

## Avattavat sillat

### Suunnitteluohje





# Avattavat sillat

## Suunnitteluohje

Liikenneviraston ohjeita 1/2018

Liikennevirasto  
Helsinki 2018

*Kannen kuva: Seppo Heikkonen*

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-521-1

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Tekniikka ja ympäristö -osasto

Säädösperusta

-

Korvaa

-

Kohdistuvuus

Sillan suunnittelu

Voimassa

8.3.2018 alkaen toistaiseksi

Asiasanat

Sillat, suunnittelu, kunnossapito, taitorakenteet, ohjeet

## Avattavat sillat – Suunnitteluohje

Liikennevirasto on hyväksynyt tämän ohjeen käytettäväksi avattavien siltojen suunnittelussa. Ohjetta voidaan käyttää myös kunnossapidon ja käytön suunnittelussa sekä kuvauksena suunnitteluprosessin läpiviennistä. Ohjetta käytetään osana taitorakenteiden ja väylänpidon muuta ohjeistusta

Tekninen johtaja

Markku Nummelin

Silta-asiantuntija

Matti Piispanen

*Ohje hyväksytään sähköisellä allekirjoituksella.*

*Sähköisen allekirjoituksen merkintä on viimeisellä sivulla.*

LISÄTIETOJA

Matti Piispanen

Liikennevirasto

0295 34 3587

Liikennevirasto

PL 33  
00521 HELSINKI

puh. 020 637 373  
faksi 020 637 3700

kirjaamo@liikennevirasto.fi  
etunimi.sukunimi@liikennevirasto.fi

[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

## Esipuhe

Avattavien siltojen suunnittelusta ei ole ollut täsmällistä ohjeistusta. On käytetty jo rakennetuissa silloissa hyväksi havaittuja käytäntöjä, osin ulkolaisia ohjeita sekä sovellettu muuta suunnitteluohjeistusta.

Tähän ohjeeseen on kerätty hyväksi havaitut käytännöt sekä ohjeistettu puuttuvia osa-alueita. Ohje kattaa varsinaisen siltasuunnittelun lisäksi kone-, sähkö- ja automaattiosuunnittelun sekä sivuaa käytön ohjeistamista. Ohjeeseen on kuvattu myös vuonna 2014 käyttöön otettu avattavien siltojen CE-merkintä.

Ohjeen ovat työstäneet Juhani Hyvönen, Pontek Oy (projektipäällikkö ja siltatekniikka), Ari Tuomainen, Trafix Oy (sähkö-, automaatio- ja käyttötekniikka) ja Risto Hakkarainen, Etteplan Oy (konetekniikka).

Työtä ovat Liikennevirastossa ohjanneet Matti Piispanen (puheenjohtaja), Tero Sikiö (vesiväylänpito), Heikki Vakkila (sähkö-, automaatio- ja käyttötekniikka), Jukka Tuovinen, myöh. Sami Rasa (konetekniikka), Tuomas Kaira (siltatekniikka) sekä Markku Ahtiainen, myöh. Seppo Mikkonen (rautatietekniikka).

Helsingissä maaliskuussa 2018

Liikennevirasto  
Tekniikka ja ympäristö -osasto

## Sisältö

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Ohjeistuksen tavoitteet.....	7
1.2	Turvallisuustavoitteet ja riskien hallinta .....	7
1.3	Ohjeistuksen rajaukset.....	7
2	SUUNNITTELUN VAIHTEET .....	8
2.1	Sillan esisuunnittelu.....	8
2.2	Sillan yleissuunnittelu.....	9
2.3	Siltasuunnitelman laatiminen .....	10
2.4	Sillan rakennussuunnittelu .....	11
3	SILLAN RAKENTEIDEN SUUNNITTELU .....	13
3.1	Noudatettavat ohjeet, normit ja määräykset .....	13
3.2	Avattavan sillan toteutusvaihtoehdot .....	14
3.2.1	Kääntösilta.....	14
3.2.2	Läppäsilta .....	18
3.2.3	Nostosilta.....	21
3.2.4	Muut siltatyypit.....	23
3.3	Kuormat ja niiden yhdistely .....	23
3.3.1	Tieliikenteen kuormat.....	23
3.3.2	Rautatieliikenteen kuormat.....	23
3.3.3	Törmäyskuormat .....	23
3.3.4	Sillan avauksen aikaiset kuormat.....	24
3.3.5	Kuormien yhdistely .....	25
3.4	Siltojen poikkeukselliset mitoitustilanteet avattaessa .....	26
3.4.1	Kääntösilta.....	26
3.4.2	Läppäsilta .....	26
3.4.3	Nostosilta.....	26
3.5	Silloille asetettavat rakenteelliset vaatimukset .....	26
3.5.1	Päällysrakenteen vaadittu jäykkyys siltaa avattaessa .....	26
3.5.2	Päällysrakenteen stabiliteetti .....	27
3.6	Silloille asetettavat turvallisuusvaatimukset.....	28
3.6.1	Noudatettavat ohjeet ja määräykset.....	28
3.6.2	Rakenteille asetettavat vaatimukset .....	28
3.6.3	Koneistoille ja hydraulikkajärjestelmille asetettavat vaatimukset.....	29
3.6.4	Sillan käytölle asetettavat vaatimukset.....	29
4	AVATTAVAAN SILTAAN LIITTYVÄ ERI TEKNIKKALAJIEN RAKENNUSSUUNNITTELU .....	31
4.1	Sillan rakennussuunnitelma .....	31
4.1.1	Mitoituslaskelmat.....	31
4.1.2	Mekaaniset ohjaukset.....	31
4.1.3	Mekaaniset iskunvaimentimet .....	31
4.1.4	Liikuntasaumarakenteet .....	32
4.1.5	Siltatyyppien erityispiirteet rakennussuunnittelussa .....	33
4.2	Sillan huonetilat .....	35
4.3	Huoltotasot, -laitteet ja -tilat sekä kulkusillat .....	37
4.3.1	Suunnitteluperusteet.....	37
4.3.2	Nostoalueet .....	37

---

4.3.3	Pysäköinti- ja varastoalueet .....	37
4.3.4	Haalauslaitteet .....	37
4.4	Liikenteen hallinta.....	38
4.4.1	Tieliikenteen liikenteenohjaussuunnitelma .....	38
4.4.2	Radan turvalaitesuunnitelma .....	42
4.4.3	Vesiväylän merenkulun turvalaitesuunnitelma.....	42
4.4.4	Turvajärjestelmäsuunnitelma .....	43
4.5	Hydrauliikkasuunnitelma.....	43
4.5.1	Siltatyypistä riippumattomat ohjeet.....	43
4.5.2	Siltatyypikohtaiset ohjeet.....	51
4.6	Käyttöpalveluiden periaatteet.....	56
4.6.1	Paikalliskäyttö.....	56
4.6.2	Kaukokäyttö.....	56
4.6.3	Valvottu itsepalvelu .....	56
4.7	Väylä- ja aluevalaistussuunnitelma .....	57
4.8	Sähkösuunnitelma .....	58
4.9	Automaatiosuunnitelma.....	63
4.10	Tietoliikennesuunnitelma .....	69
4.11	Tietojärjestelmäsuunnitelma .....	71
4.12	Käyttöliittymäsuunnitelma.....	72
4.12.1	Käyttöpaikkana sillan paikallisvalvomo tai tekninen tila .....	72
4.12.2	Pääkäyttöpaikka .....	73
4.13	Testaus- ja käyttöönottosuunnitelma .....	75
4.14	Käyttö- ja hoitosuunnitelma.....	75
5	EY-VAATIMUSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMINEN.....	77
5.1	CE-merkintä ja EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus.....	77



# 1 Johdanto

## 1.1 Ohjeistuksen tavoitteet

Tässä ohjeessa käsitellään uusien ja saneerattavien avattavien siltojen suunnittelua.

Mahdollisessa ohjeen täydennysvaiheessa ohjeistetaan siltojen käyttö ja ylläpito.

## 1.2 Turvallisuustavoitteet ja riskien hallinta

Ohjeessa käsitellään avattavien siltojen keskeiset turvallisuustavoitteet ja riskien hallinta. Riskien hallinta on oleellinen osa konedirektiivin mukaisen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatimista.

Rautatiesiltojen yhteydessä on selvitettävä myös rataliikenteen turvajärjestelmien sil-  
lalle ja sen avauskäytännöille asettamat vaatimukset.

## 1.3 Ohjeistuksen rajaukset

Ohjeessa ei käsitellä uudelleen yleisiä sillan suunnitteluun ja sen eri vaiheisiin liittyviä asioita, jotka on esitetty Liikenneviraston muissa ohjeissa (mm Siltojen suunnitelmat, TIEL2172067-2000), vaan vain avattavien siltojen suunnitteluun liittyviä erityispiirteitä.

## 2 Suunnittelun vaihteet

Avattavan sillan suunnitteluvaiheet ovat periaatteessa samat kuin kiinteällä sillalla eli yleensä esisuunnittelu tehdään tien esisuunnittelun yhteydessä, yleissuunnittelu tien yleissuunnittelun yhteydessä ja siltasuunnittelu tien tiesuunnittelun yhteydessä.

Jos kysymyksessä on avattavan sillan saneeraus (esim. läpän muuttamien Scherzer-tyyppisestä sähkömekaanisesta kiinteäakseliseksi hydrauliseksi), suunnittelun vaiheet voivat olla itsenäisiä, koska tiesuunnitelmaan ei tule mitään muutosta.

Avattavan sillan rakennussuunnittelu on oma itsenäinen suunnitteluvaiheensa kuten kiinteillä silloilla.

### 2.1 Sillan esisuunnittelu

Yleensä sillan esisuunnittelu tehdään tien, radan tai vesiväylän esisuunnittelun yhteydessä, mutta voidaan tehdä myös omana erillisenä suunnitteluna. Tapauksissa, joissa ei ole tarvetta laatia oikeusvaikutteista yleissuunnitelmaa voidaan suunnittelua jatkaa osana toimenpidesuunnitelman tai tie-, rata- tai vesiväyläsuunnitelman laatimista.

Vapaan alikulkukorkeuden määrittämiseksi tulee selvittää väylällä liikennöivä aluskanta (air draft) ja liikennemäärät, jotta vaihtoehtoisten siltaratkaisujen vaatimien avausmäärien vaikutukset voidaan ottaa huomioon yhteiskuntataloudellisessa arvioinnissa.

Yleissuunnittelussa selvitetään tien, radan tai vesiväylän likimääräinen sijainti, tien kytkennät nykyiseen sekä tulevaan väyläverkostoon ja maankäyttöön, tekniset ja liikenteelliset perusratkaisut sekä ympäristöhaittojen torjumisen periaatteet. Suunnittelutarkkuus sovitetaan siten, että suunnitelman tekninen, taloudellinen ja ympäristöllinen toteuttamiskelpoisuus tulee varmistetuksi.

Lain mukainen ympäristövaikutusten arviointi (YVA) tehdään yleensä vasta seuraavan suunnitteluvaiheen eli alustavan yleissuunnittelun aikana.

Esisuunnittelussa tuotetaan tavoitteiden saavuttamiseksi vaihtoehtoisia ratkaisuja. Ne arvioidaan siinä laajuudessa, että päätös suunnittelun jatkamisesta tai keskeyttämisestä voidaan tehdä.

Avattavien siltojen esisuunnittelussa selvitetään normaalien väyliin ja siltaan liittyvien asioiden lisäksi esisuunnittelutasoisesti:

- sillan tyyppi
- alikulkevan liikenteen avattavuudelle asettamat vaatimukset
- ylikulkevan liikenteen avattavuudelle asettamat vaatimukset
- sillan käyttötapa (paikallis-/kaukokäyttö)
- sillan käyttöpaikka
- sähkö- ja tietoliikenneyhteyksien saatavuus
- sillan avauskäytäntö ja liikennemuotojen prioriteetit (aikataulutus)
- siltapaikan perustamisolosuhteiden vaatimukset
- sillan rakentamis- ja käyttökustannukset.

Siltatyypivaihtoehtoja vertailtaessa on kustannusten lisäksi otettava huomioon sillan rakenteiden vaikutukset virtaamiin, alusten navigoitavuus sillan kohdalla ja sitä lähesyttäessä, uitto- ja laivajohteiden tarve sekä odotuslaitureiden tarve.

Vapaa-ajan vesiliikenteen rajoitusten ja aikataulutuksen tarve selvitetään ja laaditaan näistä alustava ehdotus.

Sillan käyttöpalveluiden tarve ja saatavuus vaihtelevat suuresti kohteittain. Syväväylillä ja ammattiliikenteen väylillä käyttöpalvelut ovat joko paikalliskäyttö- tai kaukokäyttöpalveluita.

Suomeen ei saa rakentaa valvomattomia itsepalvelukäyttöisiä avattavia siltoja. Vain vähän liikennöidyillä laiva- ja veneväylillä kääntösilloilla voidaan sallia valvottu itsepalvelukäyttö. Läppäsiltoja ei rakenneta itsepalvelukäyttöisiksi, koska kevyenliikenteen turvallisuuden takaaminen on erittäin vaikeaa avaustilanteissa.

Sillan rakennus- sekä vuotuiset käyttö- ja ylläpitokustannukset arvioidaan esisuunnittelutasoisesti. Tietojärjestelmien kustannusosuus on usein merkittävä.

Esisuunnittelun raportissa ehdotetaan siltaratkaisua jatkosuunnitteluun.

## 2.2 Sillan yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa avattavien siltojen osalla käsitellään edellä esisuunnittelussa käsitellyt avattaviin siltoihin liittyvät erityispiirteet tarkemmin. Lisäksi seuraavat avattaviin siltoihin liittyvät asiat tarkentuvat tässä suunnitteluvaiheessa:

- tietoliikenne ja liikenteen ohjaus
- riskienhallinta.

Annetaan lopputuloksena suositus sillasta (tyyppi, päämitat, jne.) jatkosuunnittelun pohjaksi.

Tie-, vesi- ja raideliikenteen toimivuus arvioidaan kaikissa tarkasteltavissa vaihdoissa. Tarvittaessa tarkastellaan tie-, vesi- ja raideliikenteen toimivuutta yleissuunnitelman rajausta laajemmalla verkolla. Ratasillan avausmahdollisuudet arvioidaan junaliikenne-ennusteen perusteella.

Liikennemuotojen prioriteettijärjestys on:

- pelastusalusliikenne
- aikataulun mukainen junaliikenne
- hälytysajoneuvoliikenne
- aikataulun mukainen laivaliikenne
- hyötyalusliikenne
- aikataulutettu vapaa-ajan vesiliikenne
- tieliikenne
- vapaa-ajan vesiliikenne

Vähäliikenteisillä maanteillä sillan avauksia ei yleensä ole tarve rajoittaa. Vilkasliikenteisillä maanteillä sillan avaukset vapaa-ajan vesiliikenteelle voidaan rajoittaa työmatkaliikenteen ajaksi sekä aikatauluttaa avaustarpeen arvioinnin perusteella.

Sillan käyttöpalveluiden saatavuus (avausajankohdat) tulee olla vastaavat saman väylän muiden silta- ja sulkukohteiden kanssa.

Tarkistetaan sillan vesiliikenneaukon sijainti ja suuntaus väylällä, uitto- ja laivajohteiden sekä odotuslaitureiden ja hyötyliikenteen aluksien mahdollisten odotustilanteessa tarvittavien nojausseinien tai tihtaalien tarve. Siltarakenteiden ja väylän ruoppauksen tai täytön vaikutukset virtaamiin selvitetään tarvittaessa simuloimalla. Esitetään suunnittelussa käytettävät vesiliikenteen törmäyskuormat.

Selvitetään väylälle tarvittavat merkit ja turvalaitteet.

Tieliikenteen jonoutuminen sillan avauksen aikana arvioidaan liikenteen aikakustannusten selvittämiseksi.

Valitaan siltavaihtoehtoista parhaiten tavoitteisiin soveltuvat ratkaisut sekä vertaillaan niiden rakennus- ja käyttökustannuksia sekä liikenteellisiä vaikutuksia.

Laaditaan valitusta vaihtoehdosta alustava yleispiirustus ja kustannusarvio sekä arvioidaan vuotuiset käyttö- ja ylläpitokustannukset.

## 2.3 Siltasuunnitelman laatiminen

Siltasuunnitelma laaditaan aina uudesta avattavasta sillasta tai nykyisen avattavan sillan merkittävästä uusimisesta. Avattavien siltojen siltasuunnitelmia laadittaessa tutkitaan erilaiset tekniset ratkaisut ja eri liikennemuotojen toiminnalliset vaatimukset, sillä tarkkuudella, että siltasuunnitelman pohjalta tehtävä rakennussuunnittelu voidaan toteuttaa suoraan valittujen siltasuunnitelman ratkaisujen pohjalta.

Siltasuunnitelmaa laadittaessa käsitellään jälleen edellä esi- ja yleissuunnittelussa käsitellyt avattavien siltojen erityispiirteet, sillä tarkkuudella, että rakennussuunnittelu voi pohjautua valittuihin ratkaisuihin. Lisäksi tässä suunnitteluvaiheessa paneudutaan mm. siltaan liittyviin erityisiin lupa- ja merkintäkäytäntöihin:

- sillan avaustoimintojen kestoille asetettavat vaatimukset
- eri liikennemuotojen prioriteetit (pelastusajoneuvot)
- TRAFIn lupakäytännön alustava huomioonottaminen / rautatiesillat.

Edellisen suunnitteluvaiheen pohjalta selvitetään sillan toiminnalliset vaatimukset:

- toiminta-aikavaatimukset (yleensä sillan avaamis- ja sulkemisaika on alle 2 minuuttia)
- alus-, raide- ja tieliikenteen turvallisuusvaatimukset
- käyttö- ja ohjausperiaatteet
- viranomaisten yhteistyönä toteutettavien häiriönhallinnan vaikutus suunnitelmaan

- pelastusviranomaisten vaatimuksien vaikutus järjestelmän toimintaan ja käyttöön
- lisäksi tarpeen vaatiessa sillan käytön vaatimat henkilöresurssit, toimijoiden sitoutuminen järjestelmien ja palveluiden käyttöön sekä toimijoiden käytön-aikaiset vastuut

Sillan tekniset periaateratkaisut suunnitellaan ottaen huomioon edellä mainitut toiminnalliset vaatimukset:

- sillan rakenneratkaisut
- tietojärjestelmä-, tietoliikenne- ja tietoturvaratkaisut
- vesi-, raide- ja tieliikenteenohjauksen periaateratkaisut
- liikenteen järjestelyt käyttöönotossa
- lisäksi tarpeen vaatiessa järjestelmien periaatekaaviot (hydrauliikka-, sähkö-, tietoliikenne-, tieto- ja hallintajärjestelmät) rakenteisiin sekä väylän alitukseen tulevat kaapeliputki- ja kiinnitysvaraukset

Laaditaan riskianalyysi suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikaisten liikenteellisten riskien hallinta (Liikenneviraston ohjeet riskien hallinnasta) sekä koneturvallisuuden riskianalyysi

Laaditaan tai tarkennetaan edellisen suunnitteluvaiheen kustannusarviota ja hyötökustannuslaskelmaa sekä arvioidaan toteuttamiseen tarvittava aika.

Siltasuunnittelun keskeisimmät tulokset ovat sillan rakenteelliset ratkaisut ja sillan toiminnalliset vaatimukset, yhteensovitus muiden osasuunnitelmien kanssa sekä kustannusarvio.

Sillan toiminnalliset ja rakenteelliset periaateratkaisut esitetään itse tie- ja ratasuunnitelmassa, mutta yksityiskohtaisempi aineisto liitetään tie- ja ratasuunnitelman oheisaineistoon.

Siltasuunnitelman pohjalta haetaan sillan vesitalouslupa ja rautatiesilloissa lisäksi TRAFIn lupa.

## 2.4 Sillan rakennussuunnittelu

Avattavien siltojen toteuttaminen ST- tai muilla suunnittelua sisältävillä urakkamuodoilla on harvinaista ja yleensä epätarkoituksenmukaista, joten alustavan rakennussuunnitelman laatimisesta ei anneta ohjeita.

Avattaville silloille laaditaan normaalien (kiinteiden) siltojen rakennussuunnitelmien lisäksi suunnitelmat:

- liikenteenohjaussuunnitelma (myös rakentamisen aikana)
- koneistosuunnitelma
- valaistussuunnitelma
- sähkösuunnitelma
- automaatio-suunnitelma
- tietoliikenne- ja tietojärjestelmäsuunnitelma
- käyttöliittymän suunnitelma

- turvalaite- ja järjestelmäsuunnitelma
- sillan käyttöönottosuunnitelma

ja yleensä sillan valmistumisen jälkeen:

- käyttö- ja hoitosuunnitelma
- huolto- ja tarkastusohje.

Rakennussuunnittelun aikana pidetään yllä – tarpeen mukaan päivittäen - riskikarttaa ja otetaan huomioon standardien mukaiset turvallisuusvaatimukset.

Tie- tai rata suunnitelman ja rakennussuunnitelman aikavälin ollessa useita vuosia on tarpeen tarkistaa siltasuunnitelma.

## 3 Sillan rakenteiden suunnittelu

### 3.1 Noudatettavat ohjeet, normit ja määräykset

Liikenneviraston soveltamisohjeet Eurokoodeille:

- NCCI 1, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet
- NCCI 2, Betonirakenteiden suunnittelu
- NCCI 4, Teräs- ja liittorakenteiden suunnittelu
- NCCI 7, Geotekninen suunnittelu.

Eurokoodit:

- NCCI 4, kohdan 2 mukaiset eurokoodit.

Suomessa noudatetut avattavien siltojen suunnitteluperiaatteet:

- käsitellään seuraavissa ao. kohdissa.

CE-merkintä:

- CE merkinnän suhteen noudatetaan voimassa olevaa Suomen lainsäädäntöä ja merkintää koskevaa eurooppalaista ohjeistusta (rakennustuoteasetus n:o [305/2011](#) ja Euroopan komission rakennustuotedirektiivi 89/106/ETY)
- CE- merkintä vaaditaan kaikilta avattaviin siltoihin käytettäviltä komponenteilta
- sillan teräsrakenteen CE-merkitsee sen valmistaja, jolla pitää olla oikeus merkintään
- koko sillalle vaaditaan CE-merkintä, sillan rakentaja (urakoitsija) 'merkitsee'.
- Sillan suunnittelijan tulee osallistua sillan turvallisuussuunnitteluun ja laatia Liikenneviraston ohjeistuksen mukainen riskienhallintasuunnitelma (R1-4).

## 3.2 Avattavan sillan toteutusvaihtoehdot

### 3.2.1 Kääntösilta



Kuva 1. Nerכון kääntösilta.

#### 3.2.1.1 Käyttökohteet ja -rajoitukset

Kääntösilta soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa sillalla kulkeva väylä on kapea – siis kapeille (paikallis-) teille ja rautateille. Koska sillan vesiliikenneaukon kohdalle tuleva jännemitta muodostuu itse vesiliikenneaukon leveydestä lisättynä sillan kannen leveyden puolikkaalla, leveä silta kasvattaa merkittävästi kyseistä jännemittaa.

Vesiväylän leveyden ollessa suuri joudutaan sillan pääkannattajat toteuttamaan ristikorakenteisina, koska avaustilanteessa sillan kärki ja perä ovat ulokkeina. Peräuloketta voidaan lyhentää vastapainoja käyttämällä. Kun silta on käännetty vesiliikenne asentoon, se on vesiliikenneväylän suuntainen. Tämän vuoksi sillan kansi tarvitsee vesiliikenneasennossa suojakseen törmäysjohteen koko käännettävän kannen pituudelta.

Yleensä kääntösillan päällysrakenne on kokonaisuudessaan teräksinen, mutta vähäliikenteisillä paikallisteillä ja kevyen liikenteen väylillä ajorata voidaan toteuttaa puurakenteisena. Puurakenne aiheuttaa kuitenkin ongelman sillan tasapainon suhteen, koska puun ominaispaino vaihtelee huomattavasti sen kosteuden mukaan. Viime vuosikymmeninä on useiden alemman luokan teillä olevien kääntösiltojen vanha puinen kansirakenne muutettu teräsrakenteiseksi.



### 3.2.1.2 *Stabilointitapa avattaessa*

#### **Vastapainotus**

Kääntösilta voi olla tasavartinen eli sekä vesiliikenneukon että perän puoleinen jänne-mitta ovat yhtä suuret ja silta kääntöpilarin suhteen suunnilleen tasapainossa. Tasa-vartisuudesta on se etu, että sillan kannen oma paino pysyy mahdollisimman pienenä, jolloin myös kaikki sillan liikutteluun (kääntämiseen ja kääntöasentoon asettamiseen) tarvittavat laitteet pysyvät kevyempinä. Toisaalta sillan avauksen/sulkemisen aikana sillan varsiin kohdistuvat tuulikuormat ovat paremmin tasapainossa kuin erivartisella sillalla.

Usein silta kuitenkin toteutetaan erivartisena, eli vesiliikenneukon puoleinen sillan varsi on pidempi kuin perän puoleinen. Tällöin sillan perän puoleinen varsi joudutaan vastapainottamaan. Tämä tapahtuu sijoittamalla peräulokkeen kärkeen kannen alapuolelle keinotekoisia painoa (teräs tai betoni) niin, että sillan kansi on avausasen-nossa vaadittavalla tavalla tasapainossa. Koska päällysteen kuluminen aiheuttaa tasa-painotilan lievää muuttumista, tarvitaan vastapainotettuun siltaan lisäksi ns. säätövas-tapainoja, jotka ovat yleensä irrallisia teräsosia – useimmiten vanhoja ratakiskoja.

#### **Kääntölaakeri (kuninkaantuoli) ja kantopyörät**

Kääntösillan asettaminen tie- tai rataliikenneasennosta vesiliikenneasentoon eli au-kaisu tapahtuu suomalaisilla perinteisillä kääntösilloilla seuraavasti:

- Silta ovat kääntölaakerin suhteen lievästi peräpainoinen, jolloin vapautetta-essa perän liikennelaakerit, perä painuu alaspäin ja sillan kärki nousee ylös lii-kennelaakereilta. Perää laskettaessa sillan paino siirtyy kääntöpilarilla ensin sillan liikennelaakereilta kääntölaakerille ja perän edelleen laskiessa alaspäin osittain kantopyörille. Näin ollen silta on lopullisessa kääntöasennossaan kääntölaakerin (kuninkaan tuolin) ja kahden kantopyörän varassa.
- Tämän jälkeen silta on valmiina käännettäväksi kääntölaakerin ja kantopyörien varassa.

#### **Kääntyvä kääntöpilari**

Edellisestä poiketen voidaan sillan kääntäminen tehdä kääntöpilarin alapään tasolla (esim. Visuveden kääntösilta, Ruovesi). Tällöin sillan aukaiseminen tapahtuu osittain edellisestä poikkeavalla tavalla:

- Sillan kansi on nivelöity kääntöpilariin kummankin pääkannattajan alla olevilla laakeroinneilla. Kun perän liikennelaakerit vapautetaan samaan tapaan kuin kääntölaakeria ja kantopyöriä käytettäessä, laskee perä alaspäin kääntöpila-rilla olevien tukien varaan ja sillan kärki nousee ylös liikennelaakereiltaan, jol-loin silta on valmis käännettäväksi. Tällöin silta on kokonaan kääntöpilarin va-rassa.
- Kääntöpilari on teräsrakenteinen pystyasennossa oleva halkaisijaltaan hieman sillan pääkannattajaväliä suurempi teräsrakenteinen sylinteri, joka on alapääs-tään laakeroitu koko kehältään kääntöpilarin alapäässä olevan teräksiseen kääntökehään. Koko kääntöpilari kääntyy sillan kannen mukana avattaessa sil-taa kääntökehän varassa.

### Jäykkä kääntöakseli

Varsinkin kevyen liikenteen kääntösilloissa (esim. Ylisoutajan silta, Joensuu) on käytetty edellisistä poikkeavaa menettelyä siltaa avattaessa:

- Sillan kääntöpilarilla on kääntöpilariin jäykästi kiinnitetty pyöreä ja riittävän jäykkä pystyakseli. Silta on laakeroitu tähän akseliin kahdella tavalla: akselin alapäässä on pystykuormia ottava laakerikehä ja silta on tuettu ala- ja yläpäästään vaakasuuntaisin laakeroinnein akseliin.
- Siltaa avattaessa sekä sillan kärjessä että perässä olevat liikennelaakerit vapautetaan pääkannattajien alta ja tämän jälkeen silta käännetään em. pystyakselin ympäri laakerikehän varassa akselin ylä- ja alareunassa olevien laakerointien pitäessä sillan samassa asennossa kääntöakselin suhteen koko avauksen / sulkemisen ajan.
- Silta voi olla tasavartinen, vastapainotettu tai vastapainottomaton. Pystyakselin tulee pitää silta vaaditussa asennossa koko avauksen ajan, jolloin akseli ja sen laakeroinnit tulee olla mitoitettu myös 'vastapainotusta' vastaavasti.

#### 3.2.1.3 Käyttötapa

### Sähkömekaaninen

Kääntäminen tapahtuu vanhoissa ennen 70-lukua valmistuneissa silloissa sähkömekaanisesti. Kun sillassa on kääntölaakeri ja kantopyörät, laitteet ja toiminta ovat hyvin yksinkertaisia:

- Sillan perä lasketaan alas sähkömoottorin käyttämän epäkesko- tai vipulaitteiston avulla
- Kääntämistä varten kääntöpilarin yläpintaan on kiinnitetty kääntökehä, johon kantopyörät tukeutuvat
- Sillan kannessa on sähkömoottori, joka pyörittää vaihteiston kautta hammaskehällä olevaa hammaspyörää.
- Kun silta lasketaan kääntölaakerin (kuninkaantuolin) ja kantopyörien varaan, asettuu hammaspyörä hammaskehälle ja silta voidaan avata käynnistämällä sähkömoottori.

Kääntöpilarin ollessa sillan mukana kääntyvä, kääntökoneisto sähkömoottoreineen on kääntöpilarin terässylinterin sisällä kiinnitettynä siihen. Sillan perän laskeminen aukaisuasentoon tapahtuu sähkömoottorilla/sähkömoottoreilla, jotka pyörittävät vaihteiston kautta hammaspyörää, joka kääntää siltaa kääntöpilarin betonirakenteessa kiinni olevasta hammaskehästä. Tällöin koko teräsrakenteinen kääntöpilari kääntyy kääntökehän varassa.

Jäykkäkääntöakselisia siltoja ei ole toteutettu Suomessa sähkömekaanisina.

### Hydraulinen

Sillan perän laskeminen aukaisuasentoon tapahtuu hydraulikalla aivan vastaavasti kuin sähkömekaanisesti joko epäkeskon tai vipulaitteiston avulla. Nyt käyttö tapahtuu vain hydraulisyylintereillä.

Sillan kääntäminen tehdään yleensä kahdella kääntökeskiön eri puolilla vaikuttavalla hydraulisyylinterillä. Näin sen vuoksi, että tällöin sekä siltaa avattaessa että suljettaessa toinen sylintereistä vetää ja toinen työntää eli kokonaisvoima on sekä avattaessa että

suljettaessa saman suuruinen. Menettely on periaatteessa sama, olipa silta perinteinen (kääntölaakeri ja kantopyörät), kääntyväpilarinen tai jäykkäakselinen.

#### **3.2.1.4 Sillan lukitus kiinni- ja aukiasentoon**

##### **Kiinniasento**

Kääntösillan lukitus kiinniasentoon (tieliikenneasentoon) tapahtuu yleensä sillan kärjessä. Kun sillan perä nostetaan liikennelaakerien varaan, sillan kärki ohjautuu kärjen puoleisessa maa-/tai välituessa olevan hahlon ja sen kannessa olevan vastakappaleen avulla oikealle paikalleen. Erityisen tärkeää sillan saaminen sivusuunnassa tarkalleen oikeaan asentoon on rautatiesilloilla, koska ratakiskojen tulee olla sillan päissä jatkuvia ennen kuin liikenne päästetään sillalle.

Koska auringon paiste voi aiheuttaa sillassa käyristymistä sillan poikkisuunnassa, tulee - varsinkin rautatiesilloilla - olla lisäksi kohdistuslaite sillan perän puoleisessa päässä kiskojen jatkuvuuden varmistamiseksi.

##### **Aukiasento**

Kääntösillan aukiasennon tarkkuusvaatimus ei ole lähellekään samaa luokkaa kuin kiinniasennon. Tämän vuoksi lukitus, joka pitää sillankannen täsmälleen oikeassa asennossa ei ole tarpeen, vaan riittää, kun silta pysyy suunnilleen aukiasennossa eikä liiku tuulen vaikutuksesta. Tällaiseksi tueksi riittää usein laivajohteen yhteyteen sillan kärjen puolelle rakennettu nojaustuki, johon sillan kärki tarpeen vaatiessa myös lukietaan. Vaihtoehtoisesti lukitus voi pienemmillä silloilla tapahtua kääntöpilarilla.

Sillan kääntökoneiston jarrujen pitää kuitenkin aina pystyä pitämään silta paikoillaan avattuna.

#### **3.2.1.5 Varakäyttömahdollisuus / -tapa**

##### **Varavoimalla**

Uudet ja/tai suuret kääntösillat varustetaan yleensä varavoimalla, jonka avulla siltaa voidaan käyttää myös sähkökatkon sattuessa. Varavoima voidaan toteuttaa joko polttomootorikäyttöisellä sähkögeneraattorilla tai akustolla. Varavoimalla käytettäessä sillan nopeus on kuitenkin aina selvästi varsinaista käyttöä hitaampaa.

##### **Käsiikäytöllä**

Kaikilla Suomen vanhoilla kääntösilloilla varakäyttö tapahtuu käsin kammin tai kampien avulla ja on siten vaivalloinen ja hidas. Uudet sillat varustetaan aivan pienimpiä lukuun ottamatta varavoimalla.

### 3.2.2 Läppäsilta



Kuva 2. Kansolan läppäsilta.

#### 3.2.2.1 Käyttökohteet ja -rajoitukset

Läppäsilta soveltuu kääntösilltaa paremmin tapauksiin, jossa sillan yli kulkeva väylä on leveä.

Läppäsilltaa ei yleensä saada aukiasennossa kokonaan pois vesiväylän kohdalta. Tämä voi aiheuttaa vastaavanlaisen ongelman kuin kääntösillassa: sillan leveys eli sillan väylän puoleisen osan jännemittaa joudutaan kasvattamaan, jotta vesiliikenneaukossa olisi riittävästi tilaa.

Koska läppä kääntyy ylös sen sijaan että kääntyisi vesiväylän suuntaiseksi kuten kääntösilta, jäävät laivajohteet yleensä läppäsillalla selvästi lyhyemmiksi kuin kääntösillalla.

Myös läppäsillan pääkannattajat joudutaan tekemään ristikkorakenteisina, jos avausasennon kärkiuloke kasvaa hyvin suureksi. Tämä aiheuttaa ongelmia sillan avauksen kanssa – varsinkin hydraulista avausmenetelmää käytettäessä.

Läppäsilta voidaan toteuttaa myös ns. kaksivartisena. Suomessa ei ole ainuttakaan kaksivartista läppäsilltaa, mutta Euroopasta löytyy useampia. Ne ovat sekä Scherzer-tyyppisiä että kiinteäakselisia.

### **3.2.2.2 Vastapainotusaste**

Melkein kaikki viime vuosituhanen puolella rakennetut läppäsillat ovat lähes täysin vastapainotettuja. Tämä tarkoittaa, että sillan kärjen tukireaktiot omasta painosta ovat vain 10...30 kN. Näin sähkömekaanisten käyttökoneistojen tehontarve jäi varsin pieneksi. Nämä sillat vaativat kuitenkin lukituksen vähintäänkin sillan kärkeen, mutta isommilla silloilla myös perään vastapainon takapuolelle, jotta silta ei nousisi pystyyn liikenteen kuormista tai jotta perän liikuntasauaman kohdalle ei syntyisi ajorataan liikennettä haittaavaa 'pykälää'.

Tämän vuosituhanen puolella Suomessa rakennetut sillat on puolestaan toteutettu vain osittain vastapainotettuina. Tällöin sillan kärjen tukireaktio omasta painosta on säädetty vastapainolla sellaiseksi, että sillan kärki pysyy laakeria vasten, vaikka liikenne olisi vain perän ulokkeen päällä.

### **3.2.2.3 Vastapainon asema**

Suomalaisissa läppäsilloissa vastapaino on aina sijoitettu kannen alapuolelle kiinteään asemaan.

Vastapaino on mahdollista sijoittaa myös kannen yläpuolille, kuten ns. hollantilaisessa läppäsillassa. Tämä ei kuitenkaan ole mielekäs ratkaisu jännemitaltaan suuremmassa sillassa.

Toisaalta hyvin suurissa silloissa vastapaino on usein sijoitettu omaan kammioonsa ja ripustettu nivelellisesti sillan perästä.

### **3.2.2.4 Käyttötapa**

Suurin osa viime vuosituhanen puolella valmistuneista läppäsilloista on sähkömekaanisia ja ns. Scherzer-tyyppisiä. Nämä sillat ovat lähes täysin vastapainotettuja ja niissä on kummankin pääkannattajan alapuolella vierintäsegmentti, joka vierii pitkin vierintärataa taaksepäin siltaa avattaessa. Näin silta siirtyy kauemmaksi silta-aukosta ja avaa siten vesiliikenteelle enemmän tilaa. Kaikki Suomessa ennen 90-lukua valmistuneet läppäsillat ovat tällaisia.

Uudemmat Suomen läppäsillat ovat kiinteäakselisia, hydraulikäyttöisiä ja vain osittain vastapainotettuja. Kiinteäakselisuudesta on seurauksena, että läpän kärjen puoleinen jänne joudutaan tekemään Scherzer-tyyppistä läppää pidemmäksi, koska silta ei liiku avattaessa pois päin vesiliikenneaukosta. Toisaalta kiinteäakselisuus tekee sillan rakenteista paljon keveämpiä ja yksinkertaisempia.

Sillan avaus tapahtuu hydraulisynterien avulla. Sylinterit on yleensä sijoitettu noin karkijänteen 1/5...1/6-osapisteeseen nivelten etupuolelle. Optimaalinen sylinterien lukumäärä on kaksi.

Sillan nivelet ovat yleensä huoltovapaita standardinivellaakereita, jotka toimivat sillan ollessa kiinni myös liikennelaakereina.

### **3.2.2.5 Aukiasennon lukitus**

Scherzer-tyyppiset läppäsillat pidetään aukiasennossa paikoillaan sähkömekaanisen koneiston jarrujen avulla. Sillat on kuitenkin varustettu pidempiaikaisia huoltotöitä varten mekaanisella lukitusmahdollisuudella.

Hydraulikäyttöiset kiinteäakseliset läppäsillat pidetään normaalin käytön aikana aukiasennossa hydraulisylinterien avulla. Myös näissä läppäsilloissa on huoltotöitä varten mahdollisuus lukita tai tukea läppä aukiasentoon mekaanisesti.

### **3.2.2.6 Varakäyttömahdollisuus/-tapa**

#### **Varavoima**

Uudet läppäsillat varustetaan yleensä varavoimalla, jonka avulla siltaa voidaan käyttää rajoitetusti myös sähkökatkon sattuessa.

Scherzer-tyyppisiä läppäsilloja voidaan periaatteessa avata ja sulkea varavoimalla, koska ne ovat lähes täysin vastapainotettuja. Varavoimalla käytettäessä sillan nopeus on kuitenkin aina selvästi varsinaista käyttöä hitaampaa. Sen sijaan kiinteäakselisia, osittain vastapainotettuja hydraulisia läppäsilloja ei voida lainkaan avata varavoimalla. Ne voidaan pelkästään sulkea hallitusti sähkökatkon aikana.

#### **Vaihtoehtoinen sähköliittymä**

Toinen harvemmin käytetty keino sillan sähkökatkon aikaisen toiminnan varmistamiseksi on toinen vaihtoehtoinen sähköliittymä. Tällöin siltaa ei varusteta lainkaan varavoimalla.

#### **Käsi käyttö**

Vanhemmissa lähes täysin vastapainotetuissa Scherzer-tyyppisissä silloissa on käsikäyttömahdollisuus, mutta se on niin hidas ja työläs, joten sitä on harvemmin käytetty.

Kiinteäakselisia hydraulisia läppäsilloja ei varusteta lainkaan käsikäyttömahdollisuuksia.

### 3.2.3 Nostosilta



Kuva 3. Tikkalansaaren nostosilta.

#### 3.2.3.1 Käyttökohteet ja -rajoitukset

Nostosilta on tyypillinen avattavan sillan tyyppi, kun vesiliikenne aukko on niin leveä, että edes kaksivartinen läppäsilta ei tule kysymykseen.

Nostosillassa on käänntö- ja läppäsillan verrattuna se heikkous, että sillalle jää myös aukiasennossa rajoitettu alikulkukorkeus. Koska siltaa käytetään usein vesiliikenne aukon ollessa leveä ja näin ollen suurten laivojen käyttämä, niin vesiliikenteen alikulkukorkeusvaatimus on huomattavan suuri. Tästä syystä siltojen nostotorneista tulee yleensä korkeita.

#### 3.2.3.2 Stabilointitapa avattaessa

##### Mekaaninen ohjaus sillan päissä

Sähkömekaanisissa nostosilloissa stabilointi sillan avauksen aikana tapahtuu yksinkertaisesti sillan jokaiseen neljään kulmaan kiinnittyvän nostovaijerin ja sen käyttökojeiston avulla.

Sekä hydraulisissa että sähkömekaanisissa stabilointi voidaan suorittaa myös täysin mekaanisesti. Tällöin sillan päällysrakenteen tulee olla vääntöjäykkä ja sillan päissä hyvin jäykät kehät. Tämä on yleensä mahdollista vain silloin, kun sillassa on ristikkorakenteiset pääkannattajat (ratasilta).

## Sähköinen seuranta ja ohjaus

Nykyisin on mahdollista seurata sähköisesti sillan kulmien suhteellisia asemia ja korjata kulmien asemia tarvittaessa. Tämä on mahdollista niin sähkömekaanisissa kuin hydraulisissa silloissa.

### 3.2.3.3 Käyttötapa

#### Sähkömekaaninen

Vanhemmat nostosillat ovat lähes pelkästään sähkömekaanisia ja täysin vastapainotettuina. Myös uudemmat sillat ovat käyttötavaltaan samanlaisia, jos nostomatka on suuri. Itse nostaminen tapahtuu nostotornien ja ketjujen tai vaijerien avulla.

Periaatteessa sähkömoottori voidaan kuitenkin nykyään korvata hydraulimoottorilla. Tällöin pienemmät sillat voidaan toteuttaa ilman vastapainotusta, mutta suuret nostosillat vastapainotetaan edelleen lähes täysin.

#### Hydraulinen

2000-luvun lopulta alkaen on nostosilloja rakennettu myös hydraulisyylintereitä käyttäen. Koska hydraulisyylintereillä on rajallinen iskunpituus, ei useampivaiheisia sylintereitäkään käyttäen päästä valtamerilaivojen vaatimiin nostokorkeuksiin.

Sen sijaan sisävesillä, vaadittavan alikulku- ja nostokorkeuden ollessa kohtuullinen, hydraulisyylinterikäyttöinen nostosilta on täysin mahdollinen. Tällöin ei varsinaisia nostotorneja tarvita kuin noston ohjaukseen, koska sylinterien oikea käyttötapa on työntö. Myöskään vastapainotus ei ole enää tarpeen kuin suurimmissa hydraulisyylinterikäyttöisissä silloissa.

### 3.2.3.4 Sillan ohjaus noston aikana

Vanhemmissa nostosilloissa sillan ohjaukseen noston aikana käytettiin pelkästään rullastoja.

Nykyään rullat on korvattu lähes täysin liukumuoveilla.

### 3.2.3.5 Aukiasennon lukitus

Jos nostosilta halutaan lukita pidemmäksi ajaksi yläasentoon esim. huoltotoimenpiteitä varten, on se tehtävä mekaanisesti. Rautatiesilloissa tämä ei yleensä ole tarpeen, koska raideliikenteen prioriteetti on niin korkea, ettei raideliikennettä voida katkaista pitkäksi aikaa eli silta huolletaan pääosin kiinniasennossa. Myös maantiesilloissa menetellään yleensä näin ja huollot tapahtuvat talviaikaan, jolloin siltaa ei tarvitse avata vesiliikenteelle.

### 3.2.3.6 Varakäyttömahdollisuus/-tapa

Koska nostosilloissa nosto tapahtuu sillan jokaisesta kulmasta, ei käsikäyttömahdollisuutta käytännössä ole edes täysin vastapainotetuissa silloissa, koska käsikäytön tulisi tapahtua samanaikaisesti kaista neljästä kulmasta.



Ainoaksi varakäyttötavaksi jää näin ollen varavoima. Sillan avaukseen se on mielekäs vain täysin vastapainotetuilla (sähkömekaanisilla) nostosilloilla.

Hydraulitoimisilla nostosilloilla varavoimaa voidaan käytännössä käyttää vain sillan hallittuun alas laskemiseen, mutta ei nostoon kuin aivan pienillä silloilla, jotka taasen eivät kuulu nostosillan käyttöalueeseen lainkaan.

#### **3.2.4 Muut siltatyypit**

Muita mahdollisia avattavien siltojen tyyppejä ovat erilaiset paikoiltaan siirrettävät sillat (rulla-, työntö- yms. sillat). Näitä ei ole lainkaan rakennettu Suomeen.

### **3.3 Kuormat ja niiden yhdistely**

#### **3.3.1 Tieliikenteen kuormat**

Silta mitoitetaan sen ollessa tieliikenneasennossa (kiinni) samoille kuormille kuin ajoneuvoliikenteen sillat normaalisti eli Liikenneviraston voimassa olevan 'Eurokoodien soveltamisohjeen, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1' mukaisille kuormille.

#### **3.3.2 Rautatieliikenteen kuormat**

Silta mitoitetaan sen ollessa rautatieliikenneasennossa (kiinni) samoille kuormille kuin raideliikenteen sillat normaalisti eli Liikenneviraston voimassa olevan 'Eurokoodien soveltamisohjeen, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1' mukaisille kuormille.

#### **3.3.3 Törmäyskuormat**

##### **3.3.3.1 Silta**

Avattavat sillat mitoitetaan eurooppalaisen standardin SFS-EN 1991-1-7 mukaisille vesiliikenteen törmäyskuormille. Liikenneviraston 'Eurokoodien soveltamisohjeen, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet - NCCI 1 kohdassa F.4.8 on annettu lisäohjeistusta siltoja mitoitettaessa käytettävistä törmäyskuormista.

Saimaan syväväylien silloilla alusrakenteiden törmäyskuormina on käytetty yleensä vesiliikenteen suuntaa (kohtisuoraan siltaa vastaan) 2...3 MN ja kohtisuoraan vesiliikennettä vastaan (sillan suuntaan) puolta tästä. Eurokoodin mukaan Saimaan syväväylän mitoitustörmäyskuorma on 5 tai 10 MN aluksesta riippuen ja tämäkin arvio on alakanttiin mahdollisen sulkupidennyksen jälkeen. Mitoituksessa jouduttaneen siirtymään todennäköisyysmitoitukseen ja/tai jyrkeviin johderatkaisuihin.

Avattavan sillan päällysrakennetta ei yleensä ole mitoitettu lainkaan törmäyskuormille, koska sillan aukko avattuna on mitoitettu niin, että vesiliikenne mahtuu siitä, ja lisäksi varustettu sivusuunnassa laivajohtein.

### 3.3.3.2 Laivajohteet ja uittojohteet

Laivajohteet mitoitetaan hankekohtaisesti sovittaville kuormille, jotka ovat yleensä olleet Saimaan syväylyllä 0,5...1,5 MN kohtisuoraan johteita vastaan.

Uittojohteiden kuormat ovat yleensä selvästi laivajohteiden kuormia pienemmät ja nekin sovitaan hankekohtaisesti vesistössä käytettävän uittotavan ja lautan leveyden mukaan.

### 3.3.4 Sillan avauksen aikaiset kuormat

#### 3.3.4.1 Oma paino ja sen vaihtelut (päällysteen kuluminen)

Siltatyyppistä riippumatta sillan oman painon päällysteen kulumisesta johtuva vaihtelu voi olla +0,10 tai -0,15 kN/kansi-m<sup>2</sup>.

Läppä- ja kääntösilloissa säätöpainojen määrä ja niitä varten varatut tilat sekä sillan avauksen aikaiset tilanteet mitoitetaan tälle kuormalle.

Leveillä silloilla, joilla on neljä ajokaistaa / kaksi ajorataa, oletetaan toisen reunan ajokaista kuluneeksi (-0,15 kN/m<sup>2</sup>) ja toisen reunan 'ylipäällystetyksi' (+0,10 kN/m<sup>2</sup>),

Sillan kannen ollessa puurakenteinen, tutkitaan avausaikaiset kuormitustilanteet ja stabiliteetti käyttäen painekyllästetyn puukannen ominaispainolle vaihteluväliä 6,0±1,0 kN/m<sup>3</sup>.

#### 3.3.4.2 Lumikuorma

Vaikka siltaa ei avattaisi talviaikaan, avauksen aikaisena mitoituslumikuormana käytetään 0,25 kN/m<sup>2</sup>. Kuorma voi sijaita läppä- ja kääntösilloissa pelkästään perän- tai kärkiulokkeen puoleisella kannen osalla koko kannen leveydellä.

#### 3.3.4.3 Tuulikuorma (avattaessa)

Mitoidettaessa avattavien siltojen rakenteita sillan ollessa tie- tai raideliikenneasennossa (kiinni), käytetään mitoituskuormina samoja tuulikuorman arvoja kuin kiinteille silloille (NCCI 1, kohta C).

Sillan avauksen aikana sillan rakenteet ja koneistot mitoitetaan tuulikuormalle 0,50 kN/m<sup>2</sup>, joka voi vaikuttaa joko sillan suuntaan tai kohtisuoraan siltaa vastaan.

Sillan ollessa auki asennossa rakenteet ja koneistot mitoitetaan joko sillan suuntaan tai kohtisuoraan siltaa vastaan vaikuttavalle tuulikuormalle, jonka suuruus on 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

Mikäli silta sijaitsee maastoluokkaa 0 tai I vastaavissa olosuhteissa, päätetään mitoituksessa käytettävä tuulikuorman suuruus tapauskohtaisesti.

#### 3.3.4.4 Hitausvoimat

Mitoidettaessa sillan avauskoneistoja hitausvoimat otetaan huomioon sillan todellisten (suunniteltujen) kiihdytyksien ja hidastuksien sekä dynamiikan kaavojen mukaan.

#### **3.3.4.5 Hätä-seis**

Periaatteessa sillan 'häätä-seis'-pysäytys pitää suunnitella siten, että se tapahtuu hidastuksen kautta eikä äkkipysäytyksenä eli viivästettynä / hidastettuna

Rakenteiden mitoitus suoritetaan suunnitelmien mukaisen hätäpysäytyksen aiheuttamille hitausvoimille.

#### **3.3.4.6 Ulkoiset ja sisäiset kitkat**

Avauskoneistojen mitoituksessa tulee ottaa huomioon avauksen aikana putkistoissa, laakereissa ja nivelissä vaikuttavat kitkat ja/tai hydrauliiikan virtausvastukset.

Jos näistä ei ole käytettävissä tarkempia arvoja, oletetaan niiden yhteisarvoksi 10 % ilman niiden vaikutuksia vaaditusta avausvoimasta.

#### **3.3.4.7 Dynaamiset kuormat/kertoimet avattaessa**

Avauksen aikaisia mitoitusilanteita tarkasteltaessa sillan omanpainon sysäyskertoimenä käytetään 1,10.

#### **3.3.4.8 Vikatilanteet**

Avattavien siltojen yleisimmät rakenteiden ja koneistojen mitoituksessa huomioon otettavat vikatilanteet ovat seuraavat:

- Hydraulisen kääntösillan toinen kääntösyylinteri on vioittunut tai hydrauliputket rikkoutuneet eikä sylinteri osallistu sillan kääntämiseen.
- Hydraulisen läppäsillan yksi sylinteri on vioittunut, jolloin se ei osallistu sillan avaukseen / sulkemiseen.
- Hydraulisen nostosillan yhden kulman nostosylinteri tai sen putkisto on rikki eikä sylinteri osallistu sillan avaukseen / sulkemiseen.

Kaikki edellä kuvatut tilanteet katsotaan onnettomuustilanteiksi (osavarmuus- ja yhdistelykertoimet).

### **3.3.5 Kuormien yhdistely**

#### **3.3.5.1 Sillan ollessa kiinni (tie- tai raideliikenne)**

Noudatetaan Liikenneviraston voimassa olevan 'Eurokoodien soveltamisohjeen, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1' mukaisille kuormille.

#### **3.3.5.2 Sillan avauksen aikana**

Siltaa avattaessa ulkoinen kuorma on tuulikuorma. Muut kuormat syntyvät avauslaitteiden kitkasta, hitausvoimista ja sysäyskuormista.

Yhdistettäessä kuormia sillan tai avauslaitteiden rakenteellista mitoitusvarten, syys otetaan huomioon kertomalla sillan omapaino sysäyskertoimella 1,10. Avauslaitteiston kitka (3.3.4.6) ja hitausvoimat (3.3.4.4) otetaan huomioon kuten omapaino, mutta ilman sysäyskerrointa. Muuten kuormien yhdistely suoritetaan voimassa olevan Liikenneviraston soveltamisohjeen NCCI 1 mukaan.

Mitoitettaessa sähkömoottoreita ja hydraulisylintereitä (avaukseen tarvittavan voiman tuottavia laitteita) kaikkien samanaikaisesti vaikuttavien kuormien ominaisarvot (omapaino, tuuli, lumi, kitka ja hitausvoima) otetaan mukaan kuormitusyhdistelmään ottaen kuitenkin omalle painolle mukaan sysäyskerroin ja päällysteen painon vaihtelut. Siis osavarmuuslukuna ja yhdistelykertoimena käytetään kaikille kuormille 1,00.

## 3.4 Siltojen poikkeukselliset mitoitus tilanteet avattaessa

### 3.4.1 Kääntösilta

Hydraulisen kääntösillan sylinterit ja rakenteet tulee mitoittaa siten, että silta voidaan avata ja sulkea vain toisella sylinterillä käyttäen sylinterin normaalia työpainetta, kun tuulen paineena käytetään 70 % täydestä tuulen paineesta.

### 3.4.2 Läppäsilta

Hydraulinen läppäsilta pitää pystyä laskemaan hallitusti laskemaan vain yhdellä sylinterillä. Laskun aikana paine sylinterissä voi nousta korkeintaan 90 %:iin sylinterin koetuspainesta ja varmuus sylinterin nurjahdusta vastaan tulee tällöin olla  $\geq 2,5$ .

### 3.4.3 Nostosilta

Hydraulinen nostosilta tulee suunnitella siten, että silta voidaan laskea hallitusti alas vain kolmella sylinterillä ja sillan rakenteet kestävät tämän kuormitus tilanteen ilman pysyviä muodonmuutoksia. Sylinterien paine voi nousta tässä tilanteessa korkeintaan 90 %:iin sylinterin koetuspainesta ja varmuus sylinterin nurjahdusta vastaan tulee olla  $\geq 2,5$ .

## 3.5 Silloille asetettavat rakenteelliset vaatimukset

### 3.5.1 Päällysrakenteen vaadittu jäykkyys siltaa avattaessa

Kääntösilloissa itse avaustoimenpide ei vaadi sillan päällysrakenteelta erityistä jäykkyyttä. Sillan vääntöjäykkyyden tulee kuitenkin olla niin suuri, että avauksen kiihdytys ja hidastusvaiheissa tai mitoituskuormien vaikuttaessa ei tapahdu vääntöväärähtelyä tai sillan minkään poikkileikkauksen 0,1 % suurempaa kallistumista.

Vanhoissa Scherzer-tyyppisissä läppäsilloissa vierintäsegmenttien takapuolella on normaalisti vastapainokotelo, joka jäykistää sillan niin, että avauksen aikana ei tapahdu haitallisia muodonmuutoksia. Koska sillan avaustanko on aina sillan keskellä

vierintäsegmenttien välissä, ei avauksesta synny lainkaan poikittaisia rakenteeseen nähden epäkeskeisiä voimia muuten kuin tuulen vaikutuksesta.

Hydraulisissa läppäsilloissa hydraulisylinterit voidaan sijoittaa joko sillan keskelle vierekkäin tai aivan kannen reunoille. Jos molemmat sylinterit toimivat normaalisti, ei avauksessa synny päällysrakenteeseen merkittäviä vääntörasituksia. Suomessa rakennettavissa hydraulisissa läppäsilloissa sylinterit on sijoitettava sillan keskelle pääkannattajien väliin vierekkäin. Tällöin myöskään vain toisen sylinterin toimiessa (onnettomuustilanne) päällysrakenteen vääntörasitus jää niin pieneksi, ettei päällysrakenteesta tarvitse tehdä koteloa, vaan pelkästään vastapainoon tai sylinterien kohdalla oleva poikkipalkki riittää ottamaan tällaisessa tilanteessa syntyvät vääntörasitukset. Sen sijaan, jos sylinterit on sijoitettu pääkannattajien alle ja silta on vain osittain vastapainotettu – kuten nykyisin on tapana – joudutaan sillan pääkannattaja tekemään vääntöjäykäksi. Rautatiesilloissa tämä toteutetaan siten, että pääkannattajat ovat ristikkokannattajia ja niiden ala- ja yläpaarteiden tasolla on vaakaristikot.

Jos nostosilta on mekaanisesti ohjattu, tulee päällysrakenteen olla vääntöjäykkä kotelo ja sillan päissä ohjauslaitteiden kohdalla jäykkä poikkikehä. Jos taasen sillassa on sähköinen ohjaus eikä kannessa merkittävää vääntöjäykkyyttä, tulee olla muilla keinoilla varmistettu, että sillan nostokohtien korkeuserot eivät kasva päällysrakenteen kestävyden tai toimivuuden kannalta sallittua suuremmiksi.

### **3.5.2 Päällysrakenteen stabiliteetti**

#### **Avattaessa**

Kääntösillan pitää avauksen aikana pysyä tukiansa varassa. Perinteisellä kantopyörien ja tukipyörien varassa liikkuvalla sillalla tämä tarkoittaa, että sillan pitää pysyä kaikkien kolmen tukensa varassa huolimatta

- sillan oman painon suunnitteluohjeen mukaisesta vaihtelusta
- sillan avauksen tai sulkemisen aikaisesta kiihdytyksestä tai hidastuksesta
- tuulikuormasta.

Kiinteäakselisella kääntösillalla ei periaatteessa ole stabiliteettiongelmaa, vaan kiinteän akselin ja siihen liittyvien rakenteiden pitää kestää edellä mainitut tilanteet.

Kääntyväpilarisella kääntösillalla riippuu rakenneratkaisuista, miltä osin stabiliteetti ja miltä osin kestävyys on mitoittava. Käännettäessä sillan pystykuorman resultantin pitää pysyä kääntökehän sydänkuvion sisällä ja jännityksen kääntökehällä suunnittelulujuutta pienempi. Lisäksi edellä perinteiselle kääntösillalle olevat ehdot tulee olla voimassa lujuuden ja/tai stabiliteetin puolesta. Se, kumpi on määräävä, riippuu laakerointitavasta.

Scherzer-tyyppisessä läppäsillassa silta on avauksen aikana tuettu vierintäsegmenttien kautta vierintärataan ja veto-/työntövarren kautta sen kiinnityskohtaan. Vierintäsegmenttien tulee pysyä koko avauksen ajan vierintärataa vasten (positiiviset tukireaktiot), radan ja segmentin kestää niille tulevat rasitukset sekä veto-/työntövarren kiinnityksineen kestää sille tulevat kuormat.

Hydraulisessa läppäsillassa päällysrakenne on nivelellisesti kiinni tukien kohdalla ja sylinterin välityksellä nostokohdalta. Sylinterien ja nivelten sekä niiden kiinnitysten

sekä kanteen että alusrakenteisiin tulee kestää kaikissa kuormituslanteissa, Lisäksi sylinterien varmuus nurjahdusta vastaan tulee olla riittävä.

Nostosillassa, joka on tuettu jokaisesta kulmastaan, ei stabiliteetti aiheuta yleensä ongelmia kuin vikatilanteissa.

Stabiliteetti ja kestävyystarkasteluissa osavarmuuslukuina ja yhdistelykertoimina käytetään Liikenneviraston ohjeessa NCCI1, LO24/2014 annettuja arvoja.

### **Vikatilanteissa**

Kääntösilloilla vikatilanteissa on yleensä kysymys kääntölaitteiden (sähkömoottori, vaihteisto, hammaspyörästöt, hydraulisyliinterit) vikaantumisen eikä niihin liittyä stabiliteettiongelmaa.

Myös Scherzer-tyyppisten läppäsillojen vikatilanteet syntyvät käyttökoneiston vikaantumisen eikä niihin liittyä stabiliteettiongelmaa.

Hydraulisilla läppäsilloilla mahdollinen vikatilanne on toisen nostosylinterin vikaantuminen (sylinteri ei ota enää kuormaa). Tämä aiheuttaa sylinterien asemasta riippumatta aina nivelten tukireaktioiden jakautumisen normaalitilanteesta poikkeavasti. Nivelten ja niiden kiinnitysten tulee kestää tämä. Toisaalta, kun mitoitusena on, että silta voidaan laskea alas vain toisella sylinterillä paineiden pysyessä vaadituissa rajoissa, on sylinterin varmuus nurjahdusta vastaan oltava riittävä.

Kuormia yhdisteltäessä käytetään Liikenneviraston ohjeessa NCCI1, LO 24/2014 annettuja osavarmuuslukujen ja yhdistelykertoimien arvoja.

## **3.6 Silloille asetettavat turvallisuusvaatimukset**

Avattavan sillan tulee kaikilta osiltaan täyttää eurooppalaisen konedirektiivin ja siihen liittyvien suomalaisten lakien ja asetusten mukaiset turvallisuusvaatimukset.

### **3.6.1 Noudatettavat ohjeet ja määräykset**

Rakenteiden suunnittelussa noudatetaan Liikenneviraston laatimia Eurokoodien soveltamisohjeita (NCCI), joista tärkeimmät on lueteltu kohdassa 3.1. Lisäksi noudatetaan Liikenneviraston Eurokoodien soveltamisohjeissa lueteltuja varsinaisia Eurokoodeja.

### **3.6.2 Rakenteille asetettavat vaatimukset**

Kaikki avattavien siltojen rakenteet tulee olla suunniteltu kulloinkin voimassa olevien eurooppalaisten standardien ja Liikenneviraston suunnitteluohjeiden (NCCI) mukaisesti, jolloin ne täyttävät rakenteellisen kestävyuden osalta eurooppalaiset määräykset.

Avattavan sillan liikuntasuomalaitteiden kohdalle saa lämpötilan muutosten tai ulkoisten kuormien vaikutuksesta syntyä korkeintaan kohdassa 4.1.4 esitetyt raot tai pystysuuntaiset korkeuserot.

### **3.6.3 Koneistoille ja hydraulikkajärjestelmille asetettavat vaatimukset**

Avattavien siltojen sekä niiden koneistojen ja hydraulikkajärjestelmien tulee olla suunniteltu kulloinkin voimassa olevien eurooppalaisten standardien ja Liikenneviraston suunnitteluohjeiden (NCCI) mukaisesti sekä täyttää eurooppalaisiin konedirektiiveihin liittyvien suomalaisten lakien ja asetusten mukaiset turvallisuusvaatimukset.

Lämmittämättömiin tiloihin asennettavat koneistot ja niihin liittyvät komponentit suunnitellaan käyttöympäristön lämpötilaan  $-40...+40$  °C. Koneistojen ja koneistotiloihin asennettavien komponenttien materiaalin tai niiden pintakäsittelyn tulee olla korroosion kestävä materiaalia. Varsinkin merialueella ilman suolapitoisuuden vuoksi on syytä valita komponenttien teräslaaduksi AISI 316 tai kuumasinkitys aina kun se on mahdollista.

Ympärivuotisessa käytössä tai jatkettulla liikennekaudella olevan sillan koneiston jokin komponentti voi vaatia lämmityksen häiriöttömän toiminnan takaamiseksi. Esimerkkeinä voidaan mainita rumpujarrut. Varavoimakone sekä hydraulikan öljysäiliö ja koneikko tulee suunnitella aina lämmitettyyn tilaan. Sähkömoottorit varustetaan tarpeen mukaan lämmityksellä. Polttomoottorikäytöt kuten varavoimakoneet, apukäyttöpumput varustetaan aina lämmittimillä.

Koneistotilat tulee varustaa riittävällä kuivatusjärjestelyllä ja viemärointi varustaa saattolämmityksellä. Lämmittämättömät koneistotilat kuten Scherzer-tyyppisten siltojen läppäkellarit, joissa luontainen ilmankierto ei poista kosteutta, tulee varustaa ilmanvaihtokojeella. Jo varsin pienillä ilmanvaihdon ilmamäärillä estetään koneistojen ruostuminen. Käytännössä useinkin riittää kanavapuhaltimella ja varsin lyhyellä kanavalla toteutettu ilmankierto.

Läppäkellarit varustetaan pumppukaivolla. Pumppukaivo ja läppäkellarin lattia varustetaan lämmityskaapelein. Pumpun imu- ja poistoputkisto varustetaan saattolämmityksellä. Pumpuissa ei saa käyttää takaiskuventtiilejä, vaan pumppukaivo tulee mitoittaa riittävän suureksi poistoputkesta palautuvalle vedelle. Pumppukaivon allas tulee varustaa avattavalla ririlätasolla.

Usein kääntösilloilla perän tai kärjen nostokoneistot ovat sillan liikeratojen vapaan tilan vaatimuksesta osittain avoimia, jolloin koneistotiloihin pääsee kertymään tuiskulunta ja puiden lehtiä. Mahdollisuuksien mukaan tulee suunnitella ”roiskeläpät” estämään koneistotilojen likaantumista.

### **3.6.4 Sillan käytölle asetettavat vaatimukset**

Avattava silta tulee varustaa huoltokäyttävillä ja -tasoilla tai -portailta, jotka mahdollistavat kaikkien sillan koneiden ja laitteiden turvallisen huollon. Esimerkiksi kääntösillan kääntöpilarille tulee olla joko huoltokäytävä paikalliskäyttötilojen puoleiselta maataulta tai välituelta. Vastaavasti läppäsillan nostopilarille tulee olla määräykset täytävä kulkutie sillan kannelta, jos läppäsilta sijaitsee kiinteiden siltaosuuksien välissä, tai huoltokäytävä rannalta, jos silta sijaitsee lähellä vesistön rantaa.

Huoltoa varten tehtyjen tasojen käytävien ja portaiden kaiteiden tulee täyttää Liikenneviraston ohjeissa kevyen liikenteen silloille, joilla ei ole ajoneuvoliikennettä, asetetut vaatimukset kestävyuden, korkeuden ja kaiteen tyypin (suojaosan tiheys) osalta.

Asiattomien pääsy huoltokäytävälle, tasoille ja portaille tulee estää lukittavien porttirakentein.

Kaikki em. huoltokäytävät ja -tasot tulee varustaa riittävin valaisimin. Myös sillan vesiliikenne aukko (sillan kansi ja aukon viereiset välituet) tulee valasta molemmin puolin siltaa. Sama pätee vesiliikennemerkkeihin.

Tie- tai kevyen liikenteen sillan avauksen tulee tapahtua vasta sen jälkeen, kun on varmistettu liikenteen havainneen sillan avaamista osoittavat liikennevalot. Siis sillan molemmin puolin sijaitsevia puomejakaan ei voida sulkea ennen kuin liikenteen voidaan todeta huomanneen, että silta on tarkoitus avata. Asian toteaminen tapahtuu sillan käytöstavasta riippuen joko silta paikalla (paikalliskäyttö) tai monitorien välityksellä käyttökeskuksesta (kaukokäyttö).

Rautatiesilloilla lupa sillan avaukseen tulee aina saada rataliikenteen turvallisuudesta ja liikenteen ohjauksesta vastaavalta.



## 4 Avattavaan siltaan liittyvä eri tekniikkalajien rakennussuunnittelu

Sillan rakennussuunnitelma sisältää lisäksi eri tekniikoihin liittyviä osasuunnitelmia. Suunnitelmat ja niiden pääkohdat ovat seuraavat.

### 4.1 Sillan rakennussuunnitelma

#### 4.1.1 Mitoituslaskelmat

Sillan kantavien rakenteiden mitoituslaskelmat laaditaan Liikenneviraston ohjetta LO 12/2012 noudattaen.

Sillan avattaessa päällysrakenteeseen syntyville muodonmuutoksille ei aseteta rajoitusta, mutta niistä ei saa aiheutua sillan käyttöä vaikeuttavia (dynaamisia) ilmiöitä.

Sillan koneistoilta vaadittavat tehot määritetään sillan vaaditun avausajan ja käyttölaitteille (hydraulisylintereille) avauksen aikana syntyvien kuormitusten perusteella ottaen huomioon kohdassa 3.3.5 esitetyt osavarmuusluvut ja yhdistelykertoimet.

Sillan liikuntasauvoja liikkeet määritetään Liikenneviraston ohjeen NCCI1, LO 24/2014 liitteen D lämpötilojen perusteella.

#### 4.1.2 Mekaaniset ohjaukset

Avattaviin siltoihin liittyviä lukituksia ja ohjauksia on käsitelty edellä kunkin sillan kohdalla.

Ohjausten ja lukitusten tulee olla rautatiesiltojen osalla merkittävästi tiesiltoja tarkempia, koska ratakiskojen täytyy olla raideliikenteen vuoksi sillan ollessa kiinni jatkuvia liikuntasaumojen kohdilla. Tämän vuoksi ratasiltojen saumakohdilla käytetään silta-tyypistä riippumatta mekaanisia ohjaimia (tappi reikään, ratas hahloon, tms.), joilla kiskojen päät pakotetaan tarkasti kohdakkain. Ohjaimilla suoritetaan myös mahdollisten sillan lämpötilasta aiheutuneiden poikittaisten taipumien vaatima sillan vaakasuuntaisen muodon korjaus. Tästä syystä ohjaimiin kohdistuvat voimat voivat olla ratasilloilla huomattavia.

Maantiesilloilla hydrauliset läppäsillat eivät normaalien nivelrakenteiden lisäksi tarvitse lisäohjaimia. Sen sijaan kääntösilta kärjessä ja/tai kannassa käytetään sillan kiinniasennossa tappi- tai hahlotyyppisiä ohjaimia, joilla silta pakotetaan oikeaan asentoon. Nostosilloissa sillan päällysrakenne täytyy ohjata koko avausliikkeen ajan, mutta sen lisäksi ei tarvita muuta ohjausta.

#### 4.1.3 Mekaaniset iskunvaimentimet

Vanhoissa sähkömekaanisissa kääntösilloissa käytetään sillan auki ja kiinniasennossa mekaanisia iskunvaimentimia.

Uusissa hydraulikäyttöisissä avattavissa silloissa mekaanista vaimennusta ei tarvita, vaan liikkeen hidastus ääriasentoja lähestyttäessä suoritetaan proportionaalisiin venttiilien tai taajuusmuuttajien avulla. Näiden ohjausta varten sillat varustetaan rajakatkaisijoin, jotka ovat nykyisin pääasiassa induktiivisia.

#### 4.1.4 Liikuntasauमारakenteet

##### Ajoneuvo- ja kevyen liikenteen sillat

Ajoneuvoliikenteen silloilla liikuntasauموjen kohdille voi syntyä suurimmillaan (kova pakkanen) korkeintaan 80 mm:n avoin rako, jos tiellä ei ole kevyttä liikennettä (<> harva kaide). Jos sillalla on kevyttä liikennettä (<> tiheä kaide) rako, saa vastaavassa tilanteessa olla korkeintaan 50 mm. Jos sillalla on korotettu kevyen liikenteen väylä, tulee saumarako peittää saumalevyllä, jolloin väylä on jatkuva sauman kohdalla.

Yleensä ajoneuvoliikenteen silloilla sauman kohdalla ajoradan pinnan tulee olla samalla tasolla sauman molemmin puolin kaikissa kuormitusilanteissa. Poikkeuksena tästä on osittain vastapainotettu läppäsilta, jonka perässä ei ole lukitusta tai laakerointia. Tällöin voidaan mitoitusliikennekuorman aiheuttamana (KRT) läpän perän sallittuna taipumana (painumana tai nousuna) käyttää 10 mm.

Rautatiesilloilla tällaisia taipumia ei voida sallia, vaan kiskojen tulee pysyä sauman kohdalla jatkuvina ja samalla korkeudella sauman molemmin puolin. Näin ollen läppäsillan perä tulee aina lukita niin, että se pysyy samalla tasolla kaikissa tilanteissa sauman molemmin puolin. Kiskon jatkuvuus varmistetaan erityisin kiskonliikuntalaittein.

Pääsääntöisesti silta pitäisi suunnitella siten, että ajoradalla sauman kohdalle ei tarvitse järjestää erillistä saumalevyä, vaan sauma voidaan jättää avoimeksi. Tähän päästään yleensä valitsemalla mahdollisten avattavaan siltaan liittyvien kiinteiden siltojen kiinteiden laakereiden asemat mahdollisimman lähelle avattavan sillan päitä.

Sekä kärjen että perän liikuntasauموjen muoto on kääntösilloilla useimmiten kaari, jonka keskipiste on kääntölaakerin kohdalla. Vaihtoehtoisesti liikuntasauma voi olla suora, mutta silloin sen on oltava sillan keskilinjaan nähden suorasta kulmasta poikkeavassa asennossa siten, että silta mahtuu avattaessa kääntymään ilman, että saumakohdalla tapahtuu 'kiinnileikkaaminen'.

Nosto- ja läppäsilloilla liikuntasauma on aina suora ja kohtisuorassa ajoradan keskilinjaa vastaan.

##### Rautatiesillat

Rautatiesilloissa kiskot pitää aina tehdä jatkuviksi sillan ollessa kiinni. Tämä saadaan aikaiseksi erillisen kiskonliikuntalaitteen välityksellä, joka on yksinkertaisimmillaan keskeltä halkaistut kiskot sauman molemmin puolin, jotka asettuvat vierekkäin sillan ollessa lukittuna kiinniasennossa.

#### 4.1.5 Siltatyypin erityispiirteet rakennussuunnittelussa

##### 4.1.5.1 Kääntösilta

Kääntösillan perän tai sekä perän että kärjen nostokoneisto voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Perinteinen tapa on käyttää sillan perän nostossa sähkömekaanista koneistoa ja epäkeskoa, vipumekanismia tai kiilakappaletta. Uudemmissa kääntösilloissa koneisto on kuitenkin vaihdettu hydraulikäyttöiseksi.

Jos kääntösilta on jäykkäkselinen, sillan molemmissa päissä käytetään nostokoneistoa, koska sillan päällysrakenne ei pääse kiertymään kääntöpilarilla poikittaisen akselin ympäri.

##### 4.1.5.2 Läppäsilta

Jos vastapainotus jätetään kokonaan pois, kärjen laakereille tulee sitä suurempi kuorma sillan omasta painosta, mitä jännemitoiltaan suuremmasta tai leveämmästä sillasta on kysymys. Tällöin ei aivan pienimpiä siltoja lukuun ottamatta siltaan tarvita lainkaan lukituksia, koska kannan päällä oleva raskas ajoneuvo ei pysty nostamaan sillan kärkeä laakereiltaan. Toisaalta vähänkin isommissa silloissa noston vaatima voima tulee kohtuullisten kokoisten nostolaitteiden kannalta liian suureksi.

Nykyisin on Suomessa tullut tavaksi toteuttaa läppäsillan osittain vastapainotettuina, jolloin sillan vastapainotuksen määrä säädetään niin, että

- sillan kärki ei koskaan nouse laakereiltaan kannan puolella olevan raskaan ajoneuvon kuormasta
- sillan nostosylinterien etäisyys sillan nivelkohdan etupuolella valitaan sellaiseksi, että sillan nosto voidaan suorittaa kahdella normaalikokoisella hydraulisylinterillä ja normaalilla yksivaiheisen sylinterin iskunpituudella. 'Normaali' tarkoittaa tässä sitä, että sylinteriputken halkaisija ei ylitä yleisesti valmistettuja putken halkaisijoita tai pituuksia.

Jos läppäsilta joudutaan tekemään kaksivartisena suuren aukko vaatimuksen vuoksi, sillan kummankin puoliskon kärjet lukitaan toisiinsa yleensä niin, että liitos voi ottaa vain leikkausvoimia (momenttia välittävän liitoksen tekeminen on haastavaa). Koska tällöin läppäpuoliskoja ei saada tukea, joudutaan kummankin sillapuoliskon kantaan rakentamaan ns. negatiivinen tukilaakeri. Tässä tapauksessa periaatteet vastapainotusasteen valintaan ovat periaatteessa samat kuin edellä yksivartisella läppäsillalla:

- Jos sillapuoliskot vastapainotetaan täysin, tarvitaan perään em. negatiivisen laakeroinnin lisäksi lukitus.
- Jos taas läppäpuoliskoja ei vastapainoteta lainkaan, joudutaan ongelmiin nostokoneiston vaatiman suuren tehon vuoksi.
- Säättämällä vastapainotusaste sellaiseksi, että sillapuoliskoja kannan päällä olevat raskaat ajoneuvot eivät pysty nostamaan siltojen toisiinsa liitettyjä kärkiä ylöspäin sekä valitsemalla kahden nostosylinterin etäisyys kiinteästä akselista niin, että sylinteri on kuormiltaan ja iskunpituudeltaan 'normaali'.

Vanhoissa sähkömekaanisissa läpissä silta lukittiin aukiasentoon normaalien avausten aikana jarrujen avulla. Uusissa hydraulisissa läppäsilloissa jarruja ei tarvita, vaan asia hoidetaan hydraulikkajärjestelmän venttiilien avulla. Sen sijaan, jos läppä halutaan nostaa aukiasentoon pidemmäksi aikaa esim. huoltotoimenpiteitä varten, tarvitaan

mekaaninen lukitus. Tämä voidaan järjestää esim. tukisauvoilla, jotka asennetaan pitämään silta auki sylinterin vaihdon ajaksi.

Läppäsillan käsi-/apukäyttömahdollisuudet on esitetty edellä kohdassa 3.2.2.6.

Jotta rautatiesilloissa ratakiskot pysyisivät jatkuvana kaikista lämpötilan aiheuttamista sillan muodonmuutoksista huolimatta, pitää läppäsillan päät lukita sekä vaaka-että pystysuunnassa läpän kiinniasennossa. Ratasilloissa kiskonkielien asennonvalvontaan käytettävät turvalaitteeseen liitettävät anturit ovat mekaanisen suojauksen vuoksi kookkaita, joten sillan kansirakenteen suunnittelussa

#### 4.1.5.3 *Nostosilta*

Myös nostosillan toimintaan liittyy oleellisena osana vastapainotuksen aste: Jos silta vastapainotetaan täysin, määräytyy sillan nostokoneiston tehon tarve vain sillan hitausvoimien (nostoajan) ja sillan ohjauksesta ja koneistosta syntyvien kitkojen perusteella.

Vaijeri- tai ketjukäyttöiset nostosillat, joiden nostokorkeus on huomattava, toteutetaan poikkeuksetta vastapainotettuina. Sen sijaan nostosillat, joiden nostokorkeus rajoittuu hydraulisylinterin maksimi-iskunpituuteen, toteutetaan useimmiten vastapainottomina. Tällöin sylinterit nostavat sillan suoraan ylös ilman vaijeri- tai ketjukoneistoja, mikä yksinkertaistaa nostotornien rakenteita, mutta vaatii nostokoneistolta (hydrauliikkapumpuilta) tasapainotettua koneistoa suuremman tehon.

Toinen nimenomaan nostosiltoihin liittyvä erityiskysymys on nostosillan ohjaus sillan noston ja laskun aikana. Sähkömekaanisilla vaijeri- tai ketjukäyttöisillä silloilla nostokohtien tahdistus hoidetaan samassa sillan pään osalla siten, että kummankin kulman vaijerivinsit ovat samalla akselilla, jolloin ne automaattisesti tahdistuvat. Sillan päiden välinen tahdistus sen sijaan tulee hoitaa siten, että eri päissä olevat sähkömoottorit toimivat samalla nopeudella tai sillan korkeusasemaa seurataan ja korjataan koko sillan noston ja laskun ajan.

Hydraulisissa nostosilloissa tahdistus voidaan hoitaa periaatteessa kahdella tavalla:

- Mekaanisesti sillan kummassakin päässä eli sillan päällysrakenteesta tehdään vääntöjäykkä ja päällysrakenteen päihin jäykät kehärakenteet. Näin pakotetaan sillan päät samansuuntaisiksi koko noston ajan. Sillan eri päiden välinen tahdistus tulee kuitenkin tällöin hoitaa seuraamalla päiden korkeusasemaa ja korjaamalla päiden kulloistakin asemaa sillan eri päissä olevien hydraulipumpujen tuottoa säätämällä.
- Seuraamalla täysin elektronisesti sillan kulman korkeusasemaa ja säätämällä kunkin sillan kulman sylinterille menevän hydrauliikkaöljyn määrää niin, että silta pysyy koko noston ajan vaaka-asennossa.

Sillan lukitus aukiasentoon tapahtuu sähkömekaanisissa vaijeri- tai ketjukäyttöisissä silloissa mekaanisten jarrujen avulla tai jätettäessä silta pidemmäksi aikaa aukiasentoon (esim. huoltotöitä varten) mekaanisesti lukitsemalla tai tukemalla.

Hydraulitoimisissa silloissa silta pidetään normaalisti aukiasennossa pelkästään sylinterien (ja hydraulipaineen) avulla. Jos silta pitää olla aukiasennossa pidemmän aikaa huollon takia, se pitää tukea mekaanisesti.

## 4.2 Sillan huonetilat

Laitte- ja paikalliskäyttötilat suunnitellaan aina sille väylän puolelle, josta on pääsy sillan koneistolle huoltokäytävien tai -siltojen kautta.

Laitte- ja paikalliskäyttötilojen layout:

Laitetilan oviaukkojen mitat ja nosturien/nosturikiskojen asemat on suunniteltava siten, että kaikki koneistot tai niiden osat saadaan turvallisesti ilman erikoistoimenpiteitä tai pysyvien rakenteiden purkamisia kuljetettua laitetilasta pois sekä sisälle laitetilaan. Tämä vaatimus koskee myös kaikkia laitetilan ulkopuolisia huoltotasoja ja -käytäviä.

Laitetila tulee suunnitella Suomen Rakentamismääräyskokoelman määräykset ja vaatimukset täyttäväksi.

Yleensä avattavilla silloilla laitetilat ja paikalliskäyttötilat on yhdistetty samaan huonetilaan tilan säästämiseksi. Erilliset huonetilat tarvitaan muuntamo- ja hydraulikkokoneikko- ja varavoimakonetta varten. Muuntamoiden rakentamista siltakiinteistöihin tulisi välttää, ellei se ole kaupunkikuvallisista syistä välttämätöntä. Laitteiden sijoittelussa ja huonetilan suunnittelussa tulee huomioida turvallisuusmääräysten mukaiset poistumistiet ja laitteiden huoltotyön vaatima tila. Laitteiden vaihto tulee olla mahdollista rakenteita purkamatta.

Avattavan sillan laitetiloihin sijoitetaan normaalisti kaikki sillan käyttöön liittyvät tekniset laitteet kuten koneisto-, sähkö-, sähköautomaation, tietoliikenteen, hydrauliiikan sekä vara- ja turvajärjestelmien laitteet. Sillan paikalliskäytön käyttöpaneeli sijoitetaan usein laitetilaan, jos sillassa ei ole erillistä paikalliskäyttötilaa. Paneeli voi olla myös langattomasti yhteydessä sillan ohjauslogiikkaan, jolloin se voidaan ottaa mukaan laitetilan ulkopuolelta tapahtuvaa sillan huoltokäyttöä varten.

Laitetiloille ei sillan rakenteissa ole yleensä koskaan liikoja tiloja, joten laitteiden sijoittelun suunnittelu laitetiloihin (layout) on tehtävä huolella, jottei tilojen valmistuksen jälkeen jouduta ongelmiin laitteiden sijoittelussa.

Kaikki laitetilat on sijoitettava pääsääntöisesti vedenpinnan yläpuolelle. Veden alaisia tiloja joudutaan yleensä tekemään vain poikkeustapauksissa, kun sillan kiinniasennon alikulkukorkeus on pieni. Tällöinkin niitä tarvitaan läppä ja nostosiltojen yhteydessä.

### **Lämmitys jäähdytys ja ilmanvaihto**

Laitetilat varustetaan termostaattiohjatulla lämmityksellä. Lämmitys mitoitetaan niin, että laitetilan lämpötila on talviaikana vähintään +5 °C.

Laitetilojen ilmanvaihto tulee olla jatkuva. Pienissä laitetiloissa ilmanvaihto voidaan toteuttaa esimerkiksi kanavapuhaltimella. Kanavapuhallin asetetaan minimi-ilavuusvirralle, jolla vältetään kosteuden kertyminen kojeistoihin. Ilmanvaihdon tilavuusvirtaa tulee säätää laitetilan sisälämpötilan mukaan, esimerkiksi siten, että +25 °C lämpötilassa ilmanvaihto ohjataan maksimiteholle. Suuremmissa laitetiloissa käytetään lämmöntalteenottokennolla varustettuja ilmanvaihtokojeita.

Jäähdytyksen ja ilmanvaihdon tarpeen aiheuttaa kaikkien sähkö- ja hydraulikkalaitteiden kehittämä lämpö sekä kesäisin ulkoa tuleva lämpö.

Jäähdytyslaitteisto suunnitellaan aina laitetiloihin, joissa on logiikka- ja tietoliikennelaitteet. Hydraulikkakoneikkotilat jäähdytetään tarpeen mukaan.

### **Kaapeli- ja putkireitit**

Kaapeleita ja putkia varten tarvitaan laitetilan ja itse laitteiden välille kanaaleja, uoman alitusputkia ja kaapelihyllyjä. Nämä on sijoitettava niin, että niihin päästään esteittä käsiksi myös myöhemmin huoltojen yhteydessä. Uoman alitusputket on varustettava ylimääräisillä vetolangoilla mahdollista myöhempää tarvetta varten.

### **Valumavesien hallinta**

Jos avattavassa sillassa ei ole vedenalaisia tiloja, ei sen yhteydessä tarvita sadevesien pumppausta. Pintavedet on kuitenkin aina johdettava hallitusti vesistöön vesiliikenteen käyttämän vesiväylän ulkopuolella. Jos vesien johtamisessa käytetään kannen alapuolisia putkia tai kouruja, on ne varustettava saattolämmityksellä.

### **Portaikot ja porrashuoneet**

Jos sillan yhteyteen tarvitaan portaita, kulutasoja tai hissejä muiden kuin sillan huolto- tai käyttöhenkilökunnan käyttöön, tulee ne osoittaa asianmukaisin opastein sekä varustaa riittävällä valaistuksella. Hissien tulee olla suunniteltu ja varusteltu Suomessa voimassa olevien hissejä koskevien määräysten mukaan.

Laitte- ja paikalliskäyttötilat varustetaan aina alkusammutuskalustolla. Sähkö- ja hydraulikkalaitteiden käsisammuttimiksi soveltuu hiilidioksidisammuttimet. Seinäkiinnitteiset sammuttimet tulee suunnitella jokaiseen erilliseen huonetilaan. Sammuttimien koko on tyypillisesti 5 kg ja teholuokka 89B.

Laitte- ja paikalliskäyttötiloihin suunnitellaan aina paloilmoin. Teknisiin tiloihin (käytökeskus ja sähköpääkeskus/varavoimakonetila) suunnitellaan osoitteelliset ilmaisimet, lämpöilmaisimet varastotilaan, ioni-ilmaisimet sähkötiloihin ja asennuslattiaan sekä optiset ilmaisimet valvomo- ja varavoimatilaan. Palohälyttimet suunnitellaan sijoitettavaksi yleensä tienkäyttäjien taholta havaittavaan paikkaan. Palopainikkeita käytetään yleensä vain jatkuvasti miehitetyissä käyttökeskuksissa.

Ilmanvaihdon ohjaus palotilanteissa tulee suunnitella niin, että ilmanvaihto pysäytetään automaattisesti palotilanteessa ja paloalueiden välillä mahdollisesti olevat ilmanvaihdon moottoripellit ajetaan kiinni. Palopellit suunnitellaan yleensä lämmöstä sulkeutuviksi. Ilmanvaihtolaitteille suunnitellaan myös ilmanvaihdon pysäytyskytkin.

Paloilmaisusta ja -hälytyksestä kytketään tieto sillan ohjauslogiikkaan sekä edelleen sillan käyttöliittymään ja huoltomiehelle. Käyttöliittymässä palotilanne tulee olla selkeästi havaittava sekä mahdollisuuksien mukaan liittää äänihälytys.

## 4.3 Huoltotasot, -laitteet ja -tilat sekä kulkusillat

### 4.3.1 Suunnitteluperusteet

Periaatteessa kaikkien avattavien siltojen huolto- ja kulkutasojen tai -portaiden mitoituskuorman käytetään vähintään kevyen liikenteen välien tungoskuormaa (5 KN/m<sup>2</sup>), josta voidaan poiketa hankekohtaisesti niin sovittaessa. Jotta sillan koneiston raskaat osat (sylinterit, koneikot, moottorit ja muuntajat) saadaan kuljetettua nostojen jälkeen lopullisiin asemiinsa, täytyy ne huolto- tai kulkutasot, joita joudutaan käyttämään raskaiden koneiston osien siirtoihin, mitoittaa asennettävien komponenttien painon mukaan.

Huolto- ja kulkutasojen tai -portaiden kaiteiden tulee kestää Liikenneviraston ohjeen 'Siltojen kaiteet', LO 25/2012 mukaiset kevyen liikenteen kaiteiden suunnittelukuormat.

Huolto- ja kulkutasojen tai -portaiden rakenteiden tulee täyttää InfraRYLissä vastaville rakenteille asetetut laatuvaatimukset.

### 4.3.2 Nostoalueet

Rakentamisen aikaisia ja myöhemmin tapahtuvia öljynvaihtoja sekä sylinterien, koneikkojen, moottorien ja mahdollisen muuntajan vaihtoa varten tulee sillan välittömään läheisyyteen suunnitella riittävät alueet nostureita varten.

### 4.3.3 Pysäköinti- ja varastoalueet

Sillan normaalin käytön aikana käyttö- ja huoltohenkilökunta joutuu käymään sillalla usein. He saapuvat sillalle yleensä autolla, joten jo suunnitteluvaiheessa pitää osoittaa paikka pysäköintiä varten

Myös mahdollisessa sillan korjaustilanteessa tarvittavat tukikohta-alueet pitäisi alustavasti suunnitella jo sillan suunnitteluvaiheessa.

### 4.3.4 Haalauslaitteet

Koneiston edellä mainittuja raskaita komponentteja joudutaan yleensä liikuttelemaan myös laitetilojen sisällä. Tätä varten näiden tilojen kattoihin on suunniteltava kiskot tai vastaavat, joiden avulla laitteet saadaan siirrettyä lopullisille paikoilleen.

Haalauslaitteet pitää mitoittaa haalattavien komponenttien painon mukaisille kuormille.

## 4.4 Liikenteen hallinta

Liikenteen hallinnan suunnittelu kattaa eri liikennemuotojen osasuunnittelut, turvajärjestelmäsuunnittelun sekä kokonaisuuden toiminnallisuuden suunnittelun.

Keskeisiä eri osa-alueiden suunnittelua tukevia tehtäviä liikenteen hallinnan suunnittelussa on kuvata toimintojen käyttötavat ja ajoitukset. Liikenteen hallinnan suunnittelija nimeää (Liikenneviraston nimeämisoheje) automaation kautta ohjattavat liikenteenohjauslaitteet, jotta toimintakuvaukset palvelevat eri osa-alueiden suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovitusta.

Liikenteen hallinnan suunnittelussa määritetään liikenteenohjauksen tietovirrat eri järjestelmien välillä, käyttöliittymien toiminnalliset vaatimukset, järjestelmien toiminta vikatapauksissa sekä huollon aikaiset liikenteenohjaustoimet.

### 4.4.1 Tieliikenteen liikenteenohjaussuunnitelma

Rakennussuunnitelmassa laaditaan liikenteen ohjauslaitteiden yksityiskohtaiset sijoituspiirustukset (poikkileikkauspiirustukset), laitteiden tukirakenteiden yleispiirustukset (portaalit, ristikkopylväät) ja laitteiden kaidesuojauksien suunnitelmapiirustukset, laitteiden laatuvaatimukset sekä työselitykseen osa liikenteen ohjauksesta.

Liikenteenohjauksen toteutuslaajuus riippuu siltapaikan liikennejärjestelyistä. Maa-seudulla vähäliikenteisellä tiellä yleensä kiinteiden liikennemerkkien lisäksi liikennevalojen esiopastimet, liikennevalot ja puomit riittävät sillan avaustoimenpiteiden liikenteenohjaukseen. Vilkkaan liikenteen kaksi ajorataisten teiden siltojen liikenteenohjaus voi tarpeen mukaan sisältää jopa kaistaohjausjärjestelmän, jolla toinen silta voidaan ottaa pois liikenteeltä vikatilanteen tai huollon ajaksi.

Liikennemerkeinä avattavilla silloilla käytetään vähintään nopeusrajoitusmerkkejä alentamaan nopeutta ennen liikennevaloja ja avattava silta- varoitusmerkkejä varoittamaan mahdollisesta sillan avaamisesta. Vähäliikenteisillä teillä liikennevalojen esiopastimet sijoitetaan yleensä avattava silta varoitusmerkin yhteyteen. Keltaisia esiopastimia voi olla yksi vilkkuopastin tai kaksi vuorovilkuna toimivaa opastinta.

#### Kiinteät liikennemerkit

Kiinteissä nopeusrajoitusmerkeissä ennen liikennevaloja käytetään sillan rakenteen sallimaa nopeusrajoitusta tai enintään 60 km/h.

Kiinteät avattava silta- varoitusmerkit sijoitetaan yleensä liikennevaloihin alentavien nopeusrajoitusmerkkien yhteyteen. Varoitusmerkeissä käytetään etäisyys kohteeseen -lisäkilpeä.

Avattavilla silloilla liikennevalojen välinen alue merkitään aina pysähtymiskieltomerkillä sekä kevyen liikenteen kulkuyhteys kylteillä kuten ”Kaukokäyttösilta. Asiaton oleskelu kielletty”, ”Itsepalvelusilta. Asiaton oleskelu kielletty”, ”Itsepalvelusilta. Poistu sillalta äänimerkin tullessa” tai vastaavilla tarkoituksen mukaisilla ohjeilla.

Lisäkilvissä käytettävien kielien tarve tulee aina arvioida kohteittain.



### **Vaihtuvat liikennemerkit**

Vaihtuvia nopeusrajoitusmerkkejä käytetään yleensä vilkkaasti liikennöidyillä teillä (kkvl > 3000 ajon./vrk) ja teillä, joissa avattavan sillan kohdalla on normaalissa liikennetilanteessa tarve olla yli 60 km/h nopeusrajoitus. Vaihtuvissa nopeusrajoitusmerkeissä voidaan käyttää tien normaalia nopeusrajoitusta ja liikenteen pysäytyksen aikana laskea nopeusrajoitus ennen liikennevaloja enintään 60 km/h. 60 km/h nopeusrajoitusmerkit sijoitetaan vähintään 300 m ennen liikennevaloja tai 300 m ennen liikennemäärän mukaan laskennallisen seisovan jonon päätä.

Vaihtuvia varoitusmerkkejä käytetään yleensä vilkkaasti liikennöidyillä teillä. Vaihtuvissa varoitusmerkeissä voidaan esittää muitakin liikennemerkkejä kuin avattava silta, kun siltojen avaustoimet eivät ole meneillään.

Vaihtuvien opasteiden tulee perustua tuotestandardiin SFS-EN 12966. Road vertical signs. Variable message traffic signs sekä voimassa oleviin Liikenneviraston vaihtuvia opasteita koskeviin tuotevaatimuksiin.

### **Tiemerkinnät**

Tiemerkintöinä yleensä suunnitellaan liikennevalojen yhteyteen pysäytysviivat 300–400 mm leveinä kesto- ja tulosuunnan kaistoille vähintään 4 m ennen liikennevaloja. Suositeltavaa on sijoittaa pysäytysviivat 8–10 m ennen liikennevaloja, jotta autoilijat näkevät valojen vaihtumisen, koska silloilla ei yleensä käytetä toisto-opastimia.

Kevyen liikenteen silloilla voidaan tarpeen mukaan käyttää kulkusuunnat erottavaa valkoista jatkuvaa merkintää tai osoittaa tiemerkinnöillä jalankululle ja pyöräilylle omat kaistat. Tiemerkinnät tulee yhteen sovittaa siltapaikkaan liittyvän kevyen liikenteen väylästä merkintäperiaatteiden mukaan.

### **Liikennevalot**

Liikennevalot sijoitetaan siten, että ne ovat yksiajorataisilla teillä aina molemmin puolin ajorataa vähintään 4 m ennen pysäytyspuomeja. Tarvittaessa liikennevalo-opastin sijoitetaan myös ajoradan yläpuolelle. Liikennevaloina käytetään kolmion muotoisia taustalevyllisiä kolmiaukkoisia opastinryhmiä, joissa on rinnakkain kaksi punaista vuorovilkkaa ja niiden alapuolella yksi keltainen opastin. Taajamissa kaduilla voidaan käyttää myös normaaleja kolmiaukkoisia opastinryhmiä.

Liikennevalojen esiopastimia käytetään aina mahdollisuuksien mukaan, kun vaihtuvia varoitus- ja rajoitusmerkkejä ei käytetä. Keltainen vilkkuva esiopastin sijoitetaan yleensä avattava silta- liikennemerkin yläpuolelle. Esiopastin vilkkuu koko avaustomien ajan ja sammutusta voidaan viivästyttää jonojen purkautumisajaksi.

Kevyen liikenteen liikennevalot sijoitetaan siten, että ne ovat n. 2 m ennen puomeja tai portteja. Mikäli kevyen liikenteen liikennevalot eivät ole samassa tien poikkilinjassa tieliikenteen liikennevalojen kanssa, käytetään punaisissa kevyen liikenteen liikennevalo-opastimissa jalankulkija-opastinkuviota. Opastimina käytetään yleensä taustalevyllisiä kaksiaukkoisia opastimia, joista ylempi on punainen ja alempi on keltainen.

Ääniopasteiden tarve selvitetään haastattelemalla Näkövammaisten liiton alueyhdistyksen edustajaa ja pyytämällä alueyhdistyksen lausunto ääniopasteiden tarpeesta.

Liikennevalo-opastimina käytetään yleensä 200 mm LED-opastimia.

### **Puomit ja portit**

Puomit sijoitetaan yleensä siten, että ne ovat kaksiajorataisilla teillä vain sillalle tulosuunnassa keskialueen ylityskohdan etu- ja takapuolella. Keskialueen ylityskohta suljetaan liukupuomilla.

Yksiajorataisilla silloilla puomit sijoitetaan avattavan siltaosan molemmin puolin. Yleensä käytetään kaistakohtaisia puomeja. Vähäliikenteisillä teillä voidaan tie sulkea sillan molemmin puolin yhdellä puomilla, jos puomien välinen etäisyys on alle 50 m ja 7,5 m:n puomin varsi on riittävä. Pysäytyspuomien varret teipataan kelta-punaisella heijastavalla R2-luokan liikennemerkkikalvolla 400 mm jaolla. Puomivarret varustetaan aina tulosuunnan puolella punaisilla merkkivaloilla. Porteissa käytetään kelta-punaista teippausta ja merkkivaloja soveltaen puomien varsien merkintätapaa.

Kun puomeilla pysäytetään ajoneuvo- ja kevytliikenne, niin puomit sijoitetaan mahdollisimman lähelle avattavaa siltaosaa, kuitenkin vähintään 5 m etäisyydelle. Puomien etäisyys tulee arvioida tapauskohtaisesti huomioiden tien geometria.

Erilliset kevyen liikenteen puomit ja portit sijoitetaan siten, että ne ovat mahdollisimman lähellä avattavaa siltaosaa, jotta kevyen liikenteen poistumismatka avattavalta siltaosalta olisi mahdollisimman lyhyt. Portit voidaan sijoittaa porttilehden mitan päähän avattavasta siltaosasta. Puomit tulee sijoittaa vähintään 5 m etäisyydelle avattavasta siltaosasta. Porttien ja puomien suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että niiden ohittaminen ei voi tapahtua vahingossa, joten yleensä käytetään korotettua kaidetta tai muuta estettä kevyen liikenteen ja ajoradan välissä.

Kevyen liikenteen puomeissa ja porteissa käytetään yleensä äänihälyttämiä, jotka toimivat puomin laskeutumisen tai portin sulkeutumisen ajan. Ajoneuvoliikenteen puomit varustetaan itsepalvelukohteissa turvasilmukalla, joka estää puomin laskeutumisen ajoneuvon päälle. Turvasilmukoiden käyttö palvelukohteissa tulee arvioida erikseen. Kevyen liikenteen puomit ja portit sekä ajoneuvo- ja kevyelle liikenteelle yhdistetyt puomit varustetaan turvareunalla, momenttirajalla tai vastaavalla turvalaitteella.

### **Kamerat**

Kamerat sijoitetaan siten, että tieliikenteen pysäytyskohdat ja niiden välinen alue ovat nähtävissä ja kuvien avulla puomien käyttäminen turvallisesti on mahdollista. Ratasilloilla kamerat sijoitetaan siten, että avattava osa on nähtävissä ja kuvien avulla sillan käyttäminen turvallisesti on mahdollista. Vesiliikenteen seurantakamerat sijoitetaan siten, että alusten seuraaminen on mahdollista sillalle näkyvällä väyläosalla.

Muita kameroita sijoitetaan tarpeen mukaan. Tällaisia kameroiden sijoituskohteita voivat olla kuten läppäsillan vastapainon alla oleva tila, kääntösillan kääntöalue, odotuslaiturit, laitetilat.

Kamerat sijoitetaan kaksiajorataisilla silloilla siten, että liikenteen pysäytyskohdat ovat nähtävissä ja pysäytyskohtien välinen alue on nähtävissä yhtä aikaa. Kamerat sijoitetaan yleensä yksiajorataisella sillalla ja ratasillalla siten, että maantiellä kamerat ”katsovat ristiin”. Maanteillä ristiin katsovat kamerat sijoitetaan siten, että kummallakin kameralla näkee avattavan sillan molemmin puolin olevat liikennevalot. Kamerat suunnitellaan putki- tai ristikkopylväisiin 5–8 m:n asennuskorkeuteen.

Vesiväylän seurantaan kamerat sijoitetaan yleensä matalilla silloilla (siltakansi normaalivedestä  $\leq 10$  m) sillan reunapalkkeihin asennettaviin putki- tai ristikkopylväisiin n. 4 m:n korkeudelle tienpinnasta. Korkeilla silloilla kamerat sijoitetaan yleensä sillan virtapilareihin, kääntöpilareihin tai maatukiin, jos kameroiden huolto on mahdollista järjestää turvallisesti.

Avattavan sillan kohdan alusliikenteen seuraamiseksi suunnitellaan yleensä yksi ohjattava yleiskamera, jolla nähdään aluksen kulku avattavassa silta-aukossa. Tämä kamera pyritään sijoittamaan niin, että se voi toimia ”varakamerana” tie- tai ratakameroille sekä vesiväylän kameroille.

Tarpeen mukaan voidaan käyttää kameroissa IR-vahvistimia, jolloin saadaan parempaa kuvaa pimeän aikana. Myös lämpökameroita voidaan käyttää esimerkiksi erityisen sumuisissa olosuhteissa.

### **Kuulutuslaitteet**

Kuulutuslaitteet sijoitetaan, suunnataan ja mitoitetaan siten, että kuulutus on kuuluttavissa maantieliikenteen pysäytyskohtien välisellä alueella, ratasillalla avattavan sillan alueella sekä vesiväylällä liikennevalojen välisellä alueella ja odotuslaitureilla. Kuulutusalueet ryhmitellään tarpeen mukaan.

Nykyisin on mahdollista käyttää kuulutusjärjestelmän tiedonsiirron osana myös IP-kameroissa olevia audiokanavia, jolloin kuulutusjärjestelmälle ei tarvita erillisiä mediamuuntimia ja kaapelointia.

### **Ympäristöolosuhteiden mittaus**

Korkeilla silloilla selvitetään sivutuulen vaikutukset ajoneuvoliikenteelle sekä määritellään tuulen voimakkuuden mittauksen ja mahdollisen automaattisen varoituksen tai ohjauksen tarve.

Tarpeen mukaan kovasta sivutuulesta voidaan varoittaa vaihtuvilla opasteilla ja mahdollisesti pysäyttää liikenne liikennevaloilla.

Tuuliantureina käytetään yleensä ultraääniantureita. Anturin asennuskorkeus on 6 m tienpinnasta. Pylvään materiaali on kuumasinkitty teräs.

Mikäli kovasta sivutuulesta varoitetaan tuulipusseilla, tulee niiden olla puna-valko-raidallisia. Tuulipussin asennuskorkeus on 6 m tienpinnasta. Pussin halkaisija vähintään 400 mm ja pituus n. 2000 mm. Tuulipussin kiinnike tulee olla laakeroitu pylväseen.

#### 4.4.2 Radan turvalaitesuunnitelma

Radan turvalaitesuunnitelma laaditaan osana ratasuunnitelmaa. Siltasuunnitelmassa keskeistä on huomioida siltarakenteisiin sijoitettavien turvalaitteiden vaatimukset niiden sijainnille ja huollettavuudelle.

Avattava silta on varustettava turvalaitoksella, joka estää sillan lukituksen avaamisen silloin, kun sillan yli on varmistettu kulkutie. Kulkutien varmistaminen avattavan sillan yli on estettävä, kun silta ei ole lukittu rautatien liikennöintiä varten.

Avattavan sillan turvalaitoksesta on annettava ilmaisut sillan lukituksen tilasta ja sillan lukituksen poistamisen mahdollistavan luvan tilasta asetinlaitteelle tai suojastusjärjestelmään, johon sillan turvalaitos on kytketty.

Radan turvalaitekomponentit liitetään ainoastaan radan turvalaitokseen. Sillan käyttöön liittyvät turvalaitteiden tilatiedot liitetään sillan automaatiojärjestelmään turvalaitteesta ns. oheistietona yleensä potentiaalivapaiden kosketintietojen välityksellä.

Turvalaitoksen ja sillan automaatiojärjestelmän välillä käsitellään vain sillan avauslupaan (sillan lukitukseen) liittyviä tietoja.

Avauslupa voidaan pyytää sillan käyttöliittymästä automaattisesti, jolloin turvalaitokselle annetaan ohjaus pyytään avauslupa tai soittamalla kauko-ohjaajalle, joka antaa sähköisen luvan turvalaitokselle. Automaatiojärjestelmän käyttöliittymän avulla avauslupa otetaan vastaan turvalaitokselle ja tieto välitetään käyttöliittymään.

Sillan käyttötoimenpiteiden jälkeen, kun silta on lukittu kiinni-asentoonsa, avauslupa palautetaan automaattisesti automaatiojärjestelmästä radan turvalaitokselle.

Sähköistetyillä rataosilla avattavien siltojen sähkörtarakenteiden ja niihin liittyvät ohjaustoiminnot valvoo Liikenteenohjaus ja Käyttökeskus. Suunnitelmien ja ohjeistuksen hyväksynnän antaa Liikenneviraston Käytönjohtaja.

#### 4.4.3 Vesiväylän merenkulun turvalaitesuunnitelma

Merenkulun turvalaitteet kuten väylälinjan osoittavat linjamerkit sekä väyläalueen reunaan osoittavat merkit kuten viitat, poijut ja reunamerkit suunnitellaan osana vesiväylän suunnittelua.

Sillan suunnittelun osana suunnitellaan yleensä sillan välittömässä läheisyydessä olevat vesiliikennemerkkit ja vesiliikenteen valo-opasteet, joiden käytössä noudatetaan Liikenneviraston määräyksiä vesiliikennemerkkeistä ja valo-opasteista.

Vesiliikenteen valo-opasteina avattavilla silloilla käytetään yleensä 4-aukkoista opastetta. Joissakin tapauksissa käytetään 5-aukkoista opastetta, jossa viides valo on valkoinen. Valkoista valoa käytetään ilmoittamaan alukselle, että se on havaittu ja/tai valmistautumisesta sillan avaukseen.

#### 4.4.4 Turvajärjestelmäsuunnitelma

Tyypilliset avattavien siltojen käytöstä sivullisten henkilöturvallisuutta vaarantavat kohteet ovat kääntösiltojen kääntöalueet ja läppäsiltojen perän laskualue. Henkilöiden ja ajoneuvojen kulku näille alueille tulee estää tarkoituksen mukaisin estein esimerkiksi aitaamalla alueet. Esteet merkitään asianmukaisin kyltein.

Avattavilla silloilla käytetään tarpeen mukaan äänihälyttämiä varoittamaan tienkäyttäjiä ja vesiliikennettä.

Avattavilla silloilla omaisuuden suojaamiseksi tarve on lähinnä ilkivaltaa vastaan. Yleensä tekninen tila ja paikalliskäyttöpaikka varustetaan rikosilmoitusjärjestelmällä, johon liitettävät tekniset tilat ja siltakellarit varustetaan ovikoskettimin, liiketunnistimin ja hälytyssireenillä. Rikosilmoitusjärjestelmä tuottaa hälytyksen käyttöliittymään ja huoltomiehelle.

Tekniset tilat, paikalliskäyttökäyttöpaikka, koneistotilat ja sillan toiminta-alue varustetaan kameravalvonnalla.

Ovien lukitusjärjestelmä ja tietoliikenteen runkolaitteiden (L3) laitekaapin lukituksen tulee vastata voimassa olevaa lukituskäytäntöä ja turvallisuussääntöjä.

## 4.5 Hydraulikkasuunnitelma

### 4.5.1 Siltatyypistä riippumattomat ohjeet

Avattavan sillan käyttökoneiston hydraulikkajärjestelmästä tehdään yksityiskohtainen selostus, missä esitetään hydraulikkajärjestelmälle asetettavat vaatimukset ja järjestelmän toimintakuvaus. Selostuksen pääkohdat on esitetty alla.

Lyhyt kuvaus suunnittelun kohteena olevasta avattavasta sillasta. Kerrotaan sillan sijainti ja kuvaillaan ympäristöä sekä sillan käyttötarkoitus.

Kuvaus avattavan sillan käyttökoneistosta. Selostetaan käyttökoneiston toimintaperiaate toimilaitteineen.

Määritellään toimilaitteiden kuormitukset ja avattavan sillan muut suoritusarvot (työkierron toiminta-ajat) sekä toimintaympäristövaatimukset.

Kuvaus avattavan sillan käyttökoneiston hydraulikkajärjestelmästä. Esitellään hydraulikkakoneikolle varatun laitetilän sijainti ja koko.

Hydraulikkakoneikosta tehdään sanallisen kuvauksen lisäksi mittapiirustus, mistä selviää koneikon layout sekä koneikon maksimimitat. Lisäksi tehdään piirustus koneikon sijoittelusta laitetilään. Mitoitetaan koneikon sijainti ja määritellään putkiston lähtöjen suunnat. Määritellään koneikon varustelu.

Selostetaan järjestelmän eri pumppupiirien toiminta yksityiskohtaisesti.

- pääpumppupiirit
- ohjauspainepiirit
- sivuvirtaussuodatuspiiri ja hydraulikkaöljyn kunnonvalvonta

Kuvaus hydraulisista toimilaitteista ja toimilaitteisiin asennetuista venttiiliryhmistä. Esitetään toimilaitteille ja venttiiliryhmille asetetut vaatimukset ja kuormitukset eri tilanteissa.

Hydrauliikkaputkistolle määritellään maksimi virtausnopeudet, lujuusmitoitus, putkiston materiaali ja liitostavat. Lisäksi selostetaan vuotojenhallinta. Määritellään putkiston painetestausta ja huuhtelu.

Määritellään järjestelmässä käytettävä hydrauliikkaöljy.

Avattavan sillan käyttökoneistosta ja käyttökoneiston hydrauliikkajärjestelmästä tehdään tarkka toimintaselostus. Selostetaan yksityiskohtaisesti järjestelmän toiminta sillan normaalissa avaustyökierrossa. Lisäksi selostetaan järjestelmän valvonnat ja toiminta mahdollisissa vikatilanteissa. Tätä toimintaselostusta hyödynnetään sillan automaatio suunnittelussa.

#### **4.5.1.1 Hydrauliikkakoneikko**

Hydrauliikkakoneikko sijoitetaan yleensä lämmitettävään laitetilaan. Hydrauliikkakoneikon ympärille on varattava riittävä tila huolto- ja korjaustöitä varten. Huolto- ja korjaustöitä suorittavan henkilön tulee voida suorittaa kaikki normaalit huolto- ja korjaustoimenpiteet, myös komponenttien vaihdot, ergonomisesti. Komponenttien vaihdot pitää olla suoritettavissa ympäröiviä rakenteita purkamatta. Tarvittaessa laitetilaa katetaan on järjestettävä paikka nostolaitteelle isojen komponenttien vaihtoa varten. Nostolaitteen mitoitus tehdään nostettavien komponenttien mukaan.

Säiliö ja pumppu- sähkömoottori- yhdistelmät sekä venttiiliryhmät ovat vuotoaltaalla varustetun alustan päällä. Pumppuyksiköt sijoitetaan säiliön alle tai säiliön sivulle ja alapuolelle. Pumppujen sijoittamista säiliön sisälle tulee välttää.

Hydrauliikkakoneikko tulee varustaa vuotoaltaalla, joka on valmistettu haponkestävästä (EN 1.4432) teräksestä. Koko järjestelmän öljymäärän tulee mahtua vuotoaltaaseen. Mitoitus 1,1 x koko järjestelmän tilavuus.

Öljysäiliön tulee olla haponkestävää (EN 1.4432) terästä, ja tulee olla mitoitettu tilavuudeltaan riittävän suureksi, luotettavan toiminnan takaamiseksi. Öljysäiliössä tulee olla riittävän suuret huoltoluukut säiliön helpon puhdistamisen mahdollistamiseksi.

Öljysäiliö tulee varustaa ainakin seuraavilla säiliövarusteilla:

- mittalasi(t), johon on merkitty max. pinta, hälytysraja sekä pysäytysraja (min. pinta)
- erillinen lämpömittari ("kinkkumittari"- tyyppinen)
- näytöllinen pintalähetin (4-20 mA viestillä)
- näytöllinen lämpötilalähetin (4-20 mA viestillä)
- ilma-suodatin visuaalisella indikaattorilla. Täyttökorkkimallista ilma-suodatinta ei saa käyttää.
- lämmitysvastus (max. 0,9 W/cm<sup>2</sup>) + termostaatti + ylälämpösuoja.
- tyhjennyskana, joka on sijoitettu mahdollisimman alas. Tyhjennyskana on varmistettava tulppauksella.
- säiliöanturoinneissa käytetään suojaputkea, jotta anturinvaihto ilman säiliön tyhjentämistä on mahdollista.

Koneikkoon liittyvät muut teräsrakenteet (kannattimet, hoitotasot yms.) kuumasinkitään.

Käytettävä pumpputyyppejä valitaan tapauskohtaisesti. Pääpumppuina käytetään mieluiten kiinteätuottoisia pumppuja, painetasosta riippuen mäntä- tai sisähammaspyöräpumppuja. Tällöin sillan avaus- ja sulkemisliikkeen nopeudet säädetään sähkömoottorin taajuusmuuttajalla. Tarvittaessa käytetään säätötilavuuspumppuja sähköisellä tuotonsäädöllä. Pääpumppuissa tilavuusvirran tuotto jaetaan kahdelle pumppuyksikölle. Toisen pumpun mahdollisesti rikkoutuessa kytketään rikkoutunut pumppuyksikkö pois käytöstä ja sallitaan liikenopeuksien puoliutuminen. Pumppujen maksimi käyttöpainetaso valitaan reippaasti yli tarvitun painetason. Eli valitaan todella laadukas pumppu. Pumppujen koko valitaan niin, että jää vähintään 20 % reservi vaadittuun tuottoon.

Ohjauspainepumppuyksikkö kahdennetaan ja pumppuyksiköillä on vuorottelukäyttö. Pumppujen maksimi käyttöpainetaso valitaan reippaasti yli tarvitun painetason. Pumppujen koko valitaan niin, että jää vähintään 20 % reservi vaadittuun tuottoon. Eli kaikkien esiohjattujen venttiilien toimintanopeudet ovat hyvin hallinnassa. Ohjauspainepumppu syöttää tarvittaessa säätötilavuuspumpun säätimen mahdollisesti tarvitseman lisäohjauspaineen.

Pumput tulee varustaa rajakytkimellä varustetuilla imuhanoilla. Rajakytkin indikoi, mikäli imuhana ei ole täysin auki.

Alaslaskuliikkeessä myös portaaton venttiilisäätö on mahdollinen. Tällöin sillan alaslaskussa ei tarvita pääpumppuja ollenkaan, ohjauspainepumppu riittää.

Hydrauliikkajärjestelmän kaikki pumppupiirit varustetaan näytöllisillä painelähettimillä (4–20 mA viestillä) sekä tarkistusta varten mittauspikaliittimillä (haponkestävä M16 x2). Sillan varusteisiin tulee sisällyttää lajitelma mittausletkuihin kytkettyjä painemittareita.

Sähkömoottorien jännite ilmoitetaan tapauskohtaisesti.

Hydrauliikkakoneikon yhteyteen asennettavat hydrauliikkaventtiilit tulee asentaa pääosiltaan venttiiliryhmiin (pinta- ja/tai patruuna- asenteiset venttiilit). Putkistoasenteisia venttiileitä tulee välttää. Kaikkiin venttiiliryhmien lähdöt ja muut vianetsinnän kannalta oleelliset kohdat tulee varustaa mittauspikaliittimillä (haponkestävä M16 x2).

Jokainen pumppupiiri on varustettava painesuodattimella. Painesuodattimen suodatusaste valitaan käytettyjen venttiilien vaatimusten mukaan, kuitenkin vähintään 10 µm (abs.) Suodattimet on varustettava sähköisillä paine-eroa mittaavalla (viesti 4–20 mA) indikaattoreilla. Painesuodattimen molemmin puolin tulee olla mittauspikaliittimet paine-eron tarkistamista varten.

Tarvittaessa koneikko voidaan lisäksi varustaa paluusuodattimilla, joiden suodatusaste on vähintään 25 µm (abs.). Suodattimet on varustettava sähköisellä painetta mittaavalla (viesti 4–20 mA) indikaattorilla. Suodattimen molemmin puolin tulee olla mittauspikaliittimet paine-eron tarkistamista varten.

Hydrauliikkasäiliö varustetaan erillisellä jatkuvatoimisella sivuvirtasuodatusyksiköllä, joka kierrättää öljyä sivuvirtasuodattimen ja öljynkuntoanturin läpi. Pumppuyksikkö on varustettu lisäksi hiukkaslaskurilla. Sähköinen ohjausjärjestelmä valvoo hydrauliikkaöljyn määrää, lämpötilaa, puhtautta, vesipitoisuutta sekä vanhenemista. Sivuvirtasuodattimen suodatusaste on oltava vähintään 3 µm (abs.). Lisäksi sivuvirtasuodattimella tulee olla kyky poistaa järjestelmään kondensoitunutta vettä. Sivuvirtasuodatin on varustettava sähköisellä paine-eroa mittaavalla (viesti 4–20 mA) indikaattorilla. Sivuvirtasuodattimen molemmin puolin tulee olla mittauspikaliittimet paine-eron tarkistamista varten.

Hydrauliikkakoneikko varustetaan tarvittaessa erillisellä jäähdytynyksiköllä. Jäähdytynyksikön tarvetta harkittaessa on otettava huomioon sillan käyttöönoton ja testauksen vaatimukset. Yleensä jäähdytynyksikkö on asennettu.

Ilmansuodattimen suodatusaste on oltava vähintään 3 µm (abs.). Ilmansuodatin on varustettava visuaalisella indikaattorilla.

Hydrauliikkajärjestelmään lisättävä öljy on aina johdettava suodattimen kautta säiliöön.

Hydrauliikkaventtiilien ohjausjännite on 24 VDC. Venttiilit varustetaan 5 m johdolla varustetuin led-pistokeliittimin.

Koneikon sähköiset komponentit johdotetaan koneikon yhteyteen asennettuun riviliitinkoteloon. Riviliitinkotelon koko ylimitoitetaan vähintään 20 %.

Hydrauliikkakoneikon komponentit sekä kentällä olevat komponentit merkitään alta kaiverretuin kyltein käyttäen hydrauliikkakaaviossa ja selostuksessa olevia tunnuksia (esim. Y1, PT1...) sekä selväkielisiä nimityksiä (esim. PT5 Ohjauspaine). Urakoitsijan tulee hyväksyttää kylttien tekstit tilaajalla. Komponentit, joilla ei ole sähkötunnusta merkitään osanumerolla.

#### **4.5.1.2 Toimilaitteet ja toimilaitteiden kuormitukset**

Sylinterien kuormitusten yhdistäminen ks. kohta 3.3.5.2.

Sylintereitä on käytettävä siten, että sylinterin varsi on lepotilassa (esim. maatie- tai rautatieasennossa) sylinterin sisällä. Mikäli sylinteriä joudutaan jostain syystä käyttämään siten, että varsi on lepotilassa ulkona, niin varsi on suojattava suojapalkeella tai vastaavalla. Tällaiseen tilanteeseen joudutaan esimerkiksi käytettäessä läpimenevällä varrella varustettua sylinteriä.

Sylinterien runko ja männänvarsi varustetaan ko. tapaukseen soveltuvilla kiinnikkeillä, jotka minimoivat sylinteriin kohdistuvien muiden kuin työntö- ja vetovoimien vaikutusta. Sylinterirungon ja sylinterivarren liika kääntyminen silmukkalaakerissa tulee estää, ettei silmukkalaakerin runko pääse hankaamaan kiinnityskorvaketta.



Niissä tapauksissa, missä toisen sylinterin pettäessä jäljellejäävä sylinteri joutuu kantamaan kaksinkertaisen kuorman normaalitilanteeseen verrattuna, on otettava huomioon sylintereitä mitoitettaessa:

- nurjahdusvaara männänvarsi ulkona
- paine saa tässä tilanteessa nousta korkeintaan 90 % sylinterin testauspaineesta
- tässä poikkeavassa tilanteessa varmuus nurjahdusta vastaan on oltava vähintään 2,5. Normaalissa kuormitustilanteessa varmuus nurjahdusta vastaan on oltava vähintään 4.
- on pystyttävä laskemaan läppä tai nostosillan pää turvallisesti alas yhdelläkin sylinterillä

Männänvarsi on oltava kaksoiskovakromattu. Sylinterit varustetaan tarvittaessa jäänpoistorenkalla.

Mikäli sylinterin suosa tarvitsee erillistä voitelua, niin kyseinen voitelukohta putkitaan sellaiseen paikkaan mistä huoltovoitelu on mahdollista turvallisesti suorittaa. Voitelun suorittaminen on ohjeistettava yksityiskohtaisesti.

Sylinterin suosa on tarvittaessa suojattava (sillan lepoasennossa) sillalta mahdollisesti tippuvilta partikkelilta ja lintujen ulosteilta esimerkiksi männänvarteen kiinnitettävällä suojuksella. Varsinaisten työsylinterien liikeanturointi pyritään pääsääntöisesti asentamaan sylinterin sisään, jolloin anturi on hyvin suojassa ulkoisilta vaurioilta. Liikeanturien viesti on 4–20 mA.

Tarjouksessa on esitettävä sylinterinmittapiirustuksen, nimellispaineen, koeponnistuspaineen lisäksi varmuus nurjahduksen suhteen.

Hydrauliikkasyylinterin pintakäsittely ks. LIVI A.2.

Varsinaisien työsylinterien männänpuolen liitántään (tai jossain tapauksessa varrenpuolen liitántään) asennetaan venttiiliryhmä (laippakiinnitys SAE J518C Code 62), joka sisältää yleensä sylinterikohtaisen ylhäälläpitoventtiilin (kuormanlaskuventtiilin), hätälaskuventtiilin (sähköisesti asentovalvottu) sekä painelähettimen. Pinalähetin (ei näytöllinen lähetin 4–20 mA viestillä) mittaa sylinterin kuormituksen (paineen). Sähköinen ohjausjärjestelmä arvostelee sylinterien kuntoa (tiivisteiden kuntoa) tästä kuormituserosta, ja tarvittaessa tasaa sylinterien kuormitusta. Venttiiliryhmän alle on asennettava haponkestävästä teräksestä valmistettu vuotoallas. Lisäksi venttiiliryhmä on suojattava haponkestävästä teräksestä valmistetulla säasuojalla.

Läppä- ja nostosilloissa varsinainen kuormanlaskuventtiili (työsylintereille yhteinen) asennetaan normaalisti venttiiliryhmään koneikon yhteyteen. Normaalissa sulkuliikkeessä avutuvat sylinterikohtaiset kuormanlaskuventtiilit ennen yhteistä kuormanlaskuventtiiliä, jolloin sulkuliikkeen stabiloinnin hoitaa yhteinen kuormanlaskuventtiili. Varsinaisen kuormanlaskuventtiilin ja sylintereissä olevien kuormanlaskuventtiilien välistä putkiston osan eheyttä valvotaan sillan avaus- ja sulkuliikkeen aikana varsinaisen kuormanlaskuventtiilin venttiiliryhmään asennetulla näytöllisellä painelähettimellä (4–20 mA).

### 4.5.1.3 Hydrauliihkaputkisto

Hydrauliihkaputkiston mitoituksessa ja sijoituksessa sekä valmistuksessa on otettava huomioon alla esitettyjä asioita.

#### 4.5.1.3.1 Yleistä

Käytettävät maksimi virtausnopeudet:

- imuputkisto max. 1 m/s
- paineputkisto max. 5 m/s
- paluuputkisto max. 3 m/s

Hydrauliihkaputkien materiaali on haponkestävä teräs AISI 316L (EN 1.4432). Putkissa käytettävät seinämien paksuudet valitaan siten, että putken suurin sallittu dynaaminen käyttöpaine on suurempi kuin kyseisissä putkilinjassa esiintyvä suurin dynaaminen käyttöpaine.

Putkiston liitokset tehdään sillan alla (avoveden päällä) hitsaamalla. Putket hitsataan päittäin käyttäen juuritukea. Irrotettavat liitokset (putkiliitin/laippa) tehdään alueille, missä putkiston alle tehdään vuotokaukalo. Vuotokaukalosta öljy johdetaan keräily-säiliöön (esimeriksi sylinterien venttiiliryhmien vuotokaukaloihin, koneikon vuotoaltaaseen ja erilliseen vuotoaltaaseen (mahdollisesti useita). Näitä vuotoaltaita valvotaan pintakytkimillä. Avattavat putkiliitokset tehdään aina alueille, missä mahdollinen vuoto on hallittavissa. Vuotoaltaan koko on suhteuttava vuodon todennäköisyyteen.

Yli  $\varnothing 20$  putkien avattavat liitokset tehdään SAE J518C Code 62 (6000 psi) laipoilla. Laipat sisäosineen ovat haponkestävästä teräksestä AISI 316L (EN 1.4432).

Putkien  $\varnothing \leq 20$  mm avattavat liitokset tehdään raskaan sarjan DIN 2353 liittimin. Liittimet ovat haponkestävästä teräksestä AISI 316L (EN 1.4432).

Hydrauliihkaputket tuetaan tukevalla putkenkiinnittimillä. Tuentaväli valitaan valmistajan asennusohjeiden perusteella. Putkenkiinnittimien metalliosat tulee olla haponkestävää terästä AISI 316L (EN 1.4432). Sekundäärikannattimet voivat olla kuumasinkittyä terästä. Haponkestävät putkenkiinnittimet on kiinnitettävä sillan rakenteisiin (poikkipalkkeihin) kumi- tai muovieristeitä käyttäen niin, etteivät putkenkiinnittimet tai niiden kiinnityksessä käytetyt kiinnitystarvikkeet ole suoraan kosketuksissa sillan teräsrakenteisiin.

Kaikki putkistossa olevat sulkuventtiilit (esim. palloventtiilit), joiden väärässä asennossa ololla on järjestelmän rikkoutumisen ja/tai toiminnan kannalta merkitystä, on varustettava sähköisellä asentovalvonnalla, joka hälyttää ja estää järjestelmän toiminnan, mikäli venttiili ei ole täysin vaaditussa toiminta-asennossa.

Letkuasennelmien letkutyyppiä valitaan kyseiseen paikkaan parhaiten sopiva kulu-tusta ja vallitsevia ympäristöolosuhteita kestävä letkumateriaali. Letkun paineluokka valitaan siten, että letkun suurin sallittu käyttöpaine on suurempi kuin kyseisessä linjassa esiintyvä suurin dynaaminen käyttöpaine. Sylinterin venttiiliryhmiltä lähtevien sekä muiden ulkona olevien letkujen letkuliitimet ovat haponkestävästä teräksestä AISI 316L (EN 1.4432).

Letkuasennelmilla on rajattu käyttöaika. Itse letkumateriaali vanhenee varsinkin ultra-violetti säteilyn, otsonin, korkean lämpötilan, ja liuottimien vaikutuksesta. Mekaanisesti letkua kuluttaa hankautuminen, taivuttaminen, matala ympäristön lämpötila yms. Standardissa DIN 20066 on esitetty suosituksia letkuasennelmien vaihtoväliksi. Standardin mukaan suositeltu vaihtoväli on 6 vuotta, tällöin letkumateriaalin ikä saa olla korkeintaan 4 vuotta. Letkujen tarkastusväli on 12 kk. Letkuasennelmaan merkitään letkun koodi sekä letkuasennelman valmistusaika kaivertamalla letkuliittimeen.

Kaikissa niissä tiloissa minne käyttö- huoltohenkilökunnalla on pääsy sillan käytön tai koekäytön aikana, paineletkuasennelmat on suojattava suojasukalla neulanreikävuodon varalta. Lisäksi paineletkuasennelmat on molemmista päistään varustettava turvalukitusvaijereilla (esim. Stopfex) sinkoamisen varalta.

Toimilaitteiden (sylinterin tai hydraulikkamoottorin) venttiiliryhmiltä lähtevät letkut on suojattava suoja-pussilla, josta mahdollinen vuotava öljy johdetaan sylinterin venttiiliryhmän vuotoaltaaseen. Pussit tulee valmistaa materiaalista, joka on öljytiivis, ja jonka vetokestävyys on vähintään 500 N/m. Lisäksi materiaalin tulee olla niin joustava ja/tai pussin niin tilava, että sylinterin liikkeet voivat esteettä ja pussin rikkoontumatta tapahtua.

#### *4.5.1.3.2 Hydraulikkaputkiston painetestausta ja huuhtelu*

Asennuksen jälkeen putkisto on painetestattava sekä huuhdeltava. Sillan hydraulikkajärjestelmän ennalta valmistetut kokoonpanot kuten hydraulikkakoneikko, erilliset venttiiliryhmät ja toimilaitteet toimitetaan sillan asennuspaikalle huuhdeltuina, testattuina, säädettyinä sekä hyvin tulpattuina.

Hydraulikkaputkiston mahdolliset tehtaassa esivalmistetut putkiston osat toimitetaan sillan asennuspaikalle huuhdeltuina ja putkiston päät suljettuina. Samaten metritavarana asennuspaikalle toimitettavat putkikanget toimitetaan asennuspaikalle putken päät tulpattuina.

### **Putkiston painetestausta**

Putkiston painetestausta (koeponnistus) suoritetaan erillisellä pienituottoisella painetestaussyksiköllä. Testausnesteinä käytetään samaa hydraulikkäöljytyyppiä, kuin järjestelmässä tullaan käyttämään. Painetestausta suoritetaan ennen putkiston huuhtelua. Putkisto testataan linja kerrallaan ja testauspaineen maksimiarvona käytetään 1,5-kertaa testattavan putkilinjan suunniteltu maksimi käyttöpainetta.

Sillan valmis putkisto erotetaan hydraulikkakoneikosta ja erillisistä venttiiliryhmistä sekä hydraulisista toimilaitteista. Testattava putkistolinja kytetään painetestaussyksikköön ja putkilinjan pää suljetaan. Tämän jälkeen putkilinja täytetään esisuodattulla öljyllä ja ilmataan. Paine testattavassa putkilinjassa nostetaan esimerkiksi kolmessa portaassa kyseisen linjan testauspaineen maksimiin. Putkiston visuaalisen tarkkailun lisäksi kunkin paineportaan kohdalla seurataan paineen pitoa pumppu sammutettuna ja pumpun painelinja suljettuna 60 min ja kirjataan paineen pudotus putkilinjassa. Mikäli lämpötila testauksen aikana pysyy vakiona, niin paineen testattavassa putkistonosassa ei tulisi juurikaan laskea. Tämän jälkeen poistetaan testauspaine putkesta hallitusti. Mikäli putkilinja havaitaan tiiviiksi, niin siirrytään seuravan putkilinjan testaukseen.

## Putkiston huuhtelu

Putkiston huuhtelu suoritetaan painetestauksen jälkeen. Putkiston huuhtelu suoritetaan erillisellä huuhteluyksiköllä, joka sisältää öljysäiliön, pumpun, öljynsuodattimet ja hiukkaslaskurin. Huuhtelunesteenä käytetään samaa hydraulikkaöljytyyppiä, kuin järjestelmässä tullaan käyttämään. Putkisto huuhdellaan puhtausluokkaan 15/13/10 (ISO 4406/1999) ellei muuta ole vaadittu. Huuhtelu suoritetaan sellaisella tilavuusvirralla, että toimitaan turbulentsisella virtausalueella. Tällöin huuhtelu on tehokkainta. Huuhtelun aikana öljyn lämpötilan tulee olla n. 50°C.

Huuhdeltava putkisto erotetaan hydraulikkakoneikosta, erillisistä venttiiliryhmistä sekä hydraulisista toimilaitteista. Putkiston huuhtelu suoritetaan putkistosilmukoittain. Putkistosilmukat muodostetaan käyttämällä huuhtelulevyjä ja ”oikosulkuletkuja”. Kaikki putkiston osat tulee huuhdella. Testattava putkistosilmukka kytketään huuhteluyksikköön ja suoritetaan ilmaus. Tämän jälkeen putkistosilmukka huuhdellaan ensin 60 min ja luetan tämän jälkeen putkiston paluuvirtaukseen kytketyn hiukkaslaskurin näyttö 3 kertaa 20 min välein. Huuhtelun tulos on hyväksyttävä, kun kaikki 3 hiukkaslaskurin luentakertaa on vähintään vaadittua puhtausluokkaa. Mikäli haluttua puhtausluokkaa ei saavuteta, niin huuhtelua jatketaan uudella huuhtelutyökierrolla, kunnes saadaan 3 hyväksyttävää tulosta.

Putkiston painetestauksesta ja huuhtelusta tehdään toimintasuunnitelmat. Toteutuksesta tehdään pöytäkirjat.

### 4.5.1.4 Hydraulikkaöljy

Käytetään haluttuun käyttölämpötilaan soveltuvia korkealaatuisia mineraalipohjaisia hydraulikkaöljyjä, joilla on korkea viskositeetti- indeksi.

Mikäli halutaan käyttää muita hydraulikkaöljyjä, esimerkiksi synteettisistä estereistä valmistettuja biologisesti hajoavia hydraulikkaöljyjä, niin on varmistuttava, että kaikki hydraulikkajärjestelmän komponentit soveltuvat kaikilta osin kyseisen öljyn käyttöön.

### 4.5.1.5 Hydraulikkajärjestelmän suunnittelu, mitoitus ja pääkomponenttien valinnat

Sillan hydraulikkajärjestelmässä käytettävät komponentit mitoitetaan ja valitaan kyseiseen kohteeseen parhaiten sopivien komponenttien joukosta. Käytetään tunnettujen valmistajien komponentteja. Komponenttien tulee olla CE- merkittyjä.

Hydraulikkakaavio piirretään yksityiskohtaisesti käyttäen yleisesti käytettyjä, tarkkoja komponenttivalmistajien käyttämiä kaaviosymboleja.

Komponenteille annetaan osanumerot. Lisäksi kaikille sähköisille komponenteille annetaan sähköjärjestelmätunnukset. Sillan liikeanturointi merkitään hydraulikkakaavioon. Hydraulikkakaaviossa esiintyvät tunnuksot ja lyhenteet on selitettävä kaaviossa.

Kaavion osaluettelo tehdään erilliseen lomakkeeseen. Pääkomponenttien tarkka tyyppi määritellään. Osaluetteloon merkitään valitun komponentin yksilöivä täydellinen tyyppimerkintä. Kaikista osaluettelon komponenteista sillan tallennetaan varaosamateriaaliin komponentin esite, josta selviää komponentin tekniset tiedot ja suoritusarvot.

Järjestelmästä tehdään toimintakaavio, mistä nähdään, mikä sähkömoottori käy ja mikä venttiili ”vetää” missäkin vaiheessa.

#### **4.5.1.6 Avattavan sillan käyttökoneiston ja käyttökoneiston hydraulikkajärjestelmän toimintaselostus**

Avattavan sillan käyttökoneistosta ja käyttökoneiston hydraulikkajärjestelmästä tehdään tarkka toimintaselostus. Selostetaan yksityiskohtaisesti järjestelmän toiminta sillan normaalissa avaustyökierrossa. Lisäksi selostetaan järjestelmän valvonnat ja toiminta mahdollisissa vikatilanteissa. Tätä toimintaselostusta hyödynnetään sillan automaatio suunnittelussa.

Normaali työkierro on yleensä:

- järjestelmä seis (uiva maantie- tai rautatieasento)
- valmiustila ennen sillan avausta
- sillan avaus
- valmiustila sillan auki asennossa
- sillan sulkeminen (palautus maantie- tai rautatie asentoon)
- järjestelmä seis (uiva maantie- tai rautatieasento)

Muita selostettavia toimintoja ovat hätäkäyttö, valvonnat ja toimenpiteet vikatilanteissa sekä sivuvirtaussuodatuksen ja öljyn kunnonvalvonnan toiminta.

#### **4.5.1.7 Huolto- ja varaosat**

Koneikkotarjouksen tulee sisältää omana kohtanaan 4 sarjaa huolto-osia kuten suodattimien vaihtopatrunoita.

Lisäksi kriittisistä varaosista, joilla on pitkä toimitusaika, on tehtävä luettelo. Koneikkotarjouksen tulee sisältää tarjouksen myös luettelon varaosista.

#### **4.5.1.8 Käyttö- huolto- ja varaosakirjat**

Hydraulikkakoneikon toimituksen tulee sisältää 5 sarjaa käyttö- huolto- ja varaosakansioita. Huoltokirjan tulee sisältää yksityiskohtaisen (helppokäyttöisen) huoltotaulukon, josta selviää määräaikaishuoltokohteet ja huoltotoimenpiteet tarkasti. Huoltokirja tulee toimittaa myös sähköisessä (pdf) muodossa.

### **4.5.2 Siltatyypikohtaiset ohjeet**

#### **4.5.2.1 Läppäsilta**

Läpän mekaniikka on niin jäykkä, että sylintereillä on mekaaninen tahdistus. Turvallisuuden varmistamiseksi on päädytty kahden sylinterin käyttöön.

#### **Järjestelmän peruseriaatteen**

Sylinterit on mitoitettava siten, että yksikin sylinteri pystyy kannattamaan koko läpän painon ja laskemaan läpän hitaalla nopeudella turvallisesti alas.

Läpän ylhäällä pysyminen on kahdennettava ja valvottava:

- läpän ylhäällä pysyminen kahden sylinterin ja vähintään kahden hydraulikkaventtiilin varassa. Läpän ylhäällä pitoon osallistuvat venttiilit asennetaan suoraan sylinteriliitäntään asennettavaan venttiiliryhmään.
- kahdennukseen osallistuvien hydraulikkaventtiileiden toimintaa valvotaan esim. mikrokytkimillä (valvotaan venttiilin paluuta lepoasemaansa)
- letkun rikkoutuminen ei saa aiheuttaa sylinterin kannatuskyvyn menettämistä.

Varsinaisien työsylinterien männänpuolen liitäntään (tai jossain tapauksessa varrenpuolen liitäntään) asennetaan venttiiliryhmä (laippakiinnitys SAE J518C Code 62), joka sisältää yleensä sylinterikohtaisen ylhäälläpitoventtiilin (kuormanlaskuventtiilin), hätälaskuventtiilin (sähköisesti asentovalvottu) sekä painelähtetimen. Painelähtetin (ei näytöllinen lähtetin 4-20 mA viestillä) mittaa sylinterin kuormituksen (paineen). Sähköinen ohjausjärjestelmä arvostelee sylinterien kuntoa (tiivisteiden kuntoa) tästä kuormituserosta, ja tarvittaessa tasaa sylinterien kuormitusta. Venttiiliryhmän alle on asennettava haponkestävästä teräksestä valmistettu vuotoallas. Lisäksi venttiiliryhmä on suojattava haponkestävästä teräksestä valmistetulla sääsuojujalla.

Varsinainen kuormanlaskuventtiili (työsylintereille yhteinen) asennetaan normaalisti venttiiliryhmään koneikon yhteyteen. Normaalisissa sulkuliikkeessä avutuvat sylinterikohtaiset kuormanlaskuventtiilit ennen yhteistä kuormanlaskuventtiiliä, jolloin sulke-  
misliikkeen stabiloinnin hoitaa yhteinen kuormanlaskuventtiili. Varsinaisen kuormanlaskuventtiilin ja sylintereissä olevien kuormanlaskuventtiilien välistä putkiston osan eheyttä valvotaan sillan avaus- ja sulkuliikkeen aikana varsinaisen kuormanlaskuventtiilin venttiiliryhmään asennetulla painelähtetimestä.

Läpän aukaisutoiminto ja sulkemistoiminto on kahdennettava ja valvottava:

- läpän aukaisu- ja sulkemistoiminnon käynnistyminen vaatii ainakin kahteen hydraulikkakomponenttiin vaikuttamisen (vähintään kaksi venttiiliä ”vetää”)
- läpän aukaisu- ja sulkemistoimintoihin osallistuvien venttiileiden toimintaa valvotaan esim. mikrokytkimillä (valvotaan venttiilin paluuta lepoasemaansa)

Läpän aukaisu- ja sulkemisnopeus on oltava portaattomasti säädettävissä.

Läpän asemaa mitataan sylinterien sisälle asennetuilla liikeantureilla:

- veisti 4-20 mA
- koska molemmissa sylinterissä on anturi, niin sillan läpän asemamittaus on kahdennettu
- sillan sähköinen ohjausjärjestelmä ohjaa läpän liikkeitä anturitiedon perusteella.

Läpän kärjen ylä- ja ala-asento sekä hidastusrajat varmistetaan rajakytkimin.

Normaalitilanteessa sylinterit toimivat rinnakkain kytkettyinä aukaisussa ja sulkemisessa.

Häiriötilanteessa sylinterit toimivat erillisesti (vain läpän lasku hätälaskulla mahdollinen).

Läpän avaaminen yhdellä sylinterillä ei ole sallittu (eikä edes mahdollista).

Sähköinen ohjausjärjestelmä valvoo läpänavausjärjestelmän toimintaa. Mikäli ohjausjärjestelmä havaitsee vian kahdennuksissa, mittauksissa, valvontajärjestelmässä tai kuormituksen epänormaalin jakaantumisen sylintereille, läpän avausjärjestelmä kytketty toiminnasta pois. Tällöin vain läpän manuaalinen alas lasku hätälaskutoiminnolla on mahdollista (hidas nopeus).

Läppäsillan ollessa tieliikenneasennossa (ala-asennossa) tulee sylinterillä olla ”uiva” kytkentä, joka sallii liikenteen kuormasta ja lämpötilamuutoksista johtuvat sillan muodonmuutokset. Mikäli mahdollista, tulee sylinterien varrenpuolen kiinnitys toteuttaa siten, etteivät sylinterivarret mäntineen pääse liikkumaan edestakaisin uivassa ala-asennossa liikenteen vaikutuksesta.

Läppäsillan ollessa auki asennossa sillan sähköinen ohjausjärjestelmä nostaa sillan automaattisesti ylös, mikäli läppä valuu tietyn määrän yläasennostaan. Palautuskohta on ennen sillalle määritellyn kulkuaukon minimirajaa.

Sähköiset valvontakomponentit on kytkettävä siten, että johdon katkeaminen aiheuttaa hälytyksen.

Sillan käyttö varmistetaan yleensä varavoimakoneella ja UPS- laitteistolla, joilla varmistetaan sillaan lasku tieliikenneasentoon. Siltaa ei voida nostaa varavoimakoneella. Aivan pienissä läppäsilloissa tämä saattaa olla mahdollista.

#### **4.5.2.2 Nostosilta**

Silta on varustettu kahdella nostosylinterillä / sillan pää eli yhteensä neljällä sylinterillä. Sillan kumpikin pää on varustettu omalla hydraulikkakoneikolla. Silta on poikittain mekaanisesti tahdistettu ja pitkittäin sähköhydraulisesti tahdistettu. Nosto- ja laskuliikkeen aikana sillan pääiden sylinterit ovat hydraulisesti rinnakkain kytketty. Pysäytettynä yläasentoon tai muuhun väliasentoon sillan päiden sylinterit toimivat erikseen kyeten pitämään sillan pään ylhäällä, vaikka toinen pään sylintereistä olisi ’pois pelistä’.

Sillan sylinterit on mitoitettava siten, että yksikin sylinteri pystyy kannattamaan sillan pään painon ja laskemaan pään hitaalla nopeudella turvallisesti alas.

Sillan ylhäällä pysyminen on kahdennettava ja valvottava:

- sillan pään ylhäällä pysyminen kahden sylinterin ja vähintään kahden hydraulikkaventtiilin varassa. Sillan pään ylhäällä pitoon osallistuvat venttiilit asennetaan suoraan sylinteriliitintään asennettavaan venttiiliryhmään.
- letkun rikkoutuminen ei saa aiheuttaa sylinterin kantokyvyn menettämistä.
- sillan pään ylhäällä pysyminen kahden sylinterin ja vähintään kahden hydraulikkaventtiilin varassa. Pään ylhäällä pitoon osallistuvat venttiilit asennetaan suoraan sylinteriliitintään.
- kahdennukseen osallistuvien hydraulikkaventtiileiden toimintaa valvotaan esim. mikrokytkimillä (valvotaan venttiilin paluuta lepoasemaansa)
- letkun rikkoutuminen ei saa aiheuttaa sylinterin kantokyvyn menettämistä

Varsinaisien työsylinterien männänpuolen liitântään (tai jossain tapauksessa varrenpuolen liitântään) asennetaan venttiiliryhmä (laippakiinnitys SAE J518C Code 62), joka sisältää yleensä sylinterikohtaisen ylhäällä pito venttiilin (kuormanlaskuventtiilin), hätälaskuventtiilin (sähköisesti asentovalvottu) sekä painelähttimen. Pinalähtetin (ei näytöllinen lähetin 4-20 mA viestillä) mittaa sylinterin kuormituksen (paineen). Sähköinen ohjausjärjestelmä arvotelee sylinterien kuntoa (tiivisteiden kuntoa) tästä kuormituserosta, ja tarvittaessa tasaa sylinterien kuormitusta. Venttiiliryhmän alle on asennettava haponkestävästä teräksestä valmistettu vuotoallas. Lisäksi venttiiliryhmä on suojattava haponkestävästä teräksestä valmistetulla sääsuoajalla.

Varsinainen kuormanlaskuventtiili (työsylintereille yhteinen) asennetaan normaalisti venttiiliryhmään koneikon yhteyteen. Normaalisssa sulkuliikkeessä avutuvat sylinterikohtaiset kuormanlaskuventtiilit ennen yhteistä kuormanlaskuventtiiliä, jolloin sulkuliikkeen stabiloinnin hoitaa yhteinen kuormanlaskuventtiili. Varsinaisen kuormanlaskuventtiilin ja sylintereissä olevien kuormanlaskuventtiilien välistä putkiston osan eheyttä valvotaan sillan avaus- ja sulkemisliikkeen aikana varsinaisen kuormanlaskuventtiilin venttiiliryhmään asennetulla näytöllisellä painelähttimellä (4–20 mA).

Sillan nosto- ja laskutoiminto on kahdennettava ja valvottava:

- sillan nosto- ja laskutoiminnon käynnistyminen vaatii ainakin kahteen hydraulikkakomponenttiin vaikuttamisen (vähintään kaksi venttiiliä ”vetää”)
- sillan nosto- ja laskutoimintoihin osallistuvien venttiileiden toimintaa valvotaan esim. mikrokytkimillä (valvotaan venttiilin paluuta lepoasemaansa)

Sillan nosto- ja laskunopeus on oltava portaattomasti säädettävissä.

Alas laskettaessa myös portaaton venttiilisäätö on mahdollinen. Tällöin sillan alas laskussa ei tarvita pääpumppuja ollenkaan, ohjauspainepumppu riittää.

Sillan asemaa (sylinterien iskuä) mitataan sylintereissä olevilla liikeantureilla.

- analoginen 4–20 mA viesti
- koska jokaisessa sylinterissä on anturi, niin sillan päädyn asemamittaus on kahdennettu
- sillan sähköinen ohjausjärjestelmä ohjaa sillan päädyn liikkeitä anturitiedon perusteella.
- sillan sähköinen ohjausjärjestelmä pitää sillan tarpeeksi suorassa nosto- ja laskuliikkeen aikana iskunmittaustietojen perusteella.

Sillan sylinterit on varustettu varmistavilla ääriarajoilla (ala- ja ylärajat sekä ala- ja ylähidastusrajat):

- Rajakytkimet käynnistävät hidastusrampit ja suorittavat pysäytyksen, mikäli asemanmittaus ei sitä tee.
- Normaaliolanteessa sillan kummankin pään sylinterit toimivat rinnakkain kytkeytyinä nostossa ja laskussa.
- Häiriötilanteessa sillan pään sylinterit toimivat erillisesti (vain sillan lasku hätälaskulla mahdollinen).

Sillan avaaminen on mahdollista ainoastaan kaikkien sylinterien toiminnassa ollessa.



Silta on pitkittäin sähköhydraulisesti tahdistettu. Sillan sähköinen ohjausjärjestelmä pitää sillan nosto- ja laskuliikkeen aikana tarvittavan suorassa. Ohjausjärjestelmä hidastaa nosto- tai laskuliikkeessä edelle pyrkivää sillan päätä. Mikäli kaikesta huolimatta saavutetaan sillan maksimi vinous, niin ohjausjärjestelmä pysäyttää liikkeen ja tekee hälytyksen. Tällöin on ainoastaan sillan hätälasku tieliikenneasentoon mahdollinen.

Sähköinen ohjausjärjestelmä valvoo nostokoneiston toimintaa. Mikäli ohjausjärjestelmä havaitsee vian venttiilien kahdennuksissa, rajakytkimien toiminnassa tai iskunpituuden mittauksissa, niin sillan nostojärjestelmä kytkeytyy toiminnasta pois ja seuraa hälytys. Tällöin vain sillan lasku tieliikenneasentoon hätälasku-toiminnolla on mahdollista (hidas nopeus).

Sillan ollessa tieliikenneasennossa (ala-asennossa) tulee sylinterillä olla ”uiva” kytkentä, joka sallii liikenteen kuormasta ja lämpötilamuutoksista johtuvat sillan muodonmuutokset. Mikäli mahdollista, tulee sylinterien varrenpuolen kiinnitys toteuttaa siten, etteivät sylinterivarret mäntineen pääse liikkumaan edestakaisin uivassa ala-asennossa liikenteen vaikutuksesta.

Nostosillan ollessa auki asennossa sillan sähköinen ohjausjärjestelmä nostaa sillan päätyä automaattisesti ylös, mikäli sillan pääty valuu tietyn määrän yläasennostaan. Palautuskohta on ennen sillalle määritellyn kulkuaukon minimirajaa.

Sähköiset valvontakomponentit on kytkettävä siten, että johdon katkeaminen aiheuttaa hälytyksen.

Sillan käyttö varmistetaan yleensä varavoimakoneella ja UPS-laitteistolla, jolla varmistetaan sille lasku tieliikenneasentoon. Varavoimakoneella ei siltaa voida nostaa.

#### **4.5.2.3 Kääntösilta**

Kääntösillassa on yleensä erotettavissa kaksi erillistä toimintoa, sillan perän laskeminen aukaisuasentoon ja sillan varsinainen kääntäminen.

Sillan perän laskeminen toteutetaan yleensä hydraulikkasynterinin käyttämällä epäkeskolla tai vipukoneistolla.

Peränlaskukoneisto on siten suunniteltu, että kääntösillan ollessa tieliikenneasennossa, koneiston sylinterin varsi on sisällä. Tällöin perän hallittua laskemisliikkeettä stabiloiva kuormanlaskuventtiili asennetaan sylinterin varrenpuolen liitännään. Nostokoneiston asemaa valvotaan kahdennettuin rajakytkin.

Sillan kääntäminen suoritetaan normaalisti kääntökeskiön molemmin puolin asennetuilla kääntösylintereillä, jolloin siltaa käännettäessä toinen sylinteri työntää ja toinen vetää. Tällöin voima molempiin liikesuuntiin on sama. Samoin samalla tilavuusvirralla kääntönopeus on molempiin suuntiin sama. Kääntöliikettä stabiloivat kuormanlaskuventtiilit asennetaan kääntösylinterien männänpuolen liitännään asennettuun venttiiliryhmään. Kääntönopeus on oltava portaattomasti säädettävissä. Koska tieliikenneasennossa toinen kääntösylinterinvarsi jää näkyviin, niin männänvarsi on suojattava esimerkiksi suojapalkeella.

Kääntöliikkeen liikeanturit (4–20 mA) asennetaan molempien kääntösynterien sisälle. Kääntöliikkeen ääriajat ja hidastusajat varmistetaan rajakytkimin.

Kääntösillan toiminta varmistetaan yleensä varavoimakoneella tai UPS- laitteistolla. Tällöin sillan kääntäminen on yleensä mahdollista, mutta pienemmällä nopeudella.

## 4.6 Käyttöpalveluiden periaatteet

### 4.6.1 Paikalliskäyttö

Paikalliskäytön perustasona voidaan pitää seuraavia toimintoja:

- käyttö paikallisvalvomossa ohjauspaneelista
- kamerajärjestelmän käyttö ja kaikkien kamerakuvien esitysmahdollisuus paikallisvalvomossa
- tallentava kameravalvonta tieltä tai radalta ja vesiväylältä
- kuulutus tarvittaessa
- hätälasku/palautus perustilaan käsikäytöllä
- huoltokäyttö

### 4.6.2 Kaukokäyttö

Kaukokäytön perustasona voidaan pitää seuraavia toimintoja:

- valvottu tietoliikenneyhteys, syväväyläkohteissa kahdennettu
- valvomo-ohjelmiston käyttö joko virtuaalialustalla tai etäyhteydellä paikallisvalvomoon
- kamerajärjestelmän käyttö ja kaikkien kamerakuvien esitysmahdollisuus kaukokäyttövalvomossa
- kameravalvonta tieltä tai radalta ja vesiväylältä (tallennus paikallisesti)
- etäkuulutus
- toiminnan keskeyttäminen
- hätälasku/palautus perustilaan käsikäytöllä

### 4.6.3 Valvottu itsepalvelu

Itsepalvelukäytön valvonnan perustasona voidaan pitää seuraavia toimintoja:

- valvottu tietoliikenneyhteys
- itsepalvelun käynnistämisen lupa valvomosta
- toiminnan keskeyttäminen valvomosta
- hätälasku/palautus perustilaan valvomosta
- kamerajärjestelmän käyttö ja kaikkien kamerakuvien esitysmahdollisuus valvomossa
- tallentava kameravalvonta tieltä tai radalta ja vesiväylältä
- avaustoimien estäminen hälytysajoneuvoliikennettä varten
- etäkuulutus

## 4.7 Väylä- ja aluevalaistussuunnitelma

Maantie valaistaan aina avattavan sillan kohdalla. Valaistun osuuden tulee alkaa vähintään 200 m ennen pysäytyskohdan liikennevaloja. Valaistus suunnitellaan vähintään luokkaan M4 (0,75 cd/m<sup>2</sup>), ellei tien valaistusluokka ole korkeampi. Valaistus suunnitellaan 2-portaisella ohjauksella LED-valaisimin. Suurempaa valaistustehoa käytetään avaustoimien aikana kameravalvonnan toiminnan parantamiseksi.

Siltakohteen valaistuksen suunnittelun keskeisimmät tekijät alusliikenteen kannalta ovat, että vesiväylän valaistus sekä sillan korostus- ja maisemavalistus mahdollisimman vähän navigointia häiritsevää. Lisäksi tulee huomioida, että asutulle ympäristölle ei tuoteta tarpeettomasti häiriövaloa.

Valaistuksen sähkönjakelun ja energian mittauksen suunnittelussa tulee huomioida eri väylänpitäjien vastuu valaistuksen järjestämisestä. Tyypillisesti tienpitäjän vastuulle kuuluvat tien, siltarakenteiden ja siltarakenteissa olevien liikennemerkkien valaiseminen.

Mikäli avattava silta on muutoinkin valaistulla tiejaksolla, liitetään avattavan sillan kohdan valaistus tienpitäjän osaksi tievalaistusta. Mikäli valaistus rakennetaan vain avattavan sillan kohdalle, liitetään tievalaistus osaksi sillan muuta valaistusta.

Merenkulun turvalaitteet (liikennemerkit) valaistaan sillan läheisyydessä liikennemerkkivalaisimin aina, kun ympäristö on valaistu. Yleensä liikennemerkeissä käytetään liikennemerkkikalvoa R2. Liikennemerkkikalvoa R3 voidaan käyttää valaisemattomissa ja väylän yläpuolisissa liikennemerkeissä. Tyypillisesti sillan kohdalla risteävän vesiväylän kanavaosuudella on tarve valaista merenkulun liikennemerkit niiden havaittavuuden parantamiseksi. Kapeilla väyläosilla kuten laivajohdeosuuksilla silta-aukossa pareittain väylän molemmin puolin sijoitetut itsevalaisevat lateraalireunamerkit muodostavat navigointia helpottavan porttimaisen optisen ohjauksen. Kaksi tai kolme reunamerkkiparia muodostavat selkeän optisen portin. Itsepalvelukäyttölaitteiden käyttöpaikat ja niihin liittyvät käyttöohje- ja informaatiotaulut valaistaan.

Radan valaistus kaukokäyttöisen tai kaukovalvotun avattavan sillan kohdalla suunnitellaan 2-portaisella ohjauksella LED-valaisimin, ellei rataa valaista muista syistä. Suurempaa valaistustehoa käytetään avaustoimien aikana kameravalvonnan toiminnan parantamiseksi. Pienempi valaistusteho mitoitetaan vaakatason valaistusvoimakkuudelle min 3,0 lx ja suurempi valaistusteho mitoitetaan vaakatason valaistusvoimakkuudelle min 10,0 lx.

Sillan toiminta-alueella olevat huolto- ja jalankulkualueet valaistaan. Nämä valaistukset voivat olla sillan avaustoimien ajaksi ja käsiohjatusti toimintaan kytkettäviä.

Sillan läheisyydessä tie-, rata- tai väyläalueella olevat kevyen liikenteen väylät valaistaan, mikäli ne on muutoinkin valaistu.

Vesiväylältä katsottuna siltarakenteista valaistaan aina väylää lähinnä olevat virtapilarit tai maatuet. Virtapilarit ja maatuet voidaan valaista joko ylhäältä tai alhaalta päin ja valaisimet tulee sijoittaa niin, että vesiväylälle näkyvä valo on aina epäsuora.

Sillan kulkuaukon kohdalla sillan alin rakenne esim. pääkannattajien alapinta ja väylälle näkyvä sivupinta valaistaan. Erityisen tärkeää tämä on sellaisten matalien siltojen kohdalla, kun pääkannattajat ovat kaukana reunapalkista, jotta veneilijät näkevät sillan alimpien rakenteiden korkeuden ja sijainnin.

## 4.8 Sähkösuunnitelma

Sähkö-, automaatio- ja tietoliikennejärjestelmä suunnitellaan noudattaen voimassa olevia määräyksiä ja ohjeita. Normaalisti liikenneinfrastruktuurin rakentamisesta poiketen avattavilla silloilla tulee sähkö- ja automaatio suunnittelunkin perustua EU:n direktiiviin koneiden turvallisuudesta ja standardeihin koneiden sähkölaitteista kuten SFS-Käsikirja 135-1, Koneiden sähkölaitteistot ja -järjestelmät ja SFS-EN 60204-1, Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteet.

### Suunnitteluperusteet ja -periaatteet

Sähkönjakelujärjestelmän ja johtoteiden käyttöiäksi suunnitellaan vähintään 30 vuotta.

Sähkötyöselostuksessa tulee esittää vain työn sisältö ja suorittamiseen liittyvät asiat jaoteltuna selkeästi osa-alueittain. Yleensä sähkötyöselostus kattaa myös automaation ja tietoliikenteen. Vastuuasiat ja kaupalliset asiat käsitellään urakkaohjelmassa ja urakkasopimuksessa.

Sähköliittymän mitoitusperusteena tulee huomioida sillan laitteiston käyttötapa, jossa toiminnot tapahtuvat askeltaen. Liittymän mitoitus tulee tarkastella eniten tehoa vaativan vaiheen kanssa yhtäaikaisten kuormien summana. Vain tiedossa olevat tehovaraukset liittymän mitoituksessa.

Kaapeliputkitukset suunnitellaan A-luokan muovisuoja-putkina tai tarpeen mukaan metalliputkina. Kaapeliputkitus maastossa suunnitellaan betonisten kaapelikaivojen kautta haaroittavana. Yleensä maastoon suunniteltavat kaivot ovat halkaisijaltaan vähintään 1,0 m ja syvyydeltään vähintään 1,0 m. Tarpeen mukaan suunnitellaan halkaisijaltaan tai syvyydeltään suuremmat kaivot. Halkaisijaltaan 1,5 m suuremmat kaivot varustetaan kansistolla, jossa on halkaisijaltaan 1,0 m erikseen nostettava kansiosa. Kaivojen kuivatus suunnitellaan siten, ettei vesi kerry niihin. Kaapelit suojataan putkilla laitteiden jalustoihin sekä laite- ja koneistotiloihin saakka. Kaapeliputket merkitään kaapelikaivoissa suunnitelman mukaisella putkitunnuksella. Kaivoissa jokainen kaapeli merkitään kaapelitunnuksella.

Siltoihin suunniteltavien pitkien suoja-putkituksien kiinnityksissä tulee huomioida sillan ja suoja-putkituksen erilaiset lämpölaajenemiskertoimet, jotta putkitus pysyy suljettuna kaikissa lämpötiloissa.

Laajennusvaraukset tehdään tiedossa olevien tarpeiden pohjalta. Maastoon asennettaviin kaapelireitteihin suunnitellaan vähintään yksi varaputki M100 ja vesiväylälitukset siten, että putkituksiin voidaan lisätä vähintään kaksi nousukaapelia. Vesiväylään suoja-putkitukset suunnitellaan aina painotettuna kivikoreilla tai betonipainoilla.

Laitteiden ja asennustarvikkeiden laatuvaatimuksien keskeisiä ominaisuuksia ovat materiaalivalinnat. Avattavilla silloilla kaikilta maahan tai ulkoilmaan asennettavilta materiaaleilta edellytetään korroosion kestävyyttä ja tämä korostuu erityisesti meri-ilmastokohteissa. Lämpimissä huonetiloissa voidaan käyttää normaaleja kuivan tilan asennustarvikkeita.

Sähkönjakelujärjestelmä suunnitellaan yleensä niin, että 0,4 kV:n normaali verkko-osaan suunnitellaan sillan toimintakunnon ylläpidon ja käytön kannalta ei kriittiset kuormat kuten alue-, tie ja väylävalaistus, lämmitys ja kiinteistösähköistys.

Varavoimakoneen tarve arvioidaan riskianalyysin perusteella. Sähköpääkeskus kääntösilloissa suunnitellaan kuitenkin aina niin, että vähintään siirrettävä varavoimakone on liitettävissä syöttämään sillan käyttöön tarvittavat kuormat. Varavoimakonevarmennettuun verkko-osaan suunnitellaan kaikki sillan toimintakunnon ja käytön varmistavat kuormat ja varavoimakone mitoitetaan silloilla siten, että sillan alas laskeminen tai kääntäminen kiinniasentoon voidaan tehdä apukäyttökoneistolla varavoimakoneen avulla ja samaan aikaan on kyettävä kuormittamaan varavoimakonetta UPS-laitteistolla syötettävillä laitteilla sekä UPS-laitteet. Varavoimakone suunnitellaan etävalvontayksiköllä varustettuna. Mikäli varavoimakonetta ei toteuteta, tulee UPS-laitteisto mitoittaa siten, että sen avulla silta ja liikenteenohjauslaitteisto voidaan saattaa perustilaan. Varavoimakoneen polttoainesäiliö mitoitetaan yleensä 8 tunnin varakäyntiajalle nimelliskuormalla.

UPS-varmennettu verkko-osa ja UPS-laitteet suunnitellaan ja mitoitetaan siten, että ne pystyvät syöttämään nimelliskuormansa 60 min. Nimelliskuormaksi määritellään tietoliikennelaitteet, käyttöpaneelit, logiikkalaitteet, liikennevalot, näkövammaisten ääniopasteet, kamerajärjestelmän laitteet, kuulutusjärjestelmän laitteet, paloilmoitin, rikosilmoitinlaitteet ja kojeistojen ohjaus-virtapiirit.

Kenttälaitteiden 24 V jakelu suunnitellaan siten, että omilla jännitelähteillä syötetään puomien vilkku- ja äänihälytinlaitteet, silmukkailmaisinvahvistimet ja turvakomponentit, rajakytkimet ja anturit sekä automaatiojärjestelmän komponentit ja logiikan välireleet. Mekaaniset kytkimet tulee aina kytkeä oman jännitelähteen kuormaksi. Omia laiteryhmäkohtaisia jännitelähteitä käyttämällä rajataan yhden jännitelähteen vikaantumisen tai ylikuormittumisen vaikutukset tiettyihin toimintoihin.

Sillan tai puomilaitteiden pakkokäytöt suunnitellaan vain riskianalyysin arvioon perustuen. Pakkokäyttölaitteet toimivat ohjausjärjestelmästä riippumattomasti ja niiden käyttäminen pitää suorittaa suurta varovaisuutta noudattaen. Pakkokäyttö lukitsee ohjausjärjestelmän ohjaukset pois käytöstä. Pakkokäyttölaitteet (tyypillisesti itsestään palautuvat nokkakytkimet) tulee sijoittaa kulunvalvottuun tai lukittuun tilaan.

Avattavissa silloissa toimilaitteiden turvallisuusvaatimukset eivät poikkea normaalista teollisuussähköistyksen vaatimuksista. Moottorikäytöt varustetaan kuitenkin aina apukoskettimellisilla turvakytkimillä ja avattavan sillan käytöt hätä-seis-releellä. Avattavassa läppäsillassa hätäpysäytys toimintona sillassa käytetään ns. viivästettyä hätä-seis-toimintoa sillan suuren hitausmomentin vuoksi. Kun hätä-seis-painike laukaisee hätä-seis-pysäytystoiminnon, sillan liikenoikeus pudotetaan nolnaan hallitusti. Sillan suuresta hitausmomentista johtuen kääntökoneiston hydraulipumppujen tuottoa pienennetään ennalta määrättyllä kulmakertoimella, jotta sillan käyttömekaniikka ei rikoudu. Hätä-seis-painikkeen laukaistessa pysäytystoiminnon ohjausjärjestelmä lukitsee sähköisesti kaikki sillan nostoon tai laskuun liittyvien laitteiden ohjauksen pois

käytöstä. Pysäytystoiminto pysäyttää viivästetysti hydraulikkamoottorit ja sulkee hydraulikkaventtiilit. Viivästetyn pysäytyksen määrittellään siten, että hätäpysäyttäminen ei vaurioita itse sillan laitteistoja ja ei siten aiheuta vauriosta seurannaisriskejä.

Sähköpääkeskus suunnitellaan tyypillisesti jaoteltuna energian saannin mukaisesti verkkosähkö-osaan, varavoimavarmennettuun osaan ja UPS-varmennettuun osaan.

Automaatiojärjestelmän keskus pyritään sijoittamaan seläkkäin sähkökeskuksen kanssa, jotta kaapelointi logiikan ja toimilaitteiden ohjaus- ja suojakomponenttien välillä olisi mahdollisimman lyhyt. Huomattavaa etua seläkkäin olevasta sijoituksesta saadaan jo keskuksien tehdastarkastuksen yhteydessä, kun ohjaus- ja takaisinkytkentä piirit voidaan kytkeä lopulliselle paikalleen vähintään toisessa keskuksessa.

Sähköpääkeskus varustetaan normaalien verkkoliitäntäkalusteiden lisäksi etäluettavalla verkkoanalysointilaitteella sekä ylijännitesuojilla.

Koska siltakohteiden sähkölaitteiden huoltohenkilöstö ei ole jatkuvasti tekemisissä laitteistojen kanssa, tulee suunnittelussa huomioida kojeistojen rakenteen ja merkin-  
töjen selkeys. Sähkökeskusten osien, kytkimien ja komponenttien merkitseminen selkeästi toimilaiteryhmittäin ja komponentteittain on erityisen merkittävä vikojen korjauksen kannalta.

Varavoimavarmennettujen ja UPS-varmennettujen kenttälaitteiden kaapeleiden mitoituksessa tulee varmistaa varavoimakoneen ja UPS-laitteen kyky syöttää riittävä oikosulkuvirta suojalaitteen oikean toiminnan takaamiseksi.

Sisätilojen sähkökeskukset suunnitellaan suojausluokkaan IP34 ja keskukset avattuna IP2X. Keskukset suunnitellaan runkorakenteeltaan jäykiksi, eikä ns. kevytkennokeskuksia saa käyttää. Keskuksien sokkelit suunnitellaan vähintään 200 mm korkeiksi, kun kaapeliläpiviennit rakenteissa tehdään putkittamalla keskuksen alle ja vähintään 100 mm korkeiksi, kun keskus asennetaan kaapelikanaalin päälle.

Ulkokeskukset suunnitellaan suojausluokkaan IP55 ja keskukset avattuna IP2X. Kaapeliläpiviennit suunnitellaan vedonpoistonipoin. Ulkokeskukset, joihin pääsyä ei ole estetty, varustetaan aina avainlukolla.

Keskuksissa kaikkien ylijännitesuojien ja kytkentäelimiä kuten katkaisijoiden, kytkinvarokkeiden, moottorisuojien, kytkimien tilatiedot kytketään logiikan I/O-liitäntöihin. Johdonsuoja-automaatit suunnitellaan apukoskettimin ja niiden tilatiedot kytketään logiikan I/O-liitäntöihin järjestelmän toiminnan kannalta loogisina ryhminä. Keskeinen vaatimus on, että kaikki energian syötöt toimilaitteille ja kojeille on vikavalvottu sekä asento- ja vikatiedot tuotetaan käyttöliittymään.

Keskuksissa kaikki riviliittimet ryhmitellään toimilaiteryhmittäin ja jokainen riviliitin merkitään tunnuksella. Kerrosliittimiä ei yleensä käytetä.

Keskuksissa jokainen kaapeli merkitään kaapelitunnuksella ja jokainen johdin merkitään johtimeen pujotettavilla johdintunnuksella. Kaapelitunnukset tulee suunnitella siten, että tunnus sisältää kummankin kytkentäpäähän keskus- ja ryhmätunnuksen.

Keskuksiin suunnitellaan komponenttien positiomerkinnät merkittäväksi asennuslevyn komponentin viereen sekä komponentin edestä näkyvään pintaan.

Laitetilan ulkopuolelle asennettavat käytönaikaiset työmaakeskukset kytketään pääkeskuksessa aina varmentamattomaan verkko-osaan ja niiden ryhmäjohto tulee varustaa kytkinvarokkeella. Tyypillisesti työmaakeskukset sijoitetaan tiloihin kuten siltakellareihin, hydraulikkahuoneisiin, kääntöpöytiin, perän nostokoneistotiloihin ja suunnitellaan pistorasiakokoonpanolla 3x32A + 3x16A + 4 kpl 1x16A. Sähkötiloihin ja käyttökeskuksiin riittää yleensä 3 kpl 1x16A pistorasiaryhmää ylläpito-, huolto- ja testaustarpeisiin.

Logiikan I/O-yksiköiden ja antureiden jännitejakelu toteutetaan yleensä automaatiokeskuksessa 230 VAC / 24 VDC ns. hakkuriteholähteillä. Kunkin teholähteen 230 VAC syöttö suunnitellaan aina johdonsuoja-automaatin apukoskettimella logiikan I/O-kortille vikavalvottuna.

24 VDC jännitteenjako automaatiojärjestelmää ja kenttälaitteita varten suunnitellaan yleensä LED-indikoiduilla lasiputkisulakkeilla ja ryhmitellään eri sulakkeille toiminnan kannalta loogisiin ryhmiin. Turvakomponenttien sulakkeet tulee suunnitella komponenttikohtaisina.

Suljettujen laite- ja koneistotilojen turvalaistus suunnitellaan valaisinkohtaisilla varakäyntiakuilla.

Sillan käyttömootoreiden mitoitus ja valinta dokumentoidaan suunnitelma-asiakirjoihin. Sillan käyttömootorit suunnitellaan aina valurautarunkoisina ja erilaisen moottorin valinta on perusteltava. Syväväyläkohteiden yli 50 kW moottoreihin suunnitellaan seisontalämmitys. Mootorit, joiden jäähtymistä toistuvassa käytössä on tarpeen valvoa, varustetaan termistoreilla.

Mootoreiden ohjauslaitteina käytetään taajuusmuuttajia aina, kun siltakoneiston liikenoisuus on muuttuva tai sillan asento tulee pitää vakiona pysäytystilanteessa ulkoisia kuormia kuten tuulikuormaa vasten. Yleensä on järkevä valinta käyttää taajuusmuuttajia 5,5 kW tai suurempien moottoreiden ohjauksessa jo pelkästään käynnistysvirtojen rajoittamiseksi varsinkin varavoimakäytössä.

Taajuusmuuttajat voivat olla väyläohjattuja, tällöinkin sillan käyttömootoreiden hätäseis-ohjaukset käy- ja suuntaohjaukset, hidastusrampin ja pysäytysohjaukset kytketään logiikan I/O-yksiköstä suoraan taajuusmuuttajan I/O-liitäntään. Näin suurten kuormien ohjaus voidaan varmistaa sillan toimintarajojen ja taajuusmuuttajan I/O-ohjauksella liikeantureiden ja väyläohjauskomponenttien rinnakkaisella toiminnalla.

Niissä käytöissä, joissa kaksi moottoria on kytketty samaan mekaniikkaan, kytketään taajuusmuuttajat väyläliitännällä toisiinsa master-slave-pariksi.

Sähkömekaanisten siltojen taajuusmuuttajakäytöt varustaan yleensä jarruvastusyksiköillä.

Pienten vakionopeudella käyvien moottoreiden kuten hydraulikan ohjauspainepumppujen suojina käytetään integroitua moottorisuojia ja puomien ohjauskomponentteina käytetään integroitua moottorisuoja- ja suunnanvaihtokontaktoreita.

Hätäseis-piirit suunnitellaan siten, että hätäseis-painikkeen painaminen pysäyttää kaikki pyörivät koneet ja liikkuvat osat riippumatta niiden käyttövoimasta. Hätäseis-releen kuittauksen jälkeen laitteiden toiminta tulee olla aktivoitavissa vain käyttäjän

toimesta. Häätä-seis-releen kuittaus voi olla tehtävissä myös kauko-ohjaus tai -valvontapaikan käyttöliittymästä. Häätä-seis-piirien johdotus tulee suunnitella täysin erillisenä muusta ohjausjärjestelmästä. Häätä-seis-painikkeiden apukoskettimet kytketään logiikan I/O-yksikköön painikekohtaisesti. Kääntösilloissa käytetään yleensä myös alusliikenteen törmäyksen (lähinnä purjealusten mastojen) tunnistukseen sillan reunapalkkeihin sijoitettuja köysirajoja häätä-seis-piirissä.

Moottoreiden turvakytkimien apukoskettimet kytketään logiikan I/O-yksikköön kytkin-kohtaisesti.

### **Suunnitelmien tarkkuustaso**

Nousukaavioissa esitetään verkkotopologian lisäksi mitoituslaskelmasta saatavat keskeiset tiedot kuten ylivirtasuojien koko ja tyyppi, kaapelityyppi, oikosulkuvirrat, jännitteenalenemat. Tiedot nousujohtokaaviossa esitetään pienimpien (varavoima ja UPS) käytössä olevien oikosulkutehojen mukaisina.

Maadoituskaaviossa esitetään topologian lisäksi johdintyyppi ja asennustapa. Ratasilloissa maadoitusten suunnitteluperusteet tulee varmistaa ratatyyppin mukaan Liikenneviraston ratateknisistä ohjeista. Sähköratasilloilla tulee huomioida myös läheisten siltaan kuulumattomien rakenteiden eristykset ja maadoitukset, kuten esimerkiksi silla alittavan kulkuväylän tiekaiteet, käsijohteet.

Keskuksien pääkaaviot laaditaan aina moniviivaesityksinä ja niissä tulee esittää tiedot kytkentälaitteiden moninapaisista (L, N) toiminnoista.

Piirikaaviot laaditaan kaapeliluettelossa määriteltyjen kaapeleiden johdintunnuksen ja osaluettelossa määriteltyjen laitteiden liitinnumeroiden tarkkuudella. Jokainen johdin esitetään piirikaaviossa.

Riviliitinkaavioissa esitetään kaapeleiden johdintunnukset sekä riviliitintunnukset.

Määräluettelot laaditaan suojaputkista, kaapelikaivoista, kaapeleista, toimilaitteista, keskuksien komponenteista ja varaosista.

Suojaputkiluettelossa esitetään jokainen putki omalla tunnuksellaan, alku- ja loppupiste, putkikoko, putkiluokka, putkityyppi, asennustapa ja putkeen kiinnitettävä putkitunnus.

Kaapelikaivoista laaditaan kaivokortit, joissa esitetään asennuspiirustus ja asennuskorko sekä kaivon koordinaatit, kokoa, kansisto ja liittyvät putket.

Kaapeliluettelossa esitetään jokainen kaapeli omalla tunnuksellaan, alku- ja loppupiste, kaapelityyppi, asennustapa, kaapelin reititys putki- ja kaivokohtaisesti ja kaapeliin kiinnitettävä kaapelitunnus.

Toimilaiteluettelossa esitetään kaikki keskuksiin sisällyttämättömät komponentit. Toimilaitteista esitetään laitepositio, malli- ja tyyppitiedot, määrät, valmistaja ja edustajan tiedot.

Keskuksien rakenteesta laaditaan urakkalaskentaa varten layout-piirustukset sekä keskuksien tekniset määritykset. Keskuksien kalustus esitetään layout-piirustuksena.



Keskuksien komponenteista laaditaan osaluettelo, jossa esitetään laitepositio, malli- ja tyyppitiedot, määrät, valmistaja ja edustajan tiedot.

Varaosaluettelon laatimisessa tulee ottaa huomioon tilaajalla jo mahdollisesti käytössä oleva varaosavarasto. Siltakohteissa olevat varaosat pyritään joiltakin osin keskittämään palvelemaan useampien kohteiden viankorjauspalvelua. Kriittisten varaosien ja kohteessa käytettävien erikoiskomponenttien varastointi kohteessa voi olla tarpeen. Yleensä ns. bulkkiosia, kuten välireleitä, johdonsuoja-automaatteja, sulakkeita, riviliittimiä varastoidaan pieniä määriä jokaisessa kohteessa.

Kamerajärjestelmät suunnitellaan siten, että kamerakuvat ovat käytettävissä paikalliskäyttöpaikassa sekä sillan käyttötavasta riippuen joko kaukokäyttöpaikassa tai kaukovalvontapaikassa. Paikalliskäyttöpaikassa ja kaukovalvontapaikassa kamerakuvat voidaan integroida käyttöliittymässä esitettäväksi. Kaukokäyttöpaikassa siltakohteen kamerat liitetään yleensä osaksi laajempaa kamerahallintajärjestelmää.

Kohteittain tulee selvittää kameroiden yhteiskäyttötarve keli- tai liikennekameroina tieliikennekeskuksien käyttöön ja vesiliikenteen seurantakameroina VTS-keskuksissa. Yhteiskäyttökameroihin ohjelmoidaan kotiasennoksi tieliikenne- tai VTS-keskuksen tarvitsemat esiasennot. Kamerat suunnitellaan IP-kameroina, ellei ole perusteltua syytä käyttää muunlaisia kameroita. Kameratyypinä dome-kamera on yleensä soveltuvin siltakohteisiin.

Kuulutuskaiuttimet sillan alueella voidaan toteuttaa keskitetysti analogiseen kuulusvahvistimeen tai hajautettuna esimerkiksi kameroiden audiokanavien avulla. Kuuluskojeena käytetään VoIP-kuuluskojetta paikallis- ja kaukokäyttöpaikasta. Yleensä analoginen kuulusvahvistin liitetään IP-verkkoon VoIP-sovittimen avulla, jolloin kuuluskukset voidaan tehdä IP-verkon välityksellä kaukokäyttöpaikasta. Kaiuttimien määrä ja teho mitoitetaan siten, että kuuluskilla ei häiritä tarpeettomasti ympäristöä.

Liikennepuomeissa käytettävien äänihälyttimien äänenväri ja äänenvoimakkuus tulee olla säädettävät, jotta niiden kuuluvuus voidaan rajata tarpeen mukaiselle alueelle. Koneistotiloihin suunnitellaan äänihälyttimet ja valomerkkilaitteet, mikäli sivullisten pääsyä koneistotiloihin voidaan estää rakenteellisin ratkaisuin. Valomerkkilaitteet suunnitellaan niihin koneistotiloihin, joihin koneistotila suljettuna ei saada luotettavaa puheyhteyttä. Äänihälyttimien ja valomerkkilaitteiden toiminnan tulee alkaa riittävän ajoissa ennen tilassa olevien toimilaitteiden toimintaa.

## 4.9 Automaatiosuunnitelma

Siltakohteen järjestelmä tulee suunnitella yhteensopivaksi pääkäyttöpaikan ohjelmistoarkkitehtuurin (käyttöjärjestelmä, varusohjelmistot ja sovellusohjelmat) sekä siltojen operoinnissa käytettävän tietoliikenneverkon palveluiden ja arkkitehtuurin kanssa.

Siltakohteen järjestelmä tulee suunnitella siten, että sillan käyttö paikalliskäyttölaitteilla on aina mahdollinen ilman ulkoisia tietoliikenneyhteyksiä.

Siltakohteisiin ei ole laadittu teknisten järjestelmien arkkitehtuuria, joka määritteli tarkasti järjestelmältä vaadittavat redundanttisuusominaisuudet tai osajärjestelmien autonomiset toiminnot. Nämä edellä mainittujen ominaisuuksien ja toimintojen tarve selvitetään osana liikenteellisten riskien hallintaa sekä koneturvallisuuden riskianalyysiä.

Joissakin toiminnoissa kuten avattavan sillan aseman ja liikkeen seurantaan käytetään yleensä kahta eri anturointia siten, että

- sillan tieliikenneasennon asema varmistetaan käyttökoneiston ja sillan päiden antureilla.
- sähkömekaanisen sillan käyttökoneiston hidastusrajat kahdennetaan toiminnallisesti siten, että varmistavan rajan ohjaama hidastusramppi ehtii asettaa sillan nopeuden miniminopeudelle ennen pysäytysrajaa
- hydraulisen sillan sylintereiden sisäisen lineaarianturin tai nivel-laakerin kulma-anturin hidastusrampin aloituskohtaa vastaa gray-koodi, SSI-koodi tai analogia-arvo varmistetaan erillisellä rajakytkimellä.

Siltakoneistoissa vain hätä-seis-piirien ohjaama ohjaustoiminta saa olla käytön aikainen autonominen toiminto. Käyttökoneiston toimintakuntoa ylläpitävät toiminnot kuten öljyjen kierrätys voivat olla ennalta ohjelmoituva itsenäisiä toimintoja.

Yleensä silloilla logiikkajärjestelmä koostuu päälogiikasta ja tarvittaessa I/O-hajautuksista, eikä päälogiikoita tai I/O-hajautuksia kahdenneta. Toimintavarmuutta vikatilanteissa parannetaan kytkemällä sillan aseman ja liikkeen varmentavat anturoinnit eri I/O-yksiköihin.

Käyttöliittymiä ei yleensä kahdenneta, vaan pääkäyttöpaikan ja paikalliskäytön käyttöliittymät ovat erilliset ja voivat poiketa toiminnoiltaan toisistaan. Paikalliskäytön käyttöliittymä voi yksinkertaisimmillaan olla suoraan logiikan I/O-kortille kytketty ohjauspainikkeisto tai kosketusnäyttöpaneeli.

Siltojen päälogiikat sisältävät yleensä prosessorin ja sen muistikortin lisäksi ethernet-liikennöintikortin sekä analogia- ja digitaalikortit. Logiikka liitetään ethernet-kortin ja sillalla olevan tietoliikenneverkon kytkimen välityksellä pääkäyttöpaikan valvomokäyttöliittymään. Logiikan ja käyttöliittymän välinen liikennöinti tapahtuu sovellustason protokollana TCP/IP -liikenteenä. Logiikan liitettäviä sillan käyttöön liittyviä väyliitännäisiä laitteita, kuten taajuusmuuttajia, analysointilaitteita liitetään logiikkaan usein laitetoimittajan käyttämällä sovellusprotokollilla. Liikenteen vaihtuvat opasteet liitetään logiikkaan Liikennevirastolle hankittavien opasteiden laatuvaatimuksiin sisältyvän Modbus-protokollamäärittelyn mukaisesti tai yksinkertaisissa tapauksissa I/O-liitännällä.

Seuraavana on keskeisimmät vaatimukset logiikan tulo- ja lähtöliitännöille:

- Analogiatulot
  - virtaviestinä käytetään 4...20 mA, 24 VDC, A/D-muunnosresoluutio min. 12bit välillä 4...20mA
  - kanavien on oltava tarvittaessa galvaanisesti erotettu toisistaan.
  - kanavilla on kanavakohtainen virtarajoitus.
  - eristyskoejännite, maasta - tuloon min 500 VDC.

- Analogialähdöt
  - o virtaviestinä käytetään 0...20 mA ja 4...20 mA, 24 VDC, A/D-muunnosresoluutio min. 12bit, välillä 4...20mA.
  - o eristyskoejännite maasta - lähtöön min. 500 VDC.
  - o suojaus käänteiselle jännitteelle
  
- Digitaalitulot
  - o 24 VDC.
  - o suodatusaikavakio muutettavissa 1...100 ms, voidaan toteuttaa myös ohjelmallisesti
  - o eristyskoejännite maasta - tuloon min. 500 VDC.
  - o suojaus käänteiselle jännitteelle
  
- Digitaalilähdöt
  - o kytkentäkyky vähintään 2 A/kanava.
  - o jatkuva maksimivirta vähintään 0,5 A/kanava.
  - o korttikohtainen kanavien oikosulkusuojaus toteutettu elektronisella virtarajoituksella.
  - o eristyskoejännite vähintään maasta - lähtöön min. 500 VDC.
  - o suojaus käänteiselle jännitteelle
  
- I/O-hajautukset
  - o yleensä käytetään IP-osoitteellisia yksiköitä

Logiikan ohjelmointiohjelmana käytetään Liikenneviraston määrittelemää ohjelmistoversiota. Logiikan ohjelmistoversiossa tulee olla ns. online debugger-toiminnot, joiden avulla ohjelman muuttujen tila on seurattavissa myös relekaaviossa.

Kaikkien antureiden ja toimilaitteohjausten skaalaus ja kalibrointi tehdään aina logiikkaohjelmassa, eikä niitä saa tehdä missään tapauksessa valvomo-ohjelmassa.

Sovellusohjelmoinnin keskeisiä periaatteita ovat, että ohjelman rakenne on selkeä, rakentuu toimilaiteryhmittäin ja kunkin ohjelmassa käytettävän muuttujan sisältö kirjoitetaan ohjelmassa vain yhdessä kohdassa ohjelmaa. Ohjelmassa tulee olla selkeästi logiikan käynnistykseen yhteydessä ensimmäisellä ohjelmakerroilla tapahtuva logiikan lähtöjen ohjausmuuttujien resetoitiosio.

Logiikan sovellusohjelmointi toteutetaan Liikenneviraston yleiseksi käytännöksi muodostuneiden ohjelmoinnin periaatteiden mukaisina. Ohjelmointi tehdään pääosin relekaavioina ja askelketjuina. Raportoinnissa, lokitiedostojen ja trendien laskennassa käytetään tekstimuotoista (strukturoitua) ohjelmointikieltä.

Toimilaitteiden toimintojen ohjelmoinnissa tulee selkeästi erottaa toimilaitteen ajosuunnittaisten ohjauslupien ehtojen määrittely toimilaitteen ohjauksesta. Toimilaitteen ohjauksen relekaaviossa ohjauslupa ei saa olla rinnakkainen ehto minkään toiminnon kanssa.

Sillan koneistojen käyttötapoina ovat käsiajo ja automaattiajo. Automaattiajojen ohjelmat tehdään askelketjuina. Käyttötavan muuttaminen käsiajolle kesken automaattiajon tulee olla mahdollista. Käsiohjauksesta ei ole mahdollista palata automaattiajaukseen kesken sillan avauksen tai sulkemisen.

Automaattiajon askelketjut muodostetaan toimilaiteryhmittäin tai toimilaitteittain. Siirtymäehto askeleesta seuraavaan täyttyy, kun edellisessä askeleessa ohjattavat laitteet ovat määritellyssä tilassa.

Yleensä sillan laitteita käytetään seuraavasti:

1. Kaukokäyttölaitteella käyttökeskuksesta normaalisti automaattiajolla ja tarvittaessa käsiajolla
2. Paikalliskäyttölaitteella sillan teknisestä tilasta tarpeen mukaan huoltotöiden aikana
3. Pakkokäyttölaitteella sillan palauttamiseen kiinniasentoon vikatapauksissa

Tarpeen mukaan sillalle suunnitellaan huoltoajokytkin, joka estää sillan nostamisen ja kääntämisen automaatti- ja käsiohjauksilla. Sillan sulkemis- ja avaustoiminnot toimivat myös huoltoajolla. Huoltoajopainikkeet toimivat ainoastaan huoltoajokytkin käännettynä huolto-asentoon ja huoltohenkilökunnan salasana aktivoituna käyttöliittymässä.

Pakkokäyttölaitteet toimivat ohjausjärjestelmästä riippumattomasti ja niiden käyttäminen pitää suorittaa suurta varovaisuutta noudattaen. Pakkokäyttö lukitsee ohjausjärjestelmän ohjaukset pois käytöstä.

Keskeinen periaate automaattiajossa on, että tieliikenteen pysäyttävät toiminnot ovat aina käyttäjän komennosta tapahtuvia. Ratasillan avausluvan pyyntö tapahtuu ensimmäisenä toimenpiteenä, jonka jälkeen vasta muut liikenteenohjaustoimenpiteet voidaan aloittaa. Vesiliikenteen liikennevalot ohjataan punaiseksi yleensä automaattiajossa ensimmäisessä automaattiaskeleessa automaattisesti. Sillan palauttaminen tie- tai rataliikenteen käyttöön sekä vesiliikenteen omavastuuvalojen asettaminen tehdään yleensä automaattitoimintona ilman käyttäjän vaiheittaisia komentoja.

Seuraavana on esitetty periaatteellinen tiesillan toimintatapakuvaus:

Ammattiliikenteen alusten kohtaaminen sillan kohdalla ei ole sallittu ja sen vuoksi ammattiliikenteen alusten turvallinen kulku sillan kohdalla varmistetaan liikennevalo-ohjauksella.

Käyttökeskus tietää AIS-järjestelmän avulla ammattiliikenteen alusten sijainnin ja junaliikenteen aikataulut. Näiden tietojen perusteella voidaan jo alustavasti ajoittaa alusten kulku reitillä.

Silta on perustilassa, kun

- silta on kiinni-asennossa ja liikenteen käytettävissä.
- vesiliikenneopastimissa on ajo omalla vastuulla, rajoitettu alikulkukorkeus opastekuvio (keltainen ja sininen vilkkuva valo).

Liikenteenohjauksen toiminnot siltapaikalla, kun silta avataan ja suljetaan:

Sillan avaaminen

- Aluksesta otetaan yhteys ”siltakohteeseen”
- Käyttökeskus ilmoittaa alukselle liikennetilanteen oletetulla kulkuhetkellä väyläosalla. Tarvittaessa aluksen tuloajankohdalla väyläosalle sovitetaan niin, että väyläosa on aluksen kulkusuunnassa vapaa.
- Alus ilmoittaa käyttökeskukselle sovitulla tavalla väyläosalle lähestymisestään

- Käyttökeskus kysyy hätäkeskuksesta, että voidaanko silta avata aluksen kulku-aikana
- Käyttökeskus ilmoittaa alukselle, koska väylä on vapaa
- Käynnistetään avauslaitteet, jolloin vesiliikenneopasteiden ajo omalla vastuulla, rajoitettu alikulkukorkeus (sininen ja keltainen vilkkuvat) sammutetaan ja punaiset opasteet sytytetään
- Kevyen liikenteen liikennevalojen keltainen opaste vilkkuu ensin 10 sekuntia, jonka jälkeen muuttuu kiinteäksi keltaiseksi 4 sekunnin ajaksi ja samalla asetetaan päälle näkövammaisten ääniopasteet. Tämän jälkeen punaiset jalankulkuopastimet asetetaan päälle.
- Tarvittaessa opastetaan kuulutuslaitteiden avulla kevyen liikenteen kulkijat pois puomien väliseltä alueelta
- Kevyen liikenteen puomit suljetaan. (Tarvittaessa ensin toiselta kevyen liikenteen väylältä). Kevyen liikenteen puomien äänihälyttimet toimivat puomin liikkeen ajan.
- Kun kevyen liikenteen opastimet ovat punaisella, ajoneuvoliikenteen liikennevalojen keltainen opastin vilkkuu ensin 10 sekunnin ajan, jonka jälkeen muuttuu kiinteäksi keltaiseksi 4 sekunnin ajaksi. Tämän jälkeen punaiset ajoneuvoliikenteen opasteet asetetaan päälle.
- Ajoneuvoliikenteen puomit suljetaan ensin tulosuunnista (tarvittaessa erikseen) ja sitten poistuvan liikenteen puolelta. Puomien äänihälyttimet toimivat puomin liikkeen ajan.
- Käynnistetään sillan avauskoneisto
- Avataan silta aukiasentoon vesiliikenteelle, jolloin sillan avauskoneistoa ohjataan asentoanturien avulla ja ohjaus varmistetaan rajakytkimin.
  - o kääntösilloissa yleensä vastapainotettu perä lasketaan irti liikennelaakereilta perän nostokoneistolla
  - o ensin nopeus kiihdytetään lineaarisesti maksiminopeuteen.
  - o auki-asennon asentoanturin asetusarvo (esiohjaus) hidastaa nopeuden lineaarisesti maksiminopeudesta miniminopeuteen
  - o auki-asennon hidastusraja varmistaa nopeuden asettumisen maksiminopeudesta miniminopeuteen
  - o auki-asennon auki-raja hidastaa nopeuden miniminopeudesta nolnaan.
- Hätäraja varmistaa, ettei sillan liike ylitä sallittua kulmaa.
- Vesiliikenneopasteilla annetaan aluksille kulkulupa kulkusuunnittain. (vihreä toiselle suunnalle ja punainen toiselle suunnalle)

#### Sillan sulkeminen

- Suunnittaisen ohjaustarpeen loputtua vesiliikenneopasteiden punaiset opasteet sytytetään.
- Suljetaan silta kiinniasentoon tieliikenteelle, jolloin sillan avauskoneistoa ohjataan asentoanturien avulla ja ohjaus varmistetaan rajakytkimin.
  - o ensin nopeus kiihdytetään lineaarisesti maksiminopeuteen.
  - o kiinni-asennon asentoanturin asetusarvo (esiohjaus) hidastaa nopeuden lineaarisesti maksiminopeudesta miniminopeuteen
  - o kiinni-asennon hidastusraja varmistaa nopeuden asettumisen maksiminopeudesta miniminopeuteen
  - o kiinni-asennon kiinniraja pysäyttää koneiston, jolloin sillan asettuu liikennelaakereille. Kääntösilloissa yleensä vastapainotettu perä nostetaan liikennelaakereiden varaan perän nostokoneistolla
- Hätäraja varmistaa, ettei sillan liike ylitä sallittua kulmaa

- Läppäsilta jää ”kelluvaan” tilaan, kun kuormalaskuventtiilit on ohjattu auki-asentoon, jolloin hydraulitunkit eivät kannata sillan kuormaa
- Sillan kärjen asema varmistetaan liikennelaakereiden kohdalla olevilla rajakytkimillä
- Vesiliikenneopasteiden punaiset opasteet sammutetaan ja ajo omalla vastuulla, rajoitettu alikulkukorkeus (sininen ja keltainen vilkkuvat) sytytetään.
- Puomit avataan, jonka ajan äänihälyttimet toimivat.
- Liikennevalojen punaiset opastimet ja näkövammaisten ääniopasteet sammutetaan ja keltainen opastin vilkkuu 10 sekuntia, jonka jälkeen liikennevalot sammutetaan.

Läppä- tai nostosillan sulkeminen hätälaskulla tehdään koneiston tai ohjausjärjestelmän vikatilanteessa paikallisohjauskeskuksen hätälaskupainikkeiden tai käyttöliittymän hätälaskupainikkeiden avulla ohjaamalla UPS-varmennettuja kuormalaskuventtiilejä.

### **Suunnitelmien tarkkuustaso**

Logiikkaverkkokaavioissa esitetään verkkotopologian lisäksi keskeiset tiedot kuten logiikkakomponenttien malli ja tyyppi, väyläkaapelityypit, protokollat.

I/O-kytkentöjen piirikaaviot laaditaan kaapeliluettelossa määriteltyjen kaapeleiden johdintunnuksen ja osaluettelossa määriteltyjen laitteiden liittinumeroiden tarkkuudella. Jokainen johdin esitetään piirikaaviossa. Riviliitinkaavioissa esitetään kaapeleiden johdintunnukset sekä riviliitintunnukset.

I/O-listaukset laaditaan siten, että niissä esitetään kytkettävän laitteen positiotunnus ja toiminto.

Määräluettelot laaditaan logiikkalaitteista, kaapeleista, komponenteista ja varaosista.

Kaapeliluettelossa esitetään jokainen kaapeli omalla tunnuksellaan, alku- ja loppupiste, kaapelityyppi, asennustapa, kaapelin reititys putki- ja kaivokohtaisesti ja kaapeleihin kiinnitettävä kaapelitunnus.

Määräluettelossa esitetään laitepositio, malli- ja tyyppitiedot, määrät, valmistaja ja edustajan tiedot.

Keskuksien rakenteesta laaditaan urakkalaskentaa varten layout-piirustukset sekä keskuksien tekniset määritykset. Keskuksien kalustus esitetään layout-piirustuksena. Keskuksien komponenteista laaditaan osaluettelo, jossa esitetään laitepositio, malli- ja tyyppitiedot, määrät, valmistaja ja edustajan tiedot.

Varaosaluettelon laatimisessa tulee ottaa huomioon tilaajalla jo mahdollisesti käytössä oleva varaosavarasto. Siltakohteissa olevat varaosat pyritään joiltakin osin keskittämään palvelemaan useampien kohteiden viankorjauspalvelua. Kriittisten varaosien ja kohteessa käytettävien erikoiskomponenttien varastointi kohteessa voi olla tarpeen. Yleensä ns. bulkkiosia, kuten rajakytkimiä, sulakkeita, riviliittimiä varastoidaan pieniä määriä jokaisessa kohteessa.

## 4.10 Tietoliikennesuunnitelma

### Toteutusperiaatteet ja arkkitehtuuri

Liikenneviraston verkon tietoliikenneliittymien ja siltapaikan ”pääkytkimien” kahdentamisen tarve arvioidaan yhdessä tilaajan kanssa, ellei siltakohteen suunnitteluperusteissa ratkaisua ole esitetty. Joissakin tapauksissa tietoliikenteen kahdentaminen voidaan korvata esimerkiksi 4G-yhteydellä paikalliskäyttöliittymään tai logiikkaan.

Tietoliikenneverkon kokonaisarkkitehtuuri kuvataan L3-tason arkkitehtuurina ja L2-tasolla toteutusperiaatteena. Suunniteltavan tietoliikenneverkon tulee perustua standardeihin teknologioihin ja toimitettavien ratkaisuiden tulee olla yleisesti tunnettuja ja hyväksytyjä. Kaikkien tietoliikenneprotokollien tulee perustua nykyaikaisiin Ethernet-teknologioihin.

Kriittisten kohteiden kenttälaiteverkko jaetaan kokonaisuuksiin, joiden liikenne välitetään keskitettyjen yhdysliikennepisteiden välityksellä. Kriittiset kenttälaiteverkot suunnitellaan siten, että fyysinen kaapelointi mahdollistaa vähintään loogisten rengasverkkojen rakentamisen. Tietoliikenneverkon laitteiden tulee tukea virheetöntä multicast-liikenteen välitystä esim. liikennekamerakuvien osalla. Kaikki ratkaisut toteutetaan siten, ettei verkolla ole ulkoisia riippuvuuksia (pl. Liikenneviraston tarjoamat point-to-point yhteyspalvelut) ja verkko sekä sen palvelut kykenevät itsenäiseen toimintaan.

### Tietoturvaratkaisut

Kenttälaiteverkot segmentoidaan siten, että logiikoille, liikennekameroille ja muille eri laitetyppeille sekä tietoliikennelaitteiden hallinnalle on omat virtuaaliverkot (IEEE802.1Q VLAN). Virtuaaliverkot nimetään selkeästi esim.:

- Logiikkaverkko 2
- Kameraverkko 2
- Tietoliikennelaitteiden hallintaverkko

Liikenneviraston yhdysliikennepisteet on varustettu kahdennetulla palomuuriratkaisulla. Kaikkien virtuaaliverkkojen välinen liikenne kulkee palomuurien kautta ja on oletuksena estetty. Palomuuereihin tehdään säännöstö, joka mahdollistaa vain tarvittavien palveluiden liikennöinnin.

Liikennevirasto osoittaa tarvittavan määrän privaatteja IPv4-osoitteita, joiden allokoinnista laaditaan suunnitelma. Allokoinnissa tulee huomioida, ettei osoiteavaruudet ole päällekkäisiä Liikenneviraston muiden verkkoavaruuksien kanssa sekä Liikenneviraston runkoverkon kanssa. IP-verkot suunnitellaan siten, että laite- ja palvelukokonaisuudet muodostavat yhtenäiset osoiteavaruudet, jolloin yhdellä prefixillä voidaan määritellä esim. kaikki liikennekameroiden osoitteet. Tietoliikennelaitteiden hallintaan sekä verkkoteknisiin tarkoituksiin (väliverkot sekä loopbackit) käytettävät osoitteet tulee allokoida selkeästi eri avaruudesta, kuin asiakaslaitteiden (logiikat, kamerat jne.) osoitteet.

## Suunnitelmadokumentit

Suunnittelija laatii verkon dokumentaation L1-, L2- ja L3-suunnitelmapiiirustuksina. Suunnittelu sisältää suunnitelmat, joissa esitetään tiedot tietoliikenneyhteyksien kytkentäkaapeleista, ristikytkennöistä, mittauksista, merkinnöistä sekä dokumentoinnista.

Kaikille yhteysväleille tulee antaa yksilöivä tunnus (esim. LIVI-FIBxxxxxxx) ja tunnukset tulee esittää L1- ja L2-suunnitelmissa. Jokaisesta yhteysvälistä tulee laatia oma L1-suunnitelma kuva, josta ilmenee koko yhteysväli kytkentöineen päätepisteiden välillä.

Kaikista tietoliikenneverkon kuitu- ja kuparipäätepaneelleista tulee laatia varausluettelot, joista ilmenee päätepaneelin liittimet, liittimien vastinpisteet, liittintyyppit sekä liittimen varaava yhteystunnus tai se että liitin on vapaa.

L2-dokumentit, joista käy ilmi mm. seuraavat asiat:

- Laitetunnus
- Laittevalmistaja
- Laitemalli
- Asiakaslaite
- Laitteiden väliset fyysiset kytkennät
- Kytkinporttien tunnukset
- Linkkien tyypit (dot1q / access)
- Linkeissä kuljetettavat VLAN:t
- Liityntöjen tyypit ja nopeudet
- Kaapelien yhteystunnukset
- Tehdasasetuksista poikkeavat L2-konfiguraatiot (esim. nopeus/duplex)
- VLAN-allokointiperiaatteet
- Spanning tree konfiguraatio
  - o Priorityt
  - o Costit
  - o Timerit
- IGMP konfiguraatio
  - o Staattiset porttikonfiguraatiot
  - o Querierit
- Tietoturvaan liittyvät L2-konfiguraatiot

L3-dokumentit, joista käy ilmi seuraavat asiat:

- Laitetunnus
- Hallintaosoite
- Laitteiden väliset loogiset kytkennät
- Aliverkot
- Liityntöjen IP-osoitteet
- VRF:t
- Reititysprotokollat
- Verkkojen loogiset nimet
- VLAN numerot
- Pääsynhallinta
- IP-osoitteiden varausluettelot



Laitedokumentaatio:

- Hostname
- Sijainti
- Valmistaja
- Kehikon tiedot
- Takuu
- Virtalähteiden ja moduulien tiedot
- Lisenssit
- Porttien tiedot
- Nimi
- Mallikohtaiset konfigurointiohjeet
- Käyttöohjeet ja datalehdet

Lisäksi verkon toteutus ja konfigurointiperiaatteet tulee kuvata ja perustella selkeästi dokumentaatioissa. Dokumenttimallit tulee hyväksyttävä Liikennevirastolla. Saneerauskohteissa suunnittelija vastaa nykyisten järjestelmäkuvien päivittämisestä lopputilannetta vastaaviksi.

Tietoliikenneverkon suunnitelma- ja konfiguraatiodot ovat luottamuksellisia ja suunnitelmat leimataan suojaustasolle IV (ei tietoja sivullisille).

## 4.11 Tietojärjestelmäsuunnitelma

Tässä ohjeessa ei oteta kantaa suunniteltavan sillan pääkäyttöpaikkaan eikä siihen minkä Liikenneviraston operatiivisen verkon palveluihin sillan järjestelmät liitetään. Mahdollisia pääkäyttöpaikkoja ovat vesiliikennereittien sulku- ja siltakohteiden käyttökeskukset tai Liikenneviraston liikennekeskukset. Sillalle suunniteltavan järjestelmän tulee täyttää verkkoihin ja palveluihin liitettävyydelle erikseen asetetut vaatimukset.

Liikenneviraston liikenteenhallintajärjestelmien palvelin- ja työasema-arkkitehtuurit yleisesti perustuvat Windows-teknologioihin, korkean käytettävyyden tietoliikenne-ratkaisuihin sekä VMware-virtualisointiteknoologiaan. Liikenteenhallintajärjestelmä laitteineen on voitava liittää Liikenneviraston liikenteenhallinnan toimintaympäristöön ja arkkitehtuuriin. Kaikki järjestelmän palvelin- ja työasemalaitteet liitetään osaksi Liikenneviraston käyttämää Active Directory –ympäristöä (jäljempänä ”AD”), josta suoritetaan tarvittavat käyttöoikeus- ja asetusmäärittelyt. Suunnittelijan tulee hyödyntää keskitettyä autentikointia kaikissa toteutettavissa ratkaisuissa.

Liikennevirasto asentaa järjestelmiin ja laitteisiin mm. valvontakomponentteja (agentit) sekä tietoturva parantavia ohjelmistoja (esim. virustarkastus, palomuri) ja käyttöjärjestelmätason tietoturvamäärityksiä ja muita käyttöoikeuspolitiikkoja.

Käytettävillä ohjelmistoilla tulee olla valmistajan laite- ja ohjelmistotuki.

Suunnittelijan tulee varmistaa valvomo-ohjelmiston käytettävyyden ja yhteensopivuuden olemassa oleviin järjestelmiin, ohjelmistoihin ja tulee selvittää mahdollisten toteutusrajoitusten huomioimiseksi.

Tilajalla on käytössä valvomo-ohjelmistot Vijeo Designer, Vijeo Citec ja WINCC OA.

Liikennevirasto määrittää Windows- ja valvomoympäristön palvelinten ohjelmistoalustan käytössä olevat versiot ja toteutusympäristön sekä työasemien laitteistot ja käytettävän käyttöjärjestelmän, kun suunnittelija on laatinut järjestelmäarkkitehtuurikuvauksen.

Yleensä suunnittelija valmistelee työn suorittamisen edellyttämien ohjelmistojen hankinnan Liikenneviraston nimiin. Ohjelmointityön voi suorittaa siihen soveltuvalla lisenssillä. Liikennevirastolle on luovutettava kaikki ohjelmointityön suorittamiseen ja laitteiden käyttöön tarvittavat tietoliikennelaitteiden ohjelmointiohjelmat, valvomo-ohjelmistot ja logiikan ohjelmointiohjelmat kehitys- ja käyttölisensseineen.

Suunnittelussa tulee huomioida Liikenneviraston tietoturvapaketin vaatimukset, joka määrittää vaatimukset toteuttaville tietojärjestelmille.

## 4.12 Käyttöliittymäsuunnitelma

### 4.12.1 Käyttöpaikkana sillan paikallisvalvomo tai tekninen tila

Sillan paikalliskäyttöä varten toteutetaan yleensä kosketusnäyttöpaneeli, josta tarvittavat paikalliskäyttötoiminpiteet ja huoltokäytöt voidaan tehdä.

Paikalliskäytön käyttöliittymän tulee olla kosketusnäyttö tai työasema näyttöineen ja siinä tulee olla riittävä määrä sivuja, että ohjausten tekeminen näytöltä olisi selkeää. Tarvittaessa käytetään toista paneelia tai näyttöä.

Käyttöliittymässä sivuina yleensä ovat:

- menusivu, jolla käyttäjäkirjautuminen suoritetaan
- liikenteenohjaussivu, jolta automaattiajot suoritetaan
- siltasivu, jolta käsiajot suoritetaan
- huoltosivu, jolla toimilaitteiden käyttö voidaan sallia poikkeavilla lukitusehdoilla ja muuttaa perusparametreja
- hälytyssivu
- parametrisivu, jolla käyttäjän toimesta aseteltavat parametrit muutetaan ja esitetään
- ohjaussivu, jolta lämmityksien ja valaistuksien käsi-O-automaatti valinnat suoritetaan
- valvomo-ohjelmiston omat järjestelmäisivut

Toimilaitteiden kuvamuuttujien värityksinä käytetään seuraavaa periaatetta:

- punainen = toimilaite epäkunnossa tai ei kytketty
- harmaa = toimilaite käyttökunnossa
- keltainen = toimilaite valittu käyttöön
- tumman vihreä = toimilaite toiminnassa tai suurella nopeudella
- vaalean vihreä = toimilaite toiminnassa pienellä nopeudella

Antureiden toimintakynnykset ja rajakytkimien toimintatiedot esitetään yleensä keltaisella värillä.

Hätärajojen ja hätä-seis-piirien toimintatiedot esitetään yleensä punaisella värillä.

Vaihtuvien opasteiden tilatiedot esitetään liikennemerkeinä ja opasteen kehyksen värimuuttujilla seuraavasti:

- sininen = sekvenssi- tai askelohjaus
- valkoinen = sää- ja keliohjaus
- vihreä = käsiohjaus
- punainen = laitevika

Moottoreiden paitsi puomi ja porttikäyttöjen virta ja käyntinopeus- ja suuntatiedot esitetään näytöllä.

Hydrauliikkajärjestelmästä kuvataan kaaviona toimilaitteet, anturit ja putkistot ja kaaviossa esitetään

- kaikki mittaukset numeerisesti
- toimilaitteiden asennot ja tilat

Toimilaitteiden ns. ajopainikkeiden tulee olla popup -tyyppisiä ja niiden tulee tulla näytölle automaattikäytössä ohjelmallisesti ja käsikäytössä toimilaitteen valinnan jälkeen.

Hälytysten tekstien tulee olla selkokielisiä ja tarvittaessa kriittisten vikojen tulee generoida toimintaohjeet näytölle. Hälytykset esitetään käyttöliittymässä seuraavin värein.

- punainen = vika aktiivinen, kuitaamaton
- keltainen = vika aktiivinen, kuitattu
- vihreä = vika poistunut

#### **4.12.2 Pääkäyttöpaikka**

##### **Sulkukanavan käyttökeskus**

Kun järjestelmän pääkäyttäjä on Liikenneviraston sulkukanavan käyttökeskus, on järjestelmän pääkäyttöpaikkana tällöin yleensä lähin käyttöpalveluita tekevä käyttökeskus. Sillan ohjaus- ja valvonta ohjelmistot integroidaan tällöin nykyisiin valvomo-ohjelmistoihin ja käyttöliittymiin (SCADA). Sillan logiikkalaitteistot liitetään käyttökeskuksen valvomo-ohjelmistoon suoraan ilman siltapaikalla olevaa palvelinlaitteistoa. Käyttökeskuksen valvomo-ohjelmistoon toteutettavan sillan käyttöliittymän visuaalisesta toteutuksesta vastaa yleensä tilaaja.

##### **Valvomo-ohjelmisto**

Sillan ohjaus ja käyttö on toteutettava järjestelmäkohtaisella graafisella käyttöliittymällä varustettuun valvomo-ohjelmaan (SCADA), jonka välityksellä valvotaan ja ohjataan kaikkia sillan ohjausjärjestelmien laitteita.

Mikäli valvomo-ohjelmisto kahdennetaan, tulee myös muut palvelinympäristöön asennettavat ohjaus-, tiedonsiirto- ja valvontaohjelmat kahdentaa. Kahdennettujen ohjelmien ja laitteiden tulee toimia automaattisesti kaikissa palvelimen tai sen ohjelmien vika- ja häiriötilanteissa. Käyttöliittymässä tulee ilmetä kaikkien kahdennettujen laitteiden ja ohjelmien aktiivinen (master) osa nimettynä. Valvomo-ohjelmasta tieto tulee olla saatavissa muihin valvomo-ohjelman palvelimeen asennettaviin kahdennettuihin ohjelmiin.

Sillan ohjausjärjestelmiin tulee toteuttaa järjestelmätietokanta, johon kirjautuvat automaattisesti laitteiden tilan muutokset, hälytykset, viat, käsiohjaukset, ohjausparametrien muutokset jne. sekä sillan teknisten järjestelmien laitteiden hälytykset. Mikäli tiedot siirretään Liikenneviraston keskitettyyn tietokantaan, vastaa Liikennevirasto keskitetystä järjestelmätietokantapalvelimesta, joka voi olla myös virtuaalinen.

Valvomo-ohjelmiston ja käyttöliittymän tulee toipua vikatilanteista ilman käyttäjän toimenpiteitä. Kaikki lyhytaikaiset ohjelmiston vikatilanteet pitää pystyä hoitamaan etäyhteyden välityksellä suoritettavilla toimenpiteillä.

### **Pääkäyttöpaikan käyttöliittymän toiminnot**

Pääkäyttöpaikan käyttöliittymän toteutusperiaate tarkennetaan aina suunnittelutehtävän aluksi, jotta toiminnot tulevat toteutusajankohdan mukaisesti huomioitua ja käyttöliittymän toiminnallinen kuvaus laaditaan osana suunnittelutehtävää.

Järjestelmän käyttöliittymän toiminnot ja ulkonäkö eivät saa poiketa Liikenneviraston käytössä olevien ohjausjärjestelmien käyttöliittymistä lukuun ottamatta tilaajan kanssa tapauskohtaisesti erikseen sovittavia poikkeuksia. Järjestelmien toiminnan logiikan samankaltaisuus on tärkeää operoidessa eri järjestelmiä. Määritetyt vaatimukset ja käyttöliittymän toiminnallisuus on pystyttävä toteuttamaan, ohjelmistoalustasta riippumatta.

Käyttöliittymän näyttöjen määrä, kuvasuhde ja resoluutio tarkastetaan ja yhteen sovitaan järjestelmän pääkäyttöpaikan ominaisuuksien perusteella. Lopulliset arvot sovitetaan viimeistään käyttöliittymän suunnittelun aloituskatselmuksessa.

Käyttöliittymä muodostuu useista näkymistä ja ohjausikkunoista. Niistä osa on kiinteitä koko näytön näkymiä ja osa siirrettäviä ja kooltaan muutettavia ponnahdusikkunoita (popup). Laitteet esitetään käyttöliittymässä näkymästä riippuen karttaphjalla tai havainnollisilla kaavioilla. Käyttöliittymässä on esitettävä reaaliaikaisesti kaikkien ohjaus- ja seurantalaitteiden toiminta- ja tilatiedot graafisesti. Kaikilla ohjattavilla toimintoilla tai laitteilla on oltava ohjausikkuna (popup) sekä tarvittavat automaatti- ja käsiohjausominaisuudet.

Käyttöliittymällä ei saa olla mahdollista suorittaa ristiriitaisia tai toimintaperiaatteiden vastaisia ohjauksia. Käyttöliittymän tulee huomauttaa ja opastaa tällaisissa tilanteissa käyttäjää (esim. liikennevalo on vihreänä ja käyttäjä alkaa sulkea puomia käsikäytöllä). Käyttöliittymän esittäessä vaihtoehtoisia ohjauksia käyttäjän valittavaksi tulee käyttäjälle esittää selkeästi myös vaihtoehdon vaikutus toimintaan. Valinnat, jotka eivät ole ao. hetkellä käytettävissä, tulee osoittaa havainnollisesti käyttäjälle. Suunnittelijan tulee kuvata järjestelmän toimintaan vaikuttavat keskeiset vikatilanteet, niiden näkyminen käyttöliittymässä ja käyttäjältä ao. tilanteissa edellytettävät toimenpiteet

Liikenteenhallintajärjestelmien valvomo-ohjelmistoon ja käyttöliittymään tulee sisältyä järjestelmätietokannan katselu- ja raportointitoiminto sekä trendit ja historiatiedot-toiminnot vähintään seuraavilla ominaisuuksilla:

- Raportointitoiminnon avulla käyttäjä tulee voida listata valitun opasteen/merkin/laitteen tilamuutokset aikaleimottain käyttäjän vapaasti määritettävissä olevalta aikavälillä (alku- ja loppuajankohdan päivämäärä ja kellonaika). Jos

aikavälillä ei yhdenkään merkin/laitteen tilatieto ole muuttunut, niin haetaan viimeisin löytyvä tilatieto.

- Trendi- ja historiatiedot toiminnon avulla tulee olla mahdollista tutkia tietokantoihin tallennettuja mittaustietoja graafisessa muodossa. Tarkastelu-aikaväli on käyttäjän määriteltävissä.
- Hälytystietokannan selailukomponentilla tulee voida käydä läpi kaikki hälytykset. Hälytykset listautuvat hälytyksen tuloajan mukaan laskevasti käyttöliittymän näytölle.

Muilta osin pääkäyttöpaikan käyttöliittymän toteutusperiaate on sama kuin paikalliskäytön käyttöliittymän.

## 4.13 Testaus- ja käyttöönottosuunnitelma

Testaus- ja käyttöönottosuunnitelmassa esitetään testausten ja käyttöönoton menettelyt, resurssit ja aikataulu. Suunnitelmassa esitetään yksityiskohtaisesti laitteiden ja toimintojen testausmenetelmät ja testauksen hyväksymisen vaatimukset.

Keskeisin tarkoitus käyttöönoton yhteydessä tehtävillä vikatilannetestauksilla on varmistaa järjestelmän suunniteltu toimivuus vikatilanteissa sekä korjaavien toimenpiteiden toimivuus.

Testauksien ja käyttöönoton työnaikaiset liikennejärjestelyiden suunnitelmat laaditaan osana testaus- ja käyttöönottosuunnitelmaa. Liikenteelle aiheutuvat haitat arvioidaan ja laaditaan tiedotteet liikennettä haittaavista testaus- ja käyttöönoton työvaiheista tie-, rata- ja meriliikennekeskuksien käyttöön.

Järjestelmän käyttöönotto raportoidaan kirjallisesti ja raportissa esitetään kaikki tehdyt testit ja toimintakokeet sekä niiden tulokset. Käyttöönoton aikaiset järjestelmän ja laitteiden säätö- ja konfigurointitiedot dokumentoidaan osaksi loppudokumentointia.

## 4.14 Käyttö- ja hoitosuunnitelma

Siltakohteisiin laaditaan käyttö- ja hoitosuunnitelma. Tässä ohjeessa ei käsitellä käyttö- ja hoitosuunnitelman sisältöä tarkemmin. Suunnitelman keskeinen tarkoitus on määritellä urakoitsijan hoitotehtävät ja sisältö tulee muodostua seuraavista osaluista:

- sillan käyttäjien pätevyysvaatimukset
- huoltohenkilöstön pätevyysvaatimukset
- kouluttautumiswaatimukset
- käyttöohjeet
- tarkastus- ja huolto-ohjeet
- dokumenttien ylläpito
- varaosavaraston käyttö- ja ylläpito
- toimintaohjeet vika- ja poikkeustilanteissa kuten varareitin käyttöönotto ja häiriötilanteista tiedottaminen
- teknisen toimivuuden seuranta ja raportointi
- huoltilanteiden liikenteenohjaussuunnitelmat

- hoitotehtävien raportointimenettelyt kuten raportointijärjestelmien käyttö (Harja) sekä valokuvien käyttö osana raportointia.

**Rakennussuunnittelun tulokset:**

1. Rakennesuunnitelmat
2. Hydraulikkasuunnitelma
3. Liikenteenohjaussuunnitelmat
4. Radan turvalaitesuunnitelma
5. Vesiväylän turvalaitesuunnitelma
6. Turvajärjestelmäsuunnitelma
7. Valaistussuunnitelma
8. Sähkösuunnitelma
9. Automaatiosuunnitelma
10. Tietoliikennesuunnitelma
11. Tietojärjestelmäsuunnitelma
12. Käyttöliittymäsuunnitelma
13. Testaus- ja käyttöönottosuunnitelma
14. Käyttö- ja hoitosuunnitelma
15. CE-merkintä ja EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus

## 5 EY-Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

### 5.1 CE-merkintä ja EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus

Suunniteltavan sillan tulee täyttää Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/42/EY koneista ja Valtioneuvoston asetuksen 400/2008 vaatimukset koneiden turvallisuudesta sekä ratasiltojen osalla varmistaa sillan toimintojen yhteensopivuus Euroopan komission asetuksen (2009/352/EY) riskien arviointia koskevalla yhteisellä turvallisuusmenetelmällä (YTM).

CE-merkinnän ja EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen antamisen keskeinen vaatimus on, että riskit, riskien pienentäminen ja jäännösriskit on arvioitu asianmukaisesti.

#### Riskien hallinta

Riskienhallinta on keskeisin osa arvioitaessa sillan käytön turvallisuutta niin liikkujien, käyttäjien ja huoltohenkilöstön näkökulmasta. Riskienhallinta on kiinteä osa läpi suunnitteluprosessin, jolloin se ohjaa suunnitteluratkaisuja turvallisuusnäkökulmasta.

Riskien arviointia varten laaditaan toimintatapakuvaus sillan käytöstä, jotta turvallisuusriskit eri liikennemuotojen ja sillan käytön välillä voidaan kuvata.

Riskien arvioinnissa on hyvä kuvata myös sillan rakenteisiin ja toimilaitteisiin kohdistuvat riskit niissäkin tilanteissa, kun silta on lepoasennossa. Tällaisia rakenteisiin kohdistuvia riskejä voivat olla kuten onnettomuuskuormat, liikennekuormat, tien- tai radan talvihoitomenetelmät, ilkivalta. Rakenteisiin ja laitteisiin kohdistuva riski voi olla myös pitkäaikaisesta rasituksesta kuten tärinästä johtuva.

Sillan käyttötekniikan riskien arvioinnissa kuvataan riskien arviointimenetelmä sekä tunnistetut riskit ja niiden pienentäminen. Yleensä avattavien siltojen käyttötekniikan riskit liittyvät seuraaviin:

- Kauko- ja paikalliskäyttötoiminnot
- Koneistotiloissa työskentely
- Sillan ohjausjärjestelmä
- Häätälasku läppä- ja nostosilloissa
- Antureiden ja tilatietojen ristiriitavalvonta
- Kameravalvonta
- Energian jakelu ja varavoima
- Teknologian muutokset elinkaaren aikana
- Sillan huoltotoimintaan liittyvät riskit
- Huoltotukien ja huoltolukitusten käyttö
- Huoltokäytöt
- Hätäpysäyttäminen
- Toimintavarmuutta parantavat toiminnot kuten kenttälaitteiden kahdennukset eri tekniikoilla, vuorottaiskäytöt, varakäytöt
- Käyttöpaikkojen ohjausten priorisointi ja ohjaustapojen (kauko-, paikallis-, automaatti-, käsi- ja pakkokäyttö) toisensa poissulkeva ominaisuus

**Tekninen tiedosto**

CE-merkintäaineisto koostuu teknisestä tiedostosta (konedirektiivi 2006/42/EY, Liite VII, A), jossa ovat

- koneen yleiskuvaus,
- koneen yleispiirustus ja siihen liittyvät ohjauspiirien piirustukset sekä asianmukaiset kuvaukset ja selitykset koneen toiminnan ymmärtämiseksi,
- täydelliset ja yksityiskohtaiset piirustukset laskelmineen, testaustuloksineen, todistuksineen ja muine tietoineen, joita tarvitaan tarkastettaessa, onko kone olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukainen,
- riskin arviointia koskevat asiakirjat, joista ilmenee noudatettu menettely, mukaan lukien
  - o luettelo olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista, jotka koskevat konetta,
  - o niiden suojaustoimenpiteiden kuvaus, jotka on toteutettu tunnistettujen vaarojen poistamiseksi tai riskien pienentämiseksi ja tarvittaessa maininta koneeseen liittyvistä jäännösriskeistä,
- käytetyt standardit ja muut tekniset eritelvät siten, että käy ilmi, mitkä olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset kyseiset standardit kattavat,
- tekniset selosteet, joista ilmenevät niiden testien tulokset, jotka on valmistaja suorittanut
- jäljennös koneen ohjeista, käyttö- ja huolto-ohjeet, toimintaohjeet vika- ja poikkeustilanteissa
- tarpeen mukaan jäljennökset koneen tai muiden siihen liitettyjen tuotteiden EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksista,
- jäljennös EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta

Valmistajan on suoritettava valmiille koneille tarpeelliset testit määrittääkseen, soveltuuko kone suunnittelunsa tai rakenteensa puolesta turvallisesti käyttöön otettavaksi. Asiaankuuluvat selosteet ja tulokset on sisällytettävä tekniseen tiedostoon. Tämä tarkoittaa, että käyttöönototestaukset ja toiminnot on hyvin dokumentoitava ja turvalaitteiden kuten hätäseis-piirien toimiessa laitteiston toiminnan testaustulokset on dokumentoitava.

**EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus**

Tekniseen tiedostoon kuuluvan EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen on sisällettävä seuraavat tiedot:

- 1) valmistajan toiminimi ja täydellinen osoite sekä tarvittaessa tämän valtuutettu edustaja;
- 2) sen henkilön nimi ja osoite, joka on valtuutettu kokoamaan teknisen eritelmän.
- 3) koneen kuvaus ja tunniste, myös yleisnimike, toiminta, malli, tyyppi, sarjanumero ja kaupallinen nimi;
- 4) nimenomainen vakuutus siitä, että kone täyttää tämän direktiivin asiaankuuluvat säännökset, ja tarvittaessa vastaavanlainen vakuutus muiden direktiivien ja/tai sellaisten asiaankuuluvien säännösten mukaisuudesta, joiden mukainen kone on. Näiden viitteiden tai viitetietojen on oltava samat kuin Euroopan unionin virallisessa lehdessä näihin teksteihin julkaistut;
- 5) tarvittaessa viittaus muihin käytettyihin teknisiin standardeihin ja erittelyihin; Tähän kohtaan turvalaitteena toimivien laitteiden kuten hätä-seis-releen tuotestandardiin viittaus.
- 6) vakuutuksen aika ja paikka;
- 7) sen henkilön nimi ja allekirjoitus, joka on valtuutettu laatimaan tämä vakuutus valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan puolesta.



### **Vastuut Liikenneviraston hankkeissa**

Asetuksen tarkoittama valmistaja tai tämän edustaja on kokoonpanon suorittava yritys, eli yleensä sillan pääurakoitsija. Tämä yritys vastaa, että silta on rakennettu asetuksen mukaisesti ja allekirjoittaa EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Eri suunnitteluvaiheiden pääsuunnittelija veloitetaan tukemaan tätä riskienhallinnan eteenpäin viemisessä ja teknisen kansion kokoamisessa.





ISSN-L 1798-663X  
ISSN 1798-6648  
ISBN 978-952-317-521-1  
[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liik  
enne  
vira  
sto

# Tämä asiakirja on allekirjoitettu

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus