen.

Pohjaveden pinnankorkeuden ja laadun vaihteluiden ympäristövaikutukset on ehkäistävä tunnelissa tehtävillä tiivistystoimenpiteillä sekä tarvittaessa esimerkiksi pohjaveden imeytysjärjestelmillä.

18.8.4 Päästöt vesistöihin ja maaperään

Mahdollisten päästöjen vaikutukset vesistöihin ja maaperään on huomioitava rautatietunnelin ja sen kuivatusjärjestelmän suunnittelussa. Päästöjä voi aiheutua rakentamisen ja käytön aikana esimerkiksi seuraavista asioista:

- louhintatyöt
- työkoneiden ja liikkuvan kaluston öljyvuodot
- Vaarallisten aineiden kuljetusten mahdolliset nestevuodot.

18.8.5 Päästöt ilmaan

Mahdollisten päästöjen vaikutukset ympäristön ilmanlaatuun on huomioitava rautatietunnelin suunnittelussa. Päästöjä voi aiheutua rakentamisen ja käytön aikana esimerkiksi seuraavista asioista:

- räjäytystyöt
- työnaikainen liikenne
- savunpoisto palotilanteessa
- kunnossapitotyöt
- normaali junaliikenne
- Vaarallisten aineiden kuljetusten mahdolliset kaasuvuodot.

Tunnelin kunnossapitotöiden aikana on otettava huomioon seuraavat asiat:

- työkoneiden pakokaasujen poisto
- pölyhaittojen vähentäminen
- hitsauskaasujen poisto
- käytettävien kemikaalien oikea käsittely
- kallioperästä vapautuvat kaasut (esim. radon).

18.9 Rautatietunnelin käyttöönottoprosessi

18.9.1 Yleistä käyttöönotosta

Euroopan unionin rataverkolla tehtävän suunnittelu- ja rakentamisprosessin osalta edellytetään ilmoitetun laitoksen suorittamaa vaatimustenmukaisuuden arviointia silloin, kun Trafi on ilmoittanut, että tehtävät muutokset tai uudisrakennustyöt edellyttävät käyttöönottolupaa ja kyseisessä hankkeessa on noudatettava SRT YTEä /1/.

Hankkeen projektipäällikkö on vastuussa siitä, että käyttöönottoon vaadittavat tarkastukset, todentamiset ja ilmoitukset on tehty.

Suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden on varauduttava siihen, että eri ilmoitetuilla laitoksilla on erilaisia vaatimuksia tarvittavista todentamisen dokumenteista vaatimusten täyttymiseksi.

Trafin käyttöönottolupaan liittyy usein myös YTM-asetuksen mukainen riskienhallinta, johon suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden on osallistuttava.

18.9.2 Vaatimusten ja toimenpiteiden todentaminen suunnittelussa

SRT YTE:n /1/ vaatimusten täyttymisen varmistaminen on aloitettava heti suunnittelun käynnistyessä. Suunnittelun periaateratkaisut on suositeltavaa hyväksyttävä ilmoitetulla laitoksella. Suunnittelussa on varauduttava ilmoitetun laitoksen mahdollisiin kommentteihin, jotka saattavat muuttaa suunnitelmia.

Suunnittelussa on otettava huomioon eri vaatimusten todentaminen ja varauduttava laatimaan täydentäviä suunnitelmia vaatimusten todentamista varten. Suunnitelmien ja muiden vaatimusten todentamiseen tarvittavien asiakirjojen sekä niiden eri versioiden on oltava selkeitä, yksilöityjä ja helposti jäljitettävissä. Suunnitelmien ja asiakirjojen tulee olla helposti saatavilla tilaajan, kolmannen osapuolen ja ilmoitetun laitoksen tarkastusta varten.

Pääsuunnittelijan vastuulla on varmistaa, että eri tekniikka-alojen suunnitelmissa ei ole ristiriitoja suunnitteluratkaisujen välillä. Jos hankkeelle ei ole nimetty pääsuunnittelijaa, on vastuu projektipäälliköllä.

Suunnitelma-asiakirjoissa tai työselostuksessa on suositeltavaa esittää rakentamisen toleranssit.

YTM-asetuksen mukaisen riskienhallinnan osalta suunnittelua on tehtävä turvallisuuden arviointilaitoksen kanssa yhteistyössä siltä osin kuin vaatimusten todentamisen toimenpiteet ovat suunnittelijan vastuulla.

18.9.3 Vaatimusten ja toimenpiteiden todentaminen rakentamisessa

Rakentamisen aikana on varmistettava rakentamisen suunnitelmanmukaisuus.

Ennen käyttöönottoa rakennuttajan tai rakennuttajan nimeämän urakoitsijan on järjestettävä osajärjestelmän katselmus ilmoitetulle laitokselle. Katselmuksessa ilmoitettu laitos varmistaa, että vaatimukset ja suunnitelmien mukaisuus täyttyvät.

Rakentamisen aikana on varauduttava toimittamaan materiaaleihin liittyviä todistuksia, sertifikaatteja, vaatimusten todentamiseen liittyviä selvityksiä ja todistuksia sekä mahdollisia näytepaloja ilmoitetulle laitokselle vaatimusten täyttymisen todentamista varten.

Rakentamisen aikana ja ennen käyttöönottoa rakennuttajan ja urakoitsijan on toimitettava ilmoitetulle laitokselle tarvittavia mittauksia. Ilmoitettu laitos saattaa vaatia sertifioidun mittauksen käyttöä.

YTM-asetuksen mukaisen riskienhallinnan osalta rakennuttajan ja urakoitsijan on tehtävä turvallisuuden arviointilaitoksen kanssa yhteistyötä siltä osin kuin vaatimusten todentamisen toimenpiteet ovat rakennuttajan ja urakoitsijan vastuulla.

18.9.4 Pelastussuunnitelma ja pelastusharjoitus

Ennen rautatietunnelin käyttöönottoa tunnelin haltijan on laadittava pelastussuunnitelma kappaleen 18.4.6 mukaisesti ja hyväksyttävä se Liikennevirastolla.

Pelastusharjoitus on järjestettävä yli 1 km pituiselle uudelle rautatietunnelille. Pelastusharjoitus on järjestettävä yhteistyössä pelastusviranomaisten ja Liikenneviraston valvomoiden sekä muiden tarvittavien sidosryhmien kesken pelastussuunnitelman valmistumisen yhteydessä. Pelastusharjoituksen jälkeen tehdään mahdollisia muutoksia ja korjauksia pelastussuunnitelmaan sekä siinä oleviin toimintamenettelyihin. Pelastusharjoituksen tavoitteena on varmistaa, että tunnelin turvallisuus- ja evakuointijärjestelmät toimivat vaara- tai onnettomuustilanteessa sekä testata eri valvomoiden välistä yhteistyötä ja pelastusviranomaisen toimintaa.

18.9.5 Käyttöönottolupa ja hyväksyntä

Liikennevirasto vastaa käyttöönottoluvan hakemisesta Trafilta ja siihen liittyvistä tarvittavista asiakirjoista sekä niiden toimittamisesta Trafille.

Trafi myöntää tarkastuksensa perusteella osajärjestelmälle käyttöönottoluvan, kun Trafi on vakuuttunut osajärjestelmän olevan suunnittelu-, rakennus- ja käyttöönotto-vaiheessa sovellettavien lainsäädännöllisten, teknisten ja toiminnallisten asetusten sekä määräyksien mukainen.

18.10 Tunneleiden kunnossapito

Rautatietunnelin kunnossapito jaetaan peruskunnossapitoon, peruskorjaukseen ja perusparannukseen. Rautatietunneleiden kunnossapidon tavoitteet ovat:

- toimintakunnon ja liikenneturvallisuuden varmistaminen
- tunneleiden kunnon tunteminen ja dokumentointi
- rappeutumisen estäminen.

18.10.1 Peruskunnossapito

Tunnelin peruskunnossapidolla tarkoitetaan tunnelin olemassa olevien rakenteiden ja laitteiden normaalia kunnossapitoa ja huoltoa.

Peruskunnossapitotoimenpiteillä on varmistettava, että rakenteiden ja laitteiden toimintakunto säilyy ja riittävä turvallisuustaso varmistetaan. Huoltorutiinien tulee olla systemaattisia sekä teknisesti ja taloudellisesti oikeantasoisia.

Laitteet on huollettava ja kunnostettava tunnelikohtaisen huoltokirjan mukaan.

Kunnossapitäjän tulee ylläpitää hallintajärjestelmää, joka sisältää em. tietojen ohella jatkuvasti päivitettyt kuntotiedot, tehdyt toimenpiteet sekä toimenpide-ehdotukset. Tunneleiden muuttuneet tiedot on toimitettava Liikenneviraston taitorakennerekisterin ylläpitäjälle.

18.10.2 Peruskorjaus

Tunnelin peruskorjauksella tarkoitetaan tunnelin tai tunnelissa olevien rautatien rakenteiden korjaamista tai vaihtamista uusiin rakenteisiin. Näihin kuuluvat olemassa olevien kallio-, suuaukko- ja eristysrakenteiden korjaamiseen liittyvät lujitus- ja vahvistustyöt sekä kuivatuksen parantamiseen liittyvät työt kuten radan rakenteiden, sähköistyksen ja turvalaitteiden parantamiseen liittyvät työt. Vähäiset tunnelin turvallisuuden liittyvät parannustyöt ovat samoin tunnelin peruskorjaustöitä.

Tarvittaessa peruskorjauksen lähtötiedot on hankittava yleistarkastuksella, laajennetulla yleistarkastuksella tai erikoistarkastuksella.

18.10.3 Perusparannus

Tunnelin perusparannus tarkoittaa tunnelin rakenteiden tai järjestelmien merkittävää muutostyötä. Tällaisia ovat mm. tunnelin poikkileikkauksen laajennustyöt, lujitusrakenteiden uusiminen sekä uusien poistumisteiden ja uusien laajojen turvallisuusjärjestelmien rakentaminen.

Tunnelissa on suoritettava yleistarkastus ja tarvittavat erikoistarkastukset, kun suunnitellaan rautatietunnelin perusparannustoimenpiteitä. Tarkastusten perusteella laaditaan koko tunnelia ja kaikkia sen rakenteita ja laitteita koskeva tutkimusohjelma ja tehdään ohjelman mukaiset tutkimukset.

Perusparannustyöstä on aina laadittava perusteellisiin tarkastuksiin ja tutkimuksiin perustuva tunnelikohtainen suunnitelma, jossa otetaan huomioon kaikki rakenteet, laitteet, asennukset ja varusteet sekä lisätilantarpeet.

18.10.4 Tarkastukset

18.10.4.1 Tarkastustoiminnan yleiset periaatteet

Tunneleiden kunnossapito perustuu oikea-aikaisesti ja riittävällä tarkkuudella suoritettuun tarkastustoimintaan ja tarkastusten tulosten analysointiin. Tarkastuksissa on tarkastettava kaikki tunnelin rakenteet, varusteet ja laitteet sillä tarkkuudella, että niiden kunnan kehittymisestä saadaan selkeä kokonaiskuva ja mahdolliset vauriot havaitaan hyvissä ajoin ennen niiden muuttumista kriittisiksi tekijöiksi tunnelin kunnossapidossa.

Tunneleiden tarkastuksessa on noudatettava Liikenneviraston Taitorakenteiden tarkastusohjetta /22/ ja Tunnelintarkastuskäsikirjaa /23/. Tunneleiden ratateknisten rakenteiden ja laitteiden tarkastusten osalta on noudatettava kyseistä rakennetta tai laitetta koskevan Ratateknisen ohjeen (RATO) menettelytapoja.

Tarkastustulosten perusteella analysoidaan tunneleiden rakenteiden ja laitteiden kunnan kehittymistä. Peräkkäiset analyysit on tehtävä siten, että niitä voidaan luotettavasti verrata keskenään ja että niiden tuloksista voidaan tehdä luotettavia johtopäätöksiä rakenteiden, varusteiden ja laitteiden kunnan kehittymisestä.

Kaikista tehdyistä tarkastuksista ja tunneleiden rakenteiden, varusteiden ja laitteiden kuntoanalyseista on toimitettava tiedot taitorakennerekisterin ylläpitäjälle Liikenneviraston voimassaolevan rekisterien päivitysohjeen /24/ mukaisesti.

18.10.4.2 Rakenteiden tarkastustoimenpiteet

Rakenteiden tarkastusten osalta noudatetaan Liikenneviraston Tunnelitarkastuskäsikirjaa /23/.

Suuaukko- ja muiden sillanomaisten rakenteiden tarkastuksessa on noudatettava RATO:n osaa 8 "Rautatiesillat" /25/.

18.10.4.3 Laitteiden ja varusteiden tarkastustoimenpiteet

Laitteiden ja varusteiden osalta on tarkastettava:

- laitteiden kiinnitykset ja kannatusrakenteet, erityisesti niiden korrosio
- puhaltimien, palo- ja sulkupeltien sekä säätölaitteiden toiminta
- sähkökeskukset, nousujohdot, muuntamot ja varavoimalaitteet
- LVISAT-valvontalaitteet, erityisesti hälytysten toiminta ja siirtyminen
- valaisimet ja valaisinten ohjaus
- telelaitteet
- kuivatus- ja viemäröintijärjestelmä sekä pumppaamot: toiminta, korrosio, vuodot, venttiilien tiiviys, pumppujen käyttöttestaus, hiekan- ja öljynerottimet.
- palontorjuntalaitteet
- kiinteistövalvontajärjestelmät ja -laitteet.

Tarkastuksissa on noudatettava huolto-, kunnossapito- ja tarkastusohjemanuaalin lisäksi TalotekniikkaRYL:n /16/ ja ST-kortiston /18/ määräyksiä ja ohjeita. Sähköteknisten tarkastusten menettelytavat ja ajankohdat on määritetty Sähköturvallisuuslaissa (1135/2016) /26/ sekä Viestintäviraston eri määräyksissä.

18.11 Huoltokirja

Uudelle rautatietunnelille on laadittava huoltokirja ennen käyttöönottoa. Huoltokirjan sisältämässä kunnossapitosuunnitelmassa on varmistettava, että tunnelille asetetut vaatimukset täyttyvät koko järjestelmän käyttöä.

Tunnelikohtaiseen huoltokirjaan kootaan seuraavat asiakirjat:

- Kunnossapitäjän ja vastuuhenkilöiden yhteystiedot
- Rautatietunnelin suunnitelmat tarpeellisessa laajuudessa
- Tunnelin laitteiden ja asennusten toimintakaaviot sekä tekniset tiedot
- Poikkeustilanneohjeet
- Tunnelin laitteiden ja asennusten käyttö-, huolto-, kunnossapito- ja tarkastusohjeet sekä määräaikaishuoltokortit, joissa tulee määritellä huoltovälit ja -toimenpiteet
- Kunnossapitosuunnitelma, jossa esitetään rataverkon haltijan hyväksymät kunnossapitotoimet sekä raja-arvot, joiden ylittyessä on ryhdyttävä kunnossapidon toimenpiteisiin.
- Tunnelin ja sen laitteiden käyttöehdot ja rajoitukset
- Jatkuvasti päivittyvä yhteenveto tehdyistä tarkastuksista ja niissä tehdyistä havainnoista
- Kelpoisuuskirja

Rautatietunnelin haltija (yleensä Liikennevirasto) vastaa huoltokirjan laatimisesta ja päivittämisestä.

18.12 Dokumentointi

18.12.1 Taitorakennerekisteri

Kaikki tunneleihin liittyvä uusi tai muuttunut aineisto toimitetaan Liikenneviraston taitorakennerekisterin ylläpitäjälle voimassaolevan Rekisterien päivitysohjeen /24/ mukaisesti.

Rekisteristä voidaan tulostaa tiedot rautatietunneleiden kunnon seurantaan ja toimenpiteiden ennakkointia varten. Rekisterin tiedot omistaa Liikennevirasto.

18.12.2 Dokumentoinnin yleiset vaatimukset

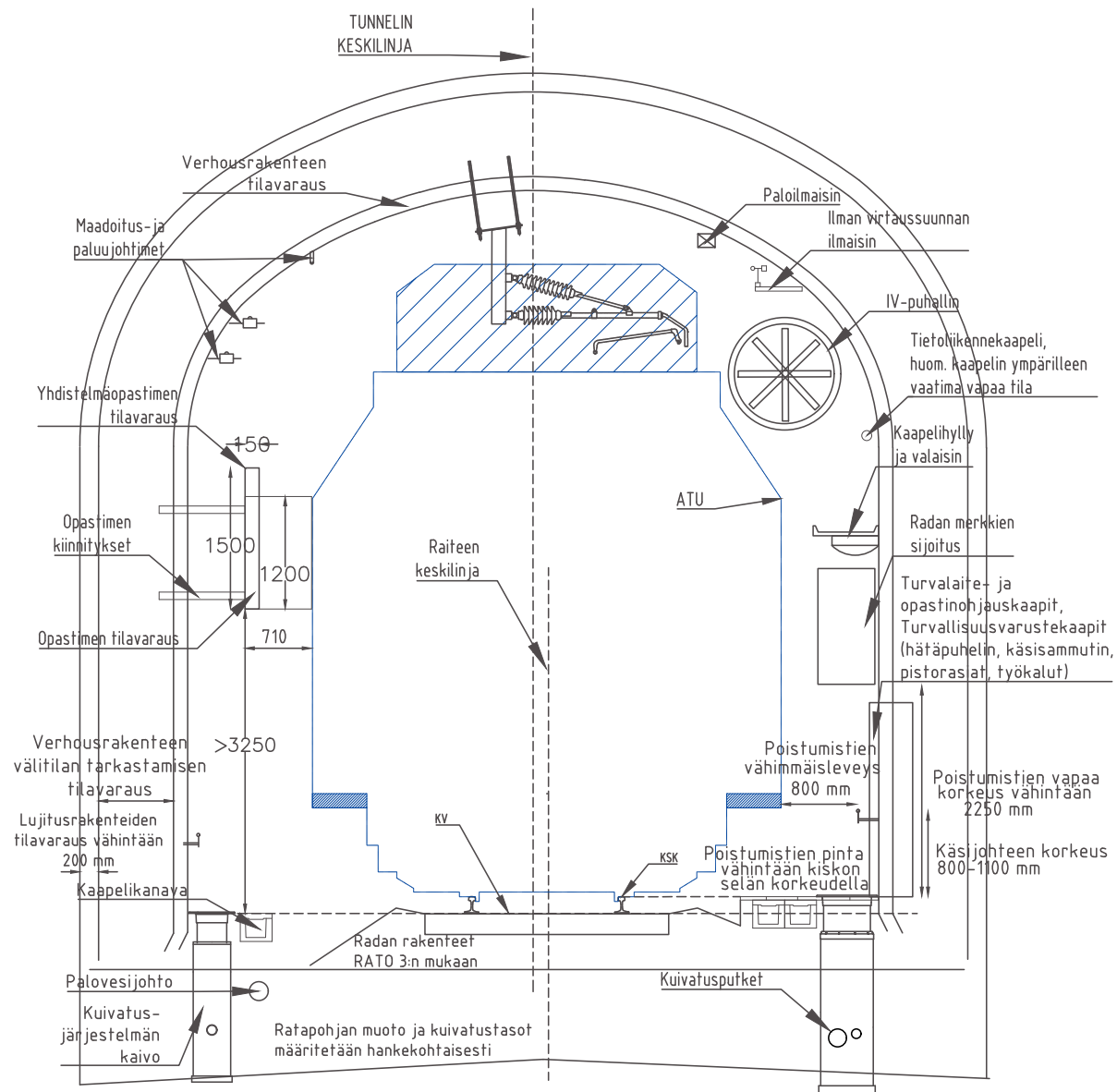
Dokumentointi tehdään Liikenneviraston Rautateiden osajärjestelmien käyttöönotto-ohjeen /27/ mukaan.

Viitteet

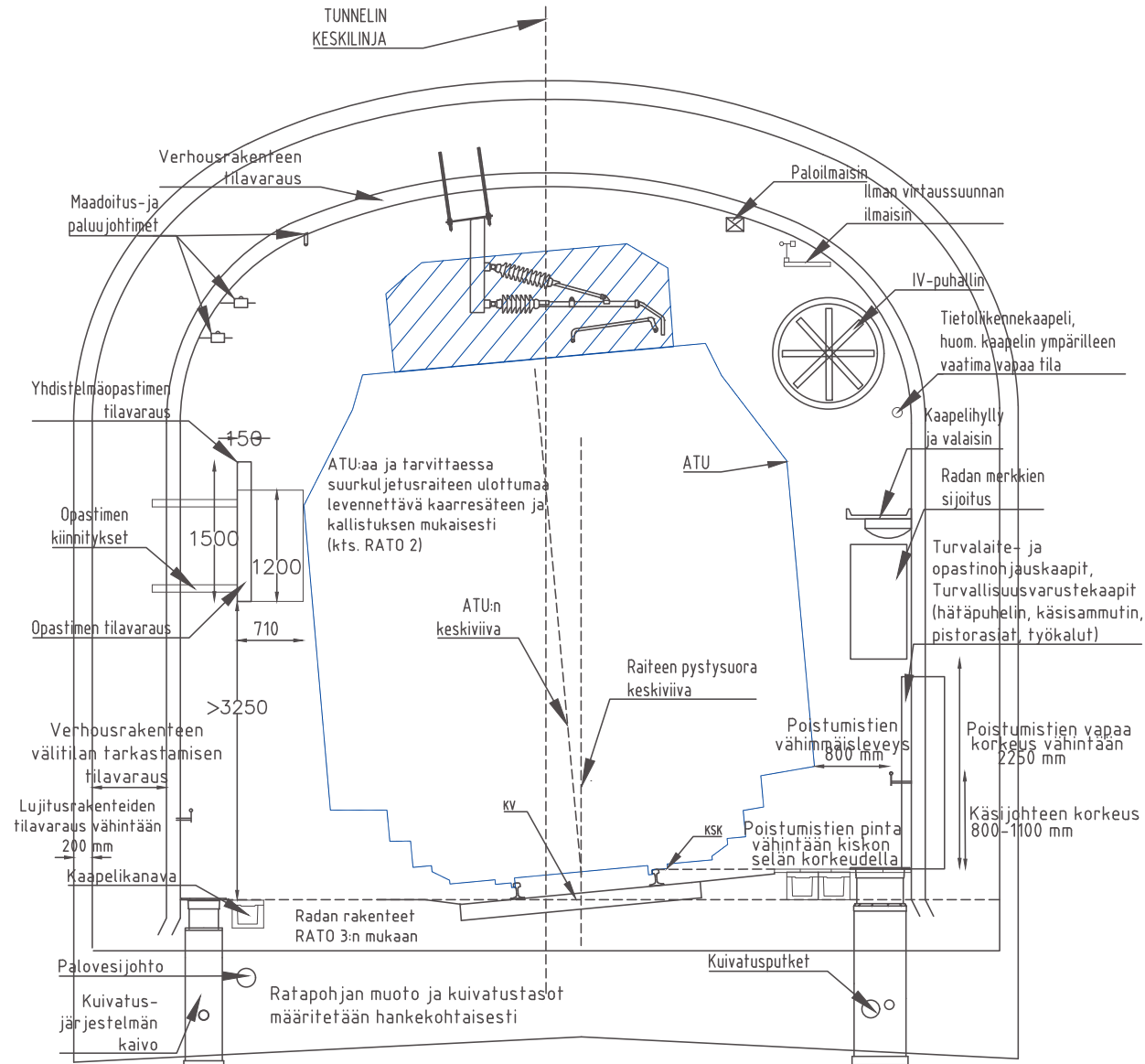
- /1/ SRT YTE (Safety in Railway Tunnels), EU-komission asetus rautatie-tunneleiden turvallisuutta koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä, EU N:o 1303/2014, 18.11.2014
- /2/ RATO:n osan 18 Rautatietunnelit ohjepäivityksen esiselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 55/2015.
- /3/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/57/EY rautatiejärjestelmän yhteentoimivuudesta yhteisössä (uudelleen laadittu toisinto)
- /4/ Radan suunnitteluohje. Ratahallintokeskuksen julkaisu B 20, 2008
- /5/ InfraRYL (Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset), osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustieto
- /6/ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 2 Radan geometria. Liikenneviraston ohjeita 3/2010
- /7/ Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 13/2010
- /8/ SFS-ISO 3864-1 Kuvatunnukset ja piirrosmerkit. Turvallisuusvärit ja turvallisuusmerkit. Osat 1-4, Suomen Standardoimisliitto SFS ry
- /9/ Rautatieasemien staattiset opasteet – Suunnitteluohje. Liikenneviraston ohjeita 8/2017
- /10/ Ratatekniset piirustusohjeet. Liikennevirasto 2012
- /11/ Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Liikenneviraston ohjeita 12/2017
- /12/ SFS-EN 1991-1-5/AC: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–5 Yleiset kuormat. Lämpötilakuormat, 2009
- /13/ EN1997-1-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1–2: Yleiset säännöt, pohjatutkimus ja koestus
- /14/ SFS-EN 61439-sarja, Jakokeskukset, Suomen Standardisoimisliitto SFS
- /15/ HTP-arvot 2016, Sosiaali- ja terveysministeriö
- /16/ TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto
- /17/ Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 16/2015

- /18/ ST-kortisto, Sähköinfo Oy
- /19/ SFS-EN 54 Palonilmaisu-, palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmät, osat 1-21
- /20/ EU-direktiivi 92/58/EY työssä käytettäviä turvallisuus- ja/tai terveysmerkkejä koskevista vähimmäisvaatimuksista
- /21/ Radanpidon ympäristöohje, Liikennevirasto 2013
- /22/ Taitorakenteiden tarkastusohje, Liikennevirasto 2013
- /23/ Liikenneviraston Tunnelintarkastuskäsikirja
- /24/ Rekisterien päivitysohje (270/010/07) 8.2.2007, Ratahallintokeskus
- /25/ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 8 Rautatiesillat. Liikenneviraston ohjeita 43/2013
- /26/ Sähköturvallisuuslaki 1135/2016
- /27/ Rautateiden osajärjestelmien käyttöönotto-ohje, Liikennevirasto 2013

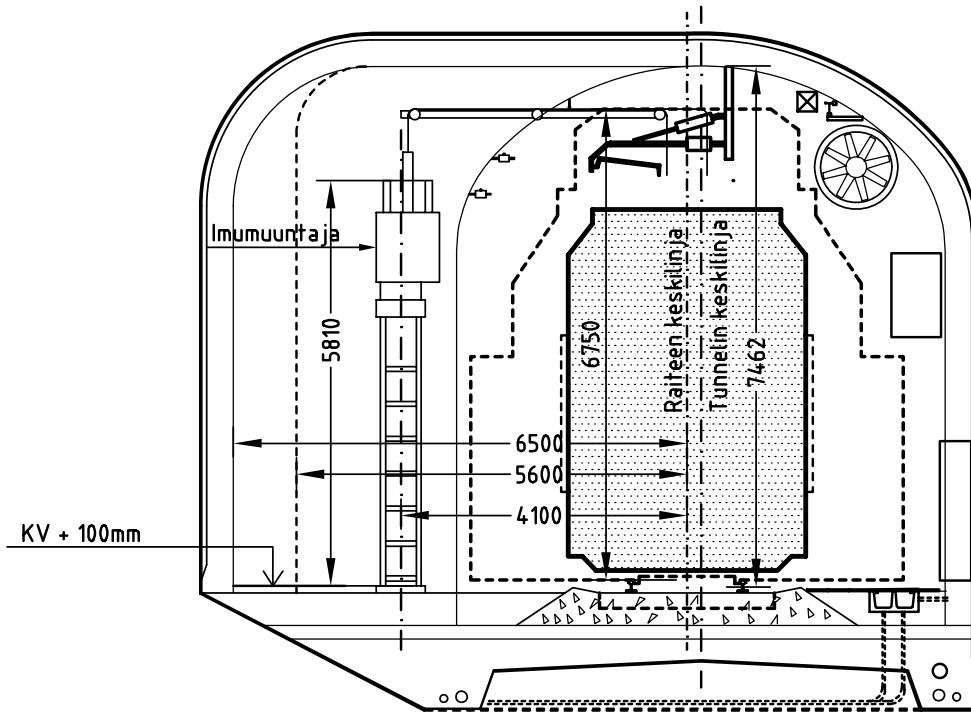
Ratatunnelin esimerkkipokkileikkaus, suora raide



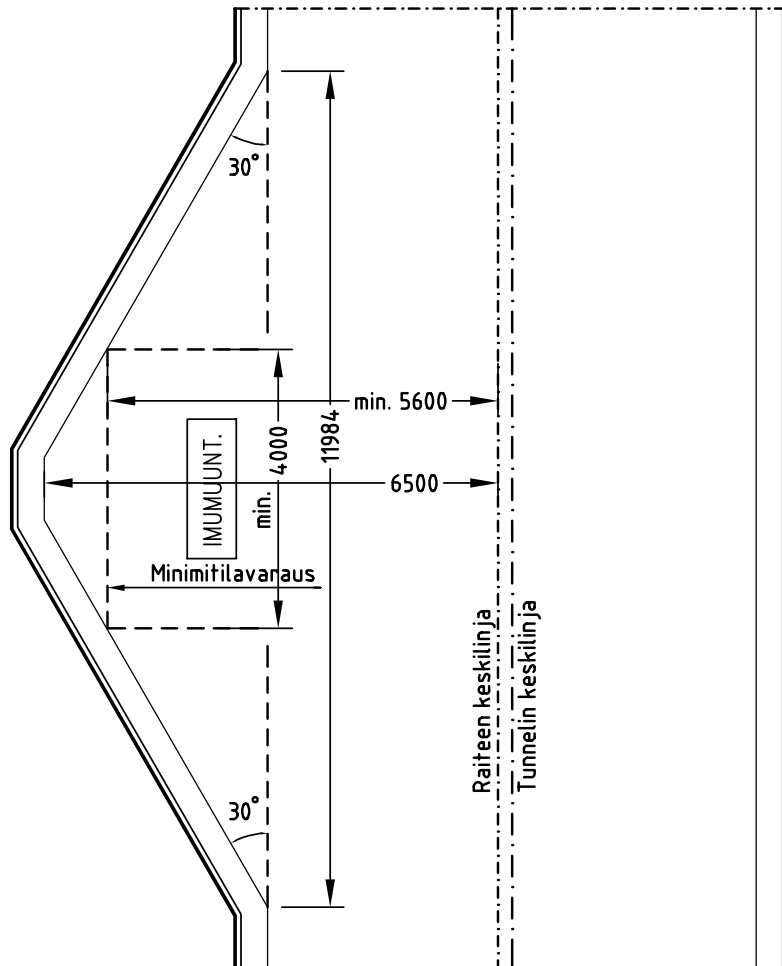
Ratatunnelin esimerkkipokkileikkaus, kallistettu raide



Imumuuntajan tilavaraus



POHJA 1:100



ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-6648
ISBN 978-952-317-559-4
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto

Tämä asiakirja on allekirjoitettu

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus