

siltojen SILKO korjaus

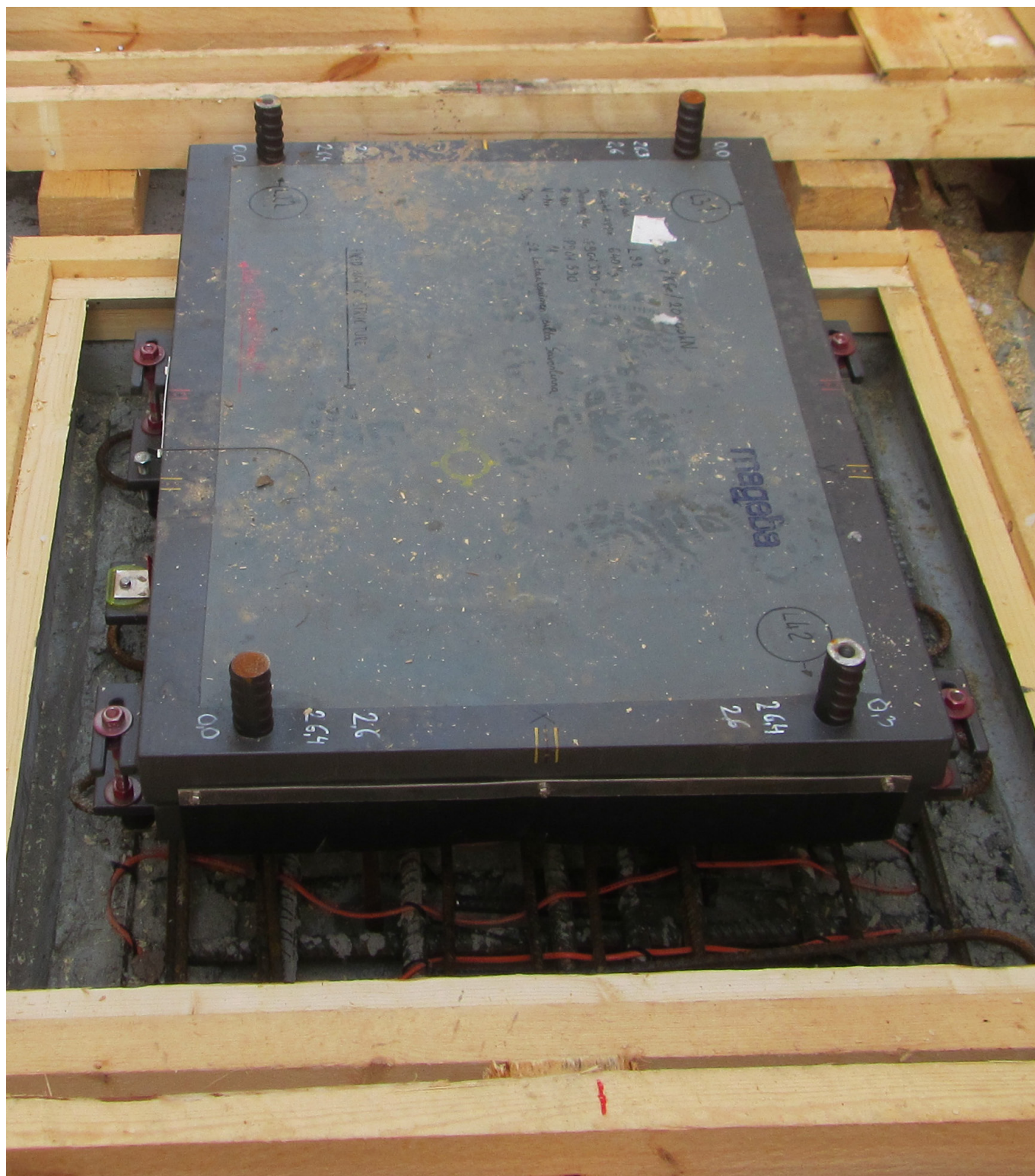
TERÄSRAKENTEET
LAAKERIT JA NIVELET
YLEISET LAATUVAATIMUKSET

1

VÄYLÄVIRASTO
Taitorakenneyksikkö

3/2021

1.352



SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ	4
1.1	Ohjeen käyttöalue	4
1.2	Laakeroinnin tarkoitus ja laakerityypit	4
2	LAAKERI- JA NIVELTYYPIT	5
2.1	Kumilevylaakerit	5
2.2	Kumipesälaakerit	6
2.3	Kalottilaakerit	6
2.4	Rullalaakerit	7
2.5	Muut teräslaakerit	8
2.6	Laakereiden tukipinnat ja kiinnitykset	9
2.7	Nivelet	9
3	LAAKEREIDEN JA NIVELTEN VAURIOT	11
3.1	Materiaalivauriot	11
3.2	Kuormitusvauriot	12
3.3	Liiallisista liikkeistä aiheutuvat vauriot	13
3.4	Suunnittelu-, valmistus- ja rakentamisvirheet	14
4	LAAKEREIDEN JA NIVELTEN TARKASTUKSET	16
4.1	Tarkastukset	16
	4.1.1 Laakereiden tarkastus	16
	4.1.2 Nivelten tarkastus	16
5	LAAKEREIDEN JA NIVELTEN KORJAUS- JA HUOLTOSUUNNITTELU	17
5.1	Huoltokäsittelysuunnitelman laatiminen	17
	5.1.1 Suojausmenetelmät	18
5.2	Korjaussuunnitelman laatiminen	18
	5.2.1 Kumilevylaakerit	20
	5.2.2 Teräslaakerit	21
	5.2.3 Kumipesä- ja kalottilaakerit	21
	5.2.4 Laakerin asennon korjaus	22
	KIRJALLISUUSVIITTEET	23
	LIITE 1 PÖLYSUOJAT JA SUOJAKOTELOT	

Tämä asiakirja on allekirjoitettu Väyläviraston sähköisen allekirjoituksen palvelussa. Allekirjoitetun ohjeen saa tarvittaessa kirjaamo(at)vayla.fi.

SILKO 1.352 LAAKERIT JA NIVELET - YLEISOHJE

4.3.2021 VÄYLÄ/1589/06.04.01/2021

Ohje hyväksytään sähköisellä allekirjoituksella.

Voimassa 8.3.2021 alkaen toistaiseksi.

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää tienpidon ja rautatietojen osalta.

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö	Minna Torkkeli
Tieliikennejohtaja	Jukka Karjalainen
Asiantuntija, sillat	Antti Rytönen

Väylävirasto, Taitorakenneyksikkö 2021, ohjeen päivitys

Ohjetyöryhmä:

Diplomi-insinööri Antti Rytönen, pj. Väylävirasto, Taitorakenneyksikkö
Insinööri Pekka Siitonen Väylävirasto, Taitorakenneyksikkö
Diplomi-insinööri Pertti Kaista Sweco Rakennetekniikka Oy
Diplomi-insinööri Ari Husso, sihteeri A-Insinöörit Civil Oy

Kuvat Kuva 1, 23	Pertti Kaista / Sweco Rakennetekniikka Oy
Kuva 2, 15	Heikki Kapanen / Vahanen Oy
Kuva 9,17	Väyläviraston arkisto
Kuva 10	Vesa Toppila / Sweco Rakennetekniikka Oy
Kuva 13	Simo Nykänen / Väylävirasto
Kuvat 14, 19-22, 27	Antti Rytönen / Väylävirasto
Kuva 16	Pekka Siitonen / Väylävirasto
Kuva 18	Jussi Holmi /Skanska Oy
Kuva 24	Ari Husso /A-Insinöörit Civil Oy
Kuva 25	Risto Laine /Sweco Infra & Rail Oy
Kuva 26	Eetu Väisänen /Destia Oy
Kuva 28	Ari Salo /Vars-ELY
Piirroksat 3-5, 29	Sweco Rakennetekniikka Oy
Piirroksat 7, 8	Ins. tsto. Jorma Huura Oy
Rakennepiirustukset	Väyläviraston arkisto

Kansikuva: Laitaatsalmen sillan kalottilaakeri asennettuna, Aki Loikkanen/ Destia Oy

Taitto: Väylävirasto

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen käyttöalue

Tämä ohje käsittelee yleisesti silloissa käytettäviä ja käytettyjä laakereita ja niveliä. Ohjeessa kuvaillaan laakeroinnin tarkoitusta ja eri laakeri- ja niveltyyppejä. Lisäksi ohjeessa on kuvattu vaurio-tyyppejä sekä laakereille ja nivelille tehtäviä tarkastuksia.

Laakereiden ja nivelten korjausta, huoltoa ja vaihtamista käsitellään SILKO-ohjeessa 2.353 /11/.

1.2 Laakeroinnin tarkoitus ja laakerityyppi

Sillan laakeroinnin tarkoituksena on mahdollistaa rakenteelta halutut liikkeet ja välittää kuormitukset päällysrakenteelta alusrakenteille suunnitellulla tavalla.

Laakerointi voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. Yksinkertaisimmillaan laakerointi voi olla esimerkiksi kaksinkertainen kermi laattasillan kannen ja maatuen välissä tai puuparru, jonka päällä kansi liikuu. Teknisesti monimutkaisimpia rakenteita ovat kumipesä- ja kalottilaakerit.



Kuva 1. Puusillan laakerina toimii pelkkä lankku.



Kuva 2. Lyijylevylaakeri (nivelpalkkisillan nivel) (Karjaan ylikulkusilta).

Laakerit voidaan jaotella toimintatapansa puolesta yhteen tai kahteen suuntaan liikkuviin ja kiinteisiin laakereihin. Yleensä kaikki laakerit sallivat kiertymän vähintään päätaivutustasossa.

Materiaalien mukaan laakerit voidaan jaotella pääryhmiksi kumilevylaakerit, teräslaakerit sekä kumipesä- ja kalottilaakerit. Teräslaakereita ovat mm. rullalaakerit, keinulaakerit ja ohjauslaakerit. Vanhoissa silloissa on pääasiassa käytetty teräslaakereita. Pienille liikevaroille ja kiertymille on myös käytetty lyijylevylaakereita, joissa on lyijylevy kahden teräslevyn välissä.

Siltojen laakerit olivat pääasiassa teräslaakereita 1970-luvun puoliväliin asti. Nykyisin pääasiassa käytettäviä kumilevylaakereita, kumipesälaakereita ja kalottilaakereita on käytetty 1960-luvulta lähtien.

Laakereille on olemassa suunnittelun ja valmistuksen kattava eurooppalainen standardi EN 1337 /1/. Standardin mukaisilla laakereilla on oltava CE-merkintä. Lisäksi Väyläviraston kohteissa käytettävillä laakereilla tulee olla Väyläviraston käyttöluva. Erillisiä laakerin osia ei CE-merkitä. Muoseosiltojen laakereilta ei edellytetä CE-merkintää.

2 LAAKERI- JA NIVELTYYPIT

2.1 Kumilevyllaakerit

Kumilevyllaakerit ovat joko yksi- tai monikerroslaakereita. Laakereiden materiaalina on joko kloropreeni (CR, tunnetuin tuotemerkki Neopren) tai luonnonkumi (NR). Lisäksi on muita materiaaleja, jotka eivät ole standardin mukaisia, tavallisimpana eteeni-propeenikumi EPDM.

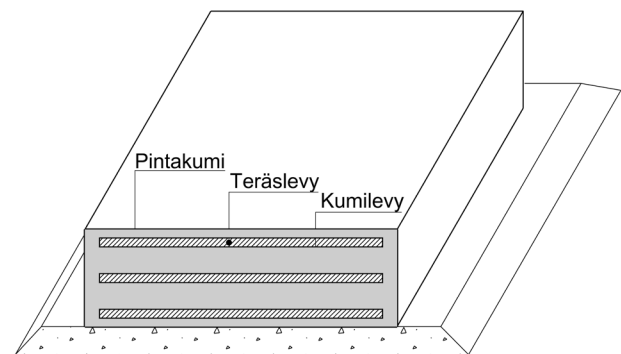
Yksikerroslaakerit tehdään leikkaamalla kumilevystä. Monikerroslaakerit valmistetaan laminoimalla kumin sisään teräslevyjä. Teräslevyt jäykistävät laakeria rajoittamalla kumin pullistumista kuormitettaessa.

Yksikerroslaakereita ei standardin SFS-EN 1337 mukaan saa käyttää silloilla, mutta Suomessa niitä on sallittu käytettäväksi puusilloilla sekä lyhytjänteisillä elementtisilloilla lähinnä rautatiesiltojen kansion vaihdon yhteydessä.

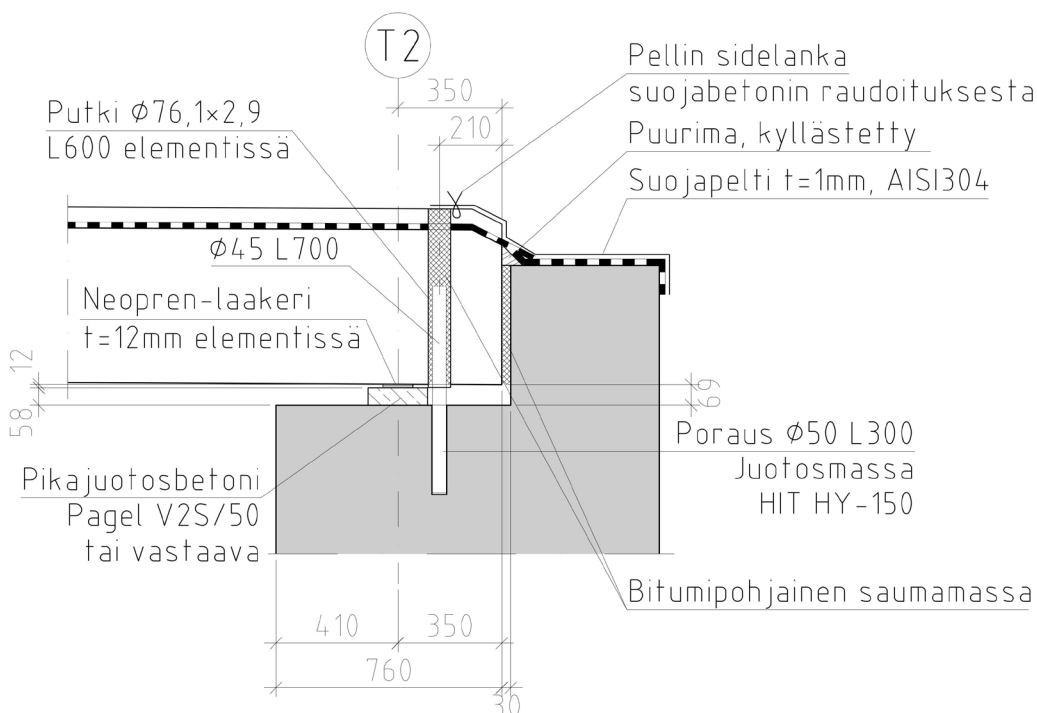
Perusmallisessa monikerroslaakerissa teräslevyt ovat kumin sisällä näkymättömissä, mutta pintaan voidaan vulkanoida esimerkiksi liukulevy tai teräslevy, jossa on ankkurointitapit tai kiinnitysruuvit. Perusmallista poikkeavia laakereita ei Suomessa yleensä ole käytetty ja tarvittavat ankkuroinnit tai liikkeenrajoittimet on tehty erillisinä rakenteina.

Kumilevyllaakereille on perinteisesti sallittu n. 10 MPa puristusta ominaiskuormilla. Mitoitus tehdään nykyään standardin EN 1337 osan 3 mukaan murtorajatilassa. Monilevyllaakereiden vakiokoot ulottuvat 100x150 mm laakereista 900x900 mm laakereihin ja vastaaviin pyöreisiin laakereihin. Yksikerroslaakereilla ei ole vakiokokoa. Laakereiden sallittu vaakaliike ominaiskuormista on 70% kumi-osien yhteenlasketusta paksuudesta.

Kumilevyllaakereiden käyttöä rajoittavat lähinnä suuret siirtymät ja isommilla kuormilla laakerin suuri pinta-ala.



Kuva 3. Monikerroksisen kumilevyllaakerin periaatekuva.



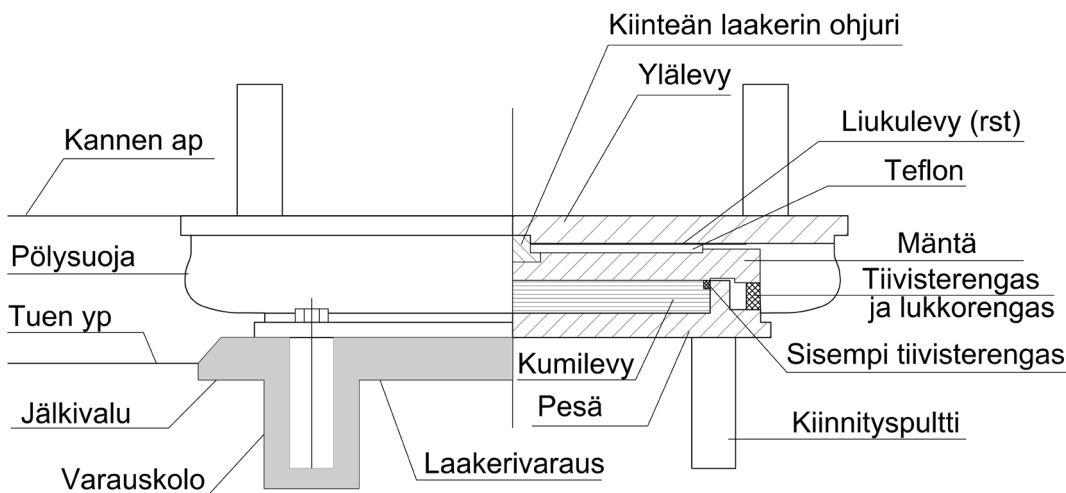
Kuva 4. Detaili kumisen nauhalaakerin käytöstä rautatiesillan kannen vaihdon yhteydessä. Vanhalle laakeritasolle tehdään laastitasaus.

2.2 Kumipesälaakerit

Kumipesälaakerit ovat olleet vuosikymmeniä suosituimpia laakereita. Laakereissa on nimensä mukaisesti joustavana materiaalina kumilevy, joka on sijoitettu teräksiseen ”pesään”. Lisäksi laakerissa on yleensä PTFE- (Teflon) pintaiset liukulevyt pienentämässä kitkaa. Koko pakettia ympäröi kaksiosainen teräskotelo, jossa on ylä- ja alapinnoissa levyt, jotka tulevat rakennetta vastaan. Laakeri sallii kiertymän joka suuntaan. Laakerin vaakaliikkeitä voidaan rajoittaa ohjureilla, jolloin saadaan kiinteä tai yhteen suuntaan liikkuva laakeri.

Kumipesälaakereiden vakiomitoitukset ulottuvat noin 1 MN:sta lähes 100 MN:in normaalivoimakapasiteetteihin. Vaakavoimien välityskyky vaihtelee pienien laakereiden noin 30 %:sta isojen laakereiden 5-10 %:iin. Vakiolaakereiden normaali kiertymävara on noin 0.01 rad. Liikevara on vakiona yleensä ± 50 mm, mutta suurempiakin liikevaroja voidaan toteuttaa.

Kumipesälaakerit ovat osoittautuneet käytössä varmatoimisiksi. Niiden helpoimmin rikkoutuva kohta on sisäpuolinen tiivisterengas.



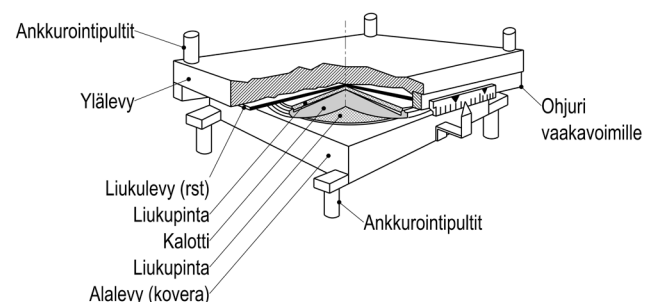
Kuva 5. Kumipesälaakerin periaatekuva.

2.3 Kalottilaakerit

Kalottilaakerit ovat kooltaan pienempiä kuin vastaavan kuormituksen kestävä kumipesälaakeri ja niissä ei ole helposti rikkoutuvia osia. Laakerit kestävät hyvin dynaamista rasitusta.

Kalottilaakerissa kiertymä on mahdollinen joka suuntaan. Kuten kumipesälaakereissa, kalottilaakereissakin voidaan rajoittaa liikesuuntia teräksillä ohjureilla. Kalottilaakereiden kuormituskapasiteetit ovat vastaavat kuin kumipesälaakereilla. Vaakavoimia sallitaan yleensä noin 10% pystykuormasta. Vakiolaakereiden liikevarat ovat samaa luokkaa kuin kumipesälaakereilla, mutta isompia toteutetaan tarvittaessa. Kiertymävarakin ilmoitetaan yleensä samaksi kuin kumipesälaakereilla, vaikka se on todellisuudessa huomattavasti suurempi.

Kalottilaakereiden erikoistapauksia ovat sylinterilaakeri, jossa kontaktipinta on kalotin sijasta sylinterin muotoinen ja kalottisegmenttilaakeri, joka on kavennettu kalottilaakeri. Molemmat laakerityypit mahdollistavat kiertymän vain yhteen suuntaan.



Kuva 6. Kalottilaakerin periaatekuva.

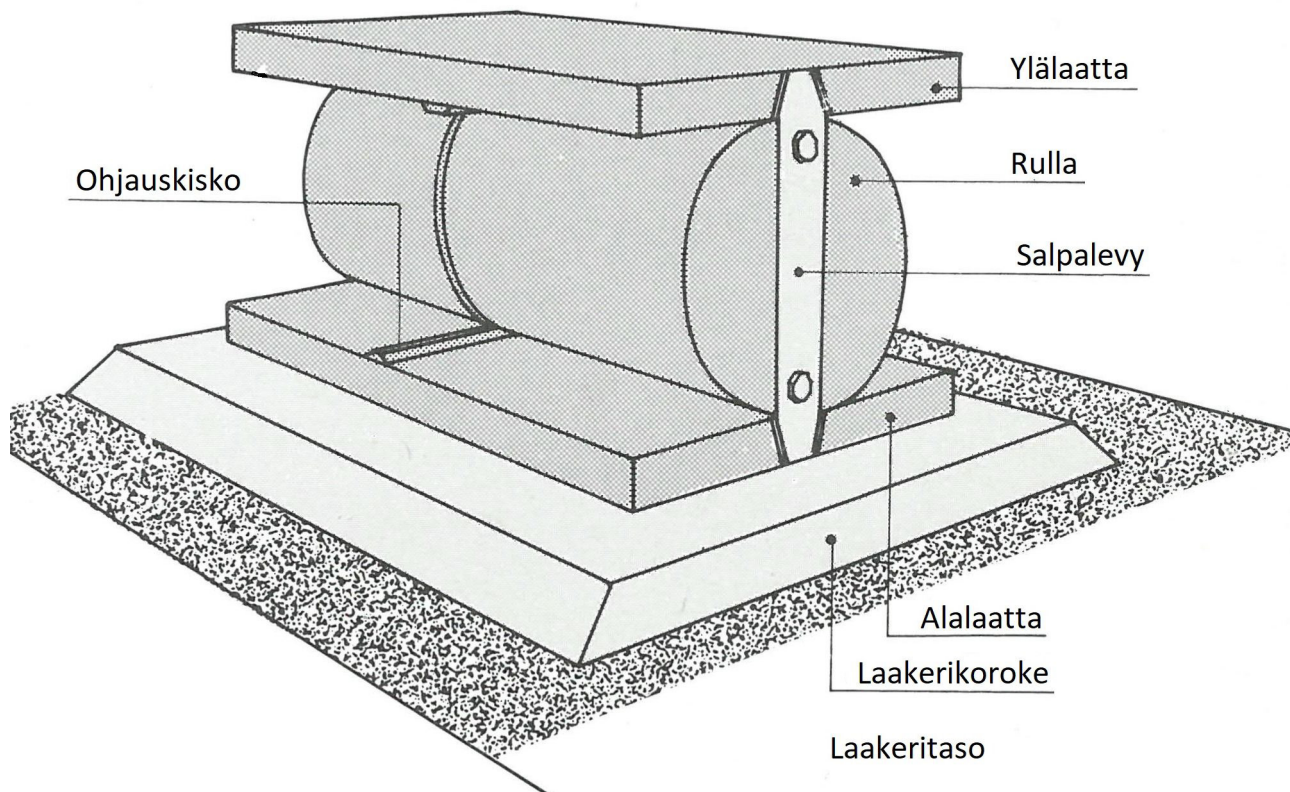
2.4 Rullalaakerit

Teräksisiä rullalaakereita ei nykyään käytetä uudiskohteissa ja vanhoissa silloissakin niitä pyritään korvaamaan muunlaisilla laakereilla. Suurimpana syynä on ollut karkaistusta teräksestä tehdyissä pieniläpimittaisissa ns. Kreuz-laakereissa esiintyneet vauriot. Laakerit voivat väsymisen seurauksena hajjeta yllättäen.

Rullalaakerit sallivat isoja kiertymiä ja ne ovat aina yhteen suuntaan liikkuvia. Poikittaisvoimat välittyvät alusrakenteille ohjauskiskojen avulla.

Rullalaakerit ovat rakenteena yksinkertaisia ja varmatoimisia.

Rullalaakereiden tyypillisiä vaurioita ovat salpalevyjen irtoaminen, rullan sekä ylä- ja alalevyjen korroosiovauriot ja alusvalun halkeilu.



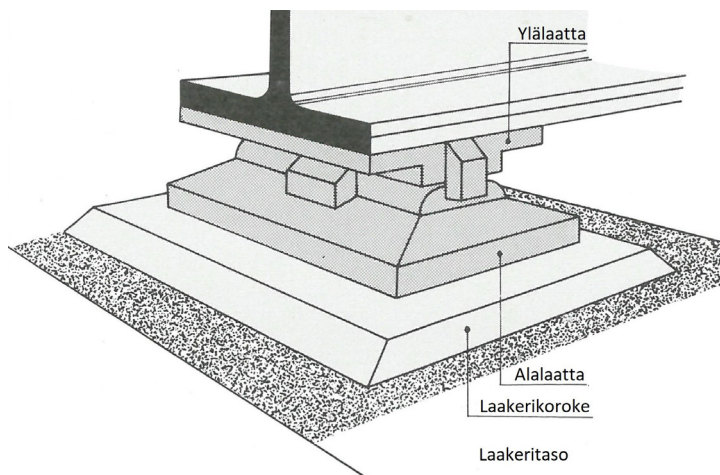
Kuva 7. Rullalaakerin periaatekuva.

2.5 Muut teräslaakerit

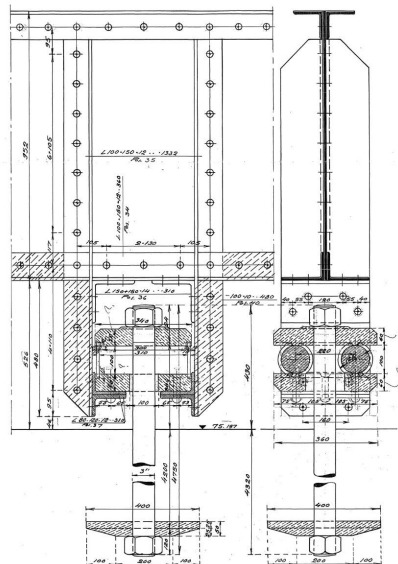
Muita, vähemmän käytettyjä laakerityyppejä, ovat muun muassa kiinteät laakerit ja ohjauslaakerit.

Kiinteät laakerit ovat teräslaakereita, jotka estävät liikkeitä molempiin suuntiin ja toimivat nivelinä. Niitä on käytetty erityisesti vanhoissa ratasilloissa. Joissain vanhoissa silloissa on vielä **keinulaakereita**, jotka ovat teräksisiä piste- tai viivatuentalakereita. Myös **ohjauslaakerit** rajoittavat vaakaliikkeitä, mutta ne eivät siirrä pystykuormia.

Joissain vanhemmissa teräslaakereilla laakeroiduissa silloissa voi olla erillisiä teräksisiä vetolaakereita, joiden ainoa tehtävä on ottaa tuelle tuleva nostava tukireaktio. Kumipesä- ja kalottilaakerit voidaan myös suunnitella vetoa kestäviksi, mutta tämä nostaa hintaa merkittävästi.



Kuva 8. Kiinteän laakerin periaatekuva.



Kuva 9. Vetolaakeri (keskellä) (KaS-3088, Mansikkakosken vanha ratasilta).

2.6 Laakereiden tukipinnat ja kiinnitykset

Laakereiden tukipinnalle asetetaan tiukat toleranssi- ja lujuusvaatimukset, joten normaalia valupintaa ei yleensä voida käyttää asennus- alustana. Laakerit asennetaan betonirakenteiden päälle yleensä laakerikorokkeille. Laakerin yläpinta voi olla joko suoraan betonipintaa vasten tai valuun asennettua teräslevyä vasten. Vanhoissa silloissa on myös laakereita ilman koroke- tai tasausvalua.

Laakerikorokkeet tehdään yleensä erillisenä juotosvaluna laakerin asennuksen jälkeen. Laakerit asennetaan kohdalleen juotosvaluun tulevien kiinnityspulttien ja mahdollisten asennustukien avulla. Yläpuolen kiinnityspultit/ tartunnat tulevat normaalisti kannen valuun tai teräspalkin alalaippaan. Ylä- ja alalevyjen ankkuroinnit betoniin vaikeuttavat merkittävästi vanhojen laakereiden poistamista/ vaihtamista. Uudemmissa laakereissa ankkurointi on toteutettu siten, että laakerit ovat irrotettavissa.

Pääosa laakereista kiinnitetään liittyviin rakenteisiin. Kiinnitystarve johtuu siitä, että laakerit välittävät yleensä aina vähintään laakerikitkasta aiheutuvia vaakavoimia ja laakerin ja rakenteiden välinen kitkavoima ei välttämättä riitä vaakavoimien ottamiseen. Ankkuroimattomia laakereita ovat lähinnä betonikansia kannattelevat kumilevy-laakerit.

Teräsrakenteisissa silloissa laakerit on kiinnitetty pääpalkin alalaippaan hitsaamalla tai ruuviliitoksin. Puusiltojen kumilevy-laakereissa joudutaan usein käyttämään teräksisiä liikkeenrajoittimia laakereiden paikallaan pysymisen varmistamiseksi.

2.7 Nivelet

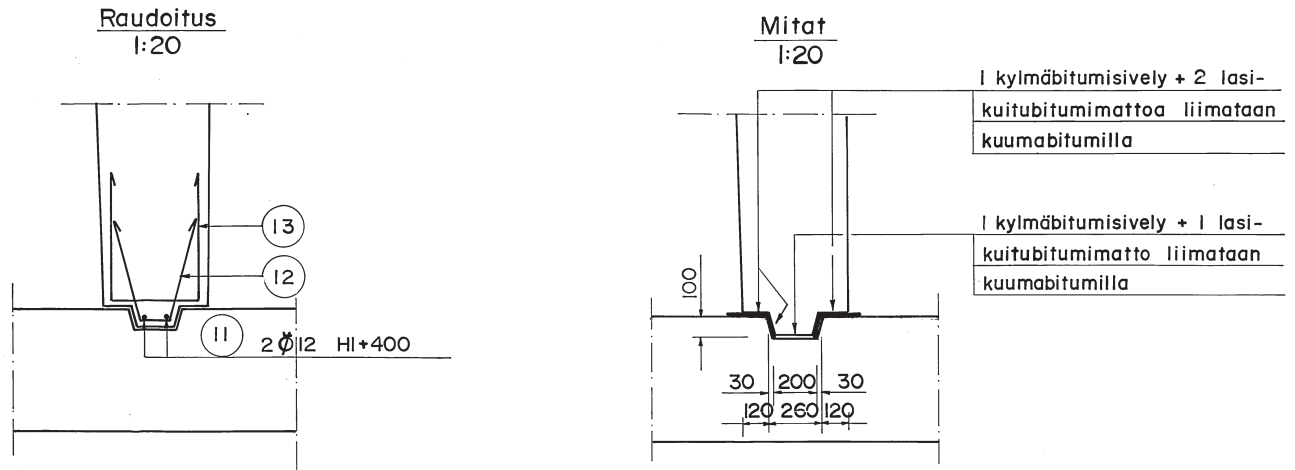
Nivelet ovat rakenneosia, jotka välittävät vaakaja pystyvoimia, mutta sallivat kiertymän yhteen tai kahteen suuntaan. Rajanveto kiinteän laakerin ja nivelen välillä on melko epämääräinen. Normaalisti nivelet sallivat kiertymän vain yhteen suuntaan. Liikkuva nivel on pendelirakenne, joka sallii myös vaakaliikkeen yhteen suuntaan.

Nivelet voivat olla betoniniveliä tai teräsniveliä. Teräsniveliä käytetään teräs-, betoni- ja puusilloissa. Betoniniveliä käytetään vain betonirakenteissa. Niveliä käytetään yleisesti kaari- ja kehäsilloissa.

Nivelet ovat yleensä kohdekohtaisia ja niiden suunnitelmapiirustukset ovat yleensä siltasuunnitelmissa. Tiehallinnon tyyppikehäsillassa Blk jm 12-16m (1981) on jalkojen alapäässä betoninivel.

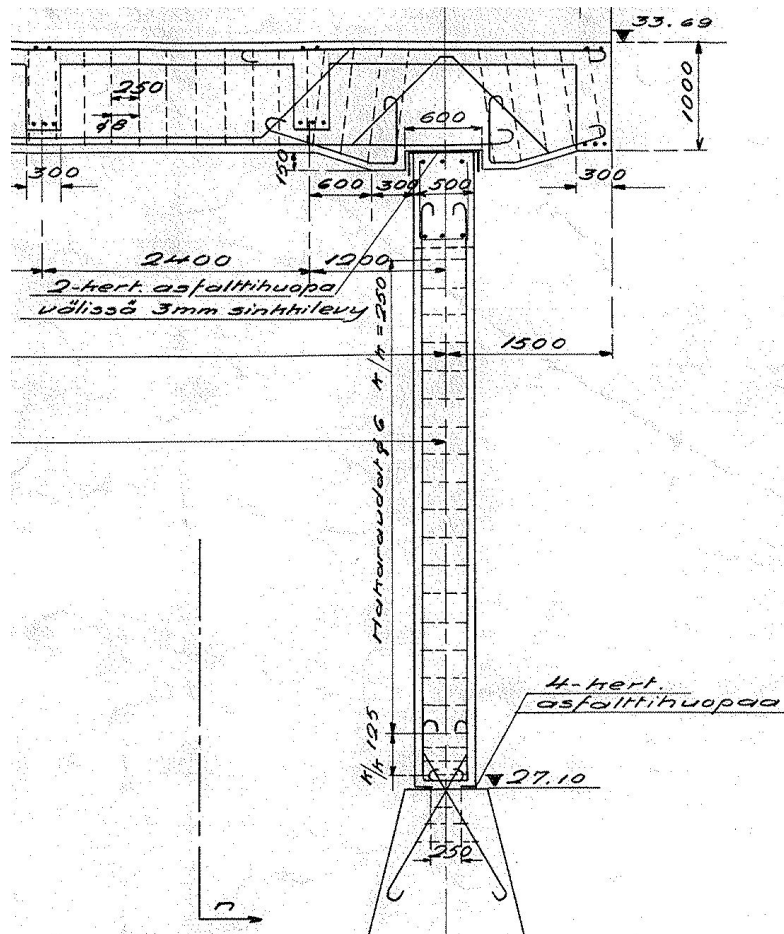


Kuva 10. Nivelpalkkisillan ruostunut ja vanhojen suunnitelmien mukaan tehty uusi liikkuva nivel (U-286 Espoonlahden silta).



Kuva 11. Blk-tyyppisillan kantanivelen rakenne.

Betoninivelistä on käytetty myös nimitystä ranskalainen nivel, koska ranskalainen Freyssinet kehitti betoninivelä 1800-1900-luvun vaihteessa. Betoninivelessä rakenne kavennetaan paikallisesti, jolloin sen jäykkyys pienenee oleellisesti sallien kulmanmuutokset. Nivelrakenteita on erityyppisiä: osassa on läpimenevä rauditus, osassa rakenne katkaistaan esimerkiksi bitumikermillä. Saumassa voi olla myös terästappi tai lyijylevy. Nivelen pinnoissa voi olla kaarevat teräslevyt, jolloin sitä on kutsuttu myös satulalaakeriksi.



Kuva 12. Ylä- ja alapäästään nivelöity pendelipilari (Karjaan ylikulkusilta).

3 LAAKEREIDEN JA NIVELTEN VAURIOT

Laakereiden ja nivelten vauriot voivat johtua viidestä seikasta:

- materiaalien ikääntyminen, kuluminen ja vaurioituminen ulkoisten olosuhteiden takia
- sillan/laakereiden puutteellisesta huollosta
- kuormitusten ylittymisestä johtuvat vauriot
- liiallisten liikkeiden aiheuttamat vauriot
- suunnittelu-, valmistus- ja rakentamisvirheet.

Usein vaurio syntyy edellä mainittujen seikkojen yhdistelmänä, esimerkiksi ikääntyminen ja kuormitusten kasvaminen yhdistettynä puutteelliseen huoltoon.

3.1 Materiaalivauriot

Materiaalivaurioita ovat ruostuminen, rapautuminen, syöpyminen, kumiosien ikääntyminen ja kuluminen.

Sillan teräslaakerit ja -nivelet ruostuvat, jos

- maalauksessa tehdään virheitä, kuten laiminlyönnit esikäsitelyssä, väärä maaliyhdistelmä tai työvirheet
- vastinpintoja ei ole rasvattu
- avonaisesta liikuntasaumasta laakerin tai nivelen päälle ja laakeritasolle valuva suolainen vesi turmelee maalauksen
- pinnoitetta vaurioitetaan ilkeittäisesti kiviä heittelemällä tai maalipintaa naarmuttamalla
- kunnossapito on laiminlyöty tai pinnoite on ikääntynyt.

Joissain tapauksissa vierintäpinnat on maalattu, jolloin maali on murtunut pois laakerirullan liikkeessä vierintäpinoillaan.

Rikkinäisestä liikuntasaumasta valuva vesi vaurioittaa laakereita. Laakerit sijaitsevat usein liikuntasauaman alapuolella ja sen välittömässä läheisyydessä, joten ne ovat hyvin alttiita korroosio- ja syöpymisvaurioille liikuntasaumalaitteen vuotaessa. Vesi aiheuttaa myös laakerikorokkeiden rapautumista ja kannen ja laakeritason raudoitusten ruostumista.

UV-säteily tai öljyperäiset tuotteet voivat haurastuttaa kumilevyllaakereiden kumimateriaalia. Normaali kumin vanheneminen, joka vähentää kumin elastisuutta, voi aiheuttaa pintahalkeilua. Kumilevyllaakereiden viruminen muuttaa tukireaktioita jatkuvissa silloissa. Kumipesälaakereilla erityisesti sisä- ja ulkopuoliset tiivisteet ovat ikääntyessään herkkiä vaurioitumaan



Kuva 13. Puutteellisen huoltokäsittelyn vuoksi ruostunut laakeri (KaS-753 Mansikkakosken silta).



Kuva 14. Laakerin ulko- ja sisäpuolinen tiiviste ovat vaurioituneet, laakerissa on ruostetta (U-3072 Tähtiniemen silta).

Väsyminen on materiaalivaurio, jota esiintyy erityisesti karkaistuilla Kreutz-rullalaakereilla. Väsytyks voi aiheuttaa myös kiinnitysten pettämistä.

Laakerin huoltokäsittelyn laiminlyönti edistää korroosio- ja syöpymisvaurioiden syntymistä.

Laakerin tai nivelen liikkeet aiheuttavat normaalia kulumista, joka aikaa myöten voi haitata sen toimintaa. Jos pölysuojat ovat rikkoutuneet, laakerin sisään saattaa päästä pölyä, kosteutta ja likaa, mikä lisää kulumista ja nopeuttaa korroosiota.

Betoninivelissä yleisimpiä vaurioita ovat betonin rapautuminen ja raudoituksen korroosion aiheuttamat lohkeilut. Rapautumista pahentaa nivelen sisään pääsevä vesi. Lohkeilun syynä voi olla myös ylikuormitus.



Kuva 15. Betonin lohkeilua betoninivelen kohdalla (Karjaan ylikulkusilta)

3.2 Kuormitusvauriot

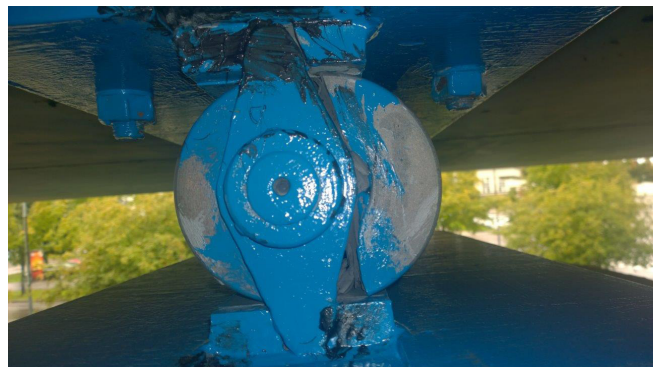
Kasvaneet liikennekuormat saattavat aiheuttaa laakerin tai nivelen kestävyys ylittäviä tukireaktioita. Kumilevyllaakereilla ylikuormitus voi johtaa monilevyllaakereiden kumiin vulkanoitujen teräslävyjen tartunnan pettämisen.

Tukien epätasainen painuminen saattaa muuttaa tukireaktioiden jakautumista eri tuille. Liian pienet tukireaktiot voivat aiheuttaa kumilevyllaakereiden siirtymisiä ja rikkoa kumipesä- tai kalottillaakereita, koska niidenkin toiminta perustuu osittain puristuksen tuomaan kitkaan. Laakereita ei normaalisti suunnitella vetoa kestäviksi, joten puristavan kuorman poistuminen voi aiheuttaa laakerille merkittäviä vaurioita.

Kumipesälaakereissa ylikuormitus voi johtaa epäpuolisen tiivisteen rikkoutumiseen, jolloin kumilevy voi puristua ulos kumipesästä ja laakerin kantavuus menetetään. Teräksisillä rullalaakereilla ylikuormitus voi aiheuttaa rullien halkeamisen. Karkaistusta martensiittisestä ruostumattomasta teräksestä (X46Cr13 (1.4034) tai X90CrMOV18 (1.4112)) valmistetut Kreutz-Edelstahl-rullalaakerit voivat kuormitettuna haljeta tai katketa hauraasti. Tämän laakeriteräksen iskutkeys on heikko.



Kuva 16. Katkennut rullalaakeri (KaS-766 Keltin silta).



Kuva 17. Haljennut Kreutz-rullalaakeri (KaS-753 Mansikkakosken silta).

Kuormitusvauriot voivat aiheuttaa myös halkeilua laakerikorokkeisiin.



Kuva 18. Alusvalun halkeilua (L-2277 Palojoensuun silta).

Joissain vanhoissa silloissa on kivisissä maatuissa käytetty kiviseen laakeritasoon tehtyä syvennystä, jossa on lyijystä tehty tasausvalu. Kuormitusten ja liikkeiden seurauksena tasausvalu saattaa pureskia syvennyksestä pois. Korjauksen yhteydessä on lyijyvalu poistettava ja korvattava juotoslaastilla.

3.3 Liiallisista liikkeistä aiheutuvat vauriot

Maatukien vaakaliikkeet voivat aiheuttaa laakerien liikevarojen loppumisen. Liikevarojen loppuminen voi aiheuttaa itse laakerin vaurioitumisen, liikkeenrajoittimien vaurioitumisen, liukulevyjen siirtymisiä, laakerikorokkeen halkeilua ja jopa kiinnityspulttien katkeamisia, jolloin laakeri irtoaa ja siirtyy uuteen asemaan.



Kuva 19. Yläpuolen kiinnitysruuvit ovat katkonneet ja pudonneet tuen siirtymän takia (O-4836 Kalajoen ratasilta).

Tukien kiertyminen voi rikkoa niveliä tai laakereita niiden kiertymäkapasiteetin ylittyessä. Liialliset päällysrakenteen edestakaiset kiertymät voivat aiheuttaa myös kumilevylaakereiden siirtymistä, ns. kävelyä.



Kuva 20. Kiinteän kalottilaakerin laakerialusta on lohjennut, kun jäänytynyt maa on estänyt pilarin liikkeitä (L-2277 Palojoensuun silta).

Teräs- ja puusilloissa kevyt kansirakenne saattaa liukua kumilevylaakerin päällä. Tästä ei välttämättä ole haittaa, jos vastinpinnat riittävät, laakeri pysyy paikallaan ja on muuten kunnossa.

Liikkeet voivat myös muuttaa rakenteen tukeutumiskohtia ja jopa tukireaktioiden suuruuksia.



Kuva 21. Laakeri nousee irti alalevystä junan ylittäessä sillan (KaS-3063 Saimaan kanavan ratasilta).

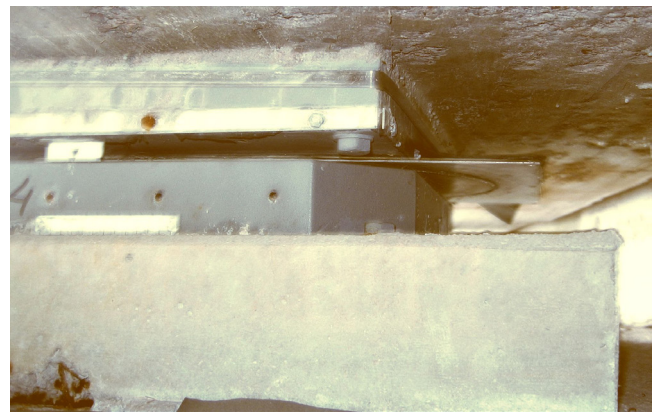
3.4 Suunnittelu-, valmistus- ja rakentamisvirheet

Suunnitteluvirheitä ovat väärin lasketut tukireaktiot tai liikkeet. Jos alusrakenteiden jäykkyydet on arvioitu väärin tai alusrakenteita on muutettu rakentamisaikana, eikä suunnitelmia ole tarkistettu muuttuneen tilanteen mukaan, voi sillan liikekeskiö olla eri paikassa kuin laskelmissa on oletettu.

Laakerin tai nivelen suuntaus ei ole suunnitelmien mukainen. Väärä suuntaus voi rikkoa laakerin tai nivelen. Laakereita on asennettu erehdyksessä 180° väärään suuntaan, jolloin laakeri aluksi toimii, mutta päällysrakenteen liikkuessa laakerin liikevara loppuu kesken.



Kuva 22. Laakerin ohjureiden rikkoutuminen valmistusvirheen takia (U-5901 Soramäen risteysilta).



Kuva 23. Kumipesälaakerin liukulevy on irronnut ja liikkunut pois paikaltaan (T-2343 Ruoksmäen risteysilta).

Laakereiden asennuksen yhteydessä asetettavan ennakon lämpötilakorjaukset on voitu jättää tekemättä tai ne on tehty väärin, jolloin liikevarat eivät ole suunnitellun mukaisia. Betonirakenteen lämpötila voi sitoutumisen aikana nousta oletettua korkeammaksi, jolloin asetettu ennako on liian pieni.



Kuva 24. Laakerin asennusvirhe. Liikevaran pitäisi olla +25 mm, mutta osoitin on 60...70 mm kohdalla (H-3058 Nohkuan alikulkusilta).

Laakereiden kuljetus- ja asennustuet on voitu jättää poistamatta, jolloin ne rajoittavat laakerin normaalia toimintaa.

Alusvalun betonilaatu voi olla suunniteltua huonompaa tai rauditus väärin asennettu tai puutteellinen, jolloin laakerin tukireaktiosta tuleva suuri paikallinen puristus voi aiheuttaa alusvalun halkeilua.



Kuva 25. Laakerin alusvalu on rikkoutunut työvirheen seurauksena ja raudoitusteräukset ovat irti. Rauditus ei ole ohjeiden mukainen (L-2056 Liakanjoen silta).

Kumilevylaakereilla saattaa liukuvarmuus kevyillä kansilla olla hyvin pieni, jolloin kannen värähtelyt voivat aiheuttaa laakereiden "kävelyä" eli laakerit siirtyvät pois paikaltaan.



Kuva 26. "Kävelyn" seurauksen paikaltaan siirtynyt laakeri (T-6024 Kummun YKS).

4 LAAKEREIDEN JA NIVELTEN TARKASTUKSET

4.1 Tarkastukset

Laakereiden ja nivelten kunto tarkastetaan sillan vuosi-, yleis- ja erikoistarkastuksen yhteydessä. Tarkastusohjeita on annettu julkaisuissa /2/.../8/.

4.1.1 Laakereiden tarkastus

Tarkastusten yhteydessä tulisi aina tehdä havain- toja laakereiden toiminnasta myös liikenteen rasi- taessa siltaa, koska kaikkia vaurioita ei voi havaita laakerin ollessa lepotilassa.

Vaikeasti irrotettavat pölysuojat ja suojakotelot vaikeuttavat laakereiden tarkastusta. Mikäli suo- jaukset joudutaan rikkomaan tarkastusta varten, uusitaan ne helposti avattavilla, esimerkiksi tar- rakiinnitteisillä suojilla. Liitteessä 1 on esimerkki- kuvia helposti avattavista pölysuojista ja suoja- koteloista.

Sillan peruskorjauksen yhteydessä pölysuojat ja suojakotelot uusitaan, jos ne eivät ole helposti avattavia.

Laakerin asentoa on verrattava päällysrakenteen lämpötilan edellyttämään asentoon. Periaatteena on, että kun pitkäaikaismuodonmuutokset ovat tapahtuneet, laakerin tulisi olla suunnilleen kes- kiasennossa lämpötilan ollessa 0 °C.

Tarkastuksissa kiinnitetään huomiota mm. seu- raaviin asioihin:

- laakeritasojen siisteys ja kunto
- laakerikorokkeiden kunto
- laakereiden yleiskunto ja asento
- näkyvissä olevien nivelten kunto
- laakeritason kuivatuksen toimivuus

Terässiltojen laajennetussa yleistarkastuksessa /7/ /8/ tarkastajan pätevyydelle asetetaan erityis- vaatimuksia.

Korkealujuusteräksestä valmistetut rullalaakerit (Kreutz) tulisi tarkastaa ultraääni- ja magneetti- jauhetarkastuksella viiden vuoden välein. Ultra- ääni- ja magneettijauh tarkastuksen tekijällä tulee olla jokin seuraavista pätevyyksistä: EN-ISO 9712/ Nordtest Level 2; SNT-TC-1A Level 2; STUK.

Ultraäänitutkimus ei välttämättä paljasta hiushal- keamia rullissa. Alkavaa vauriota ei välttämättä havaita, jos laakerirasvaa ei ensin poisteta.



Kuva 27. Kreutz-rullalaakerin ultraäänimittaus (U-1162 Hiidenveden silta).

Korjaustöiden suunnittelua varten tehdään laa- kereihin/niveliin kohdistuva erikoistarkastus Sil- tojen erikoistarkastusten laatuvaatimusten /2/ mukaisesti. Erikoistarkastusta varten laaditaan tarkastussuunnitelma, jossa kuvataan yleistar- kastuksessa havaitut vauriot ja tarvittavat lisätut- kimukset.

Erikoistarkastuksessa voidaan laakerin kuntoa ja rakenteita tutkia tarkemmin ainetta rikkomatto- milla menetelmillä. Teräslaakereiden kunnan tut- kimista on kuvattu SILKO-ohjeessa 1.302 Teräs- rakenteet, rakenteelliset korjaukset, yleisohje /9/ kohdassa 4.1.2.

Korjaustöiden suunnittelua varten on laakeritaso ja päällysrakenteen alapinta sekä niiden välinen rako mitattava. Mikäli laakerin vaurioiden epäil- lään johtuvan liikevarojen loppumisesta, on tar- kastuksessa pyrittävä selvittämään myös, mikä on aiheuttanut ylisuuret liikkeet.

4.1.2 Nivelten tarkastus

Teräsnivelet ovat yleensä hyvin näkyvissä ja siten helposti tarkastettavissa. Betoninivelet ovat yleensä melko huomaamattomia ja sijaitsevat usein maan sisällä.

Teräsnivelten tarkastus käsittää

- vastinpintojen kunto, halkeamat
- mahdolliset työvirheet
- liikkuvan nivelen asento
- pintakäsittelyt, rasvaus, ruostuminen
- irti/ irtoamassa/ paikaltaan olevat osat

Betoninivelestä tarkastetaan

- betonipintojen rapautuminen, halkeamat
- terästen ruostuminen
- mahdolliset työvirheet
- saumaraon korkeus (molemmin puolin).
- onko saumaraoissa jotain sinne kuulumatonta ainesta.

Saumaraosta ei saa poistaa sinne alun perin laitettua joustavaa ainesta, esimerkiksi bitumikermejä.

Jos saumaraon korkeus tai leveys on merkittävästi suunniteltua pienempi, saattaa nivelen pysytkuormaa välittävä vastinpinta olla vaurioitunut.

5 LAAKEREIDEN JA NIVELTEN KORJAUS- JA HUOLTOSUUNNITTELU

Laakerit ovat kuluvia rakenneosia, jotka ovat tärkeitä siltarakenteen toiminnalle. Vaurioitunut laakeri saattaa aiheuttaa sillan muille rakenteille vakavia vaurioita.

Tässä luvussa käsitellään laakereiden ja nivelten korjaus- ja huoltokäsittelysuunnitelman laatimista. Korjaus- ja huoltotoimenpiteiden suorittamista on käsitelty SILKO-ohjeessa 2.353 /11/. Kyseisessä ohjeessa on myös annettu muun muassa materiaali- ja toleranssivaatimuksia.

Mikäli sillan tarkastuksessa on havaittu laakereihin tai niveliin kohdistuvaa korjaustarvetta, on korjaustöiden suorittamista varten laadittava korjaussuunnitelma. Korjaussuunnitelman laatii sil-lankorjaussuunnittelija.

Laakerin virheellisen asennon vaikutus laakerin toimintaan voidaan myös tarkistaa laskennallisesti, jolloin korjausta ei mahdollisesti tarvita tai sen suorittamista voidaan lykätä.

5.1 Huoltokäsittelysuunnitelman laatiminen

Teräslaakerin tai -nivelen sekä muiden laakereiden teräsosien huolto käsittää puhdistus- ja pinnoitustoimenpiteitä. Huoltokäsittely voi olla osa korjaushanketta tai erikseen toteutettava toimenpide.

Huoltokäsittely tulee suorittaa vähintään 15 vuoden välein.

Huoltokäsittelystä laaditaan aina **huoltokäsittelysuunnitelma**, jossa kuvataan laakereille ja niveliille tehtävät toimenpiteet. Huoltokäsittelysuunnitelma laaditaan SILKO-yleisohjeen 1.351 /10/ ohjeita soveltaen. Huoltokäsittelymenetelmään vaikuttavat saavutettava esikäsitteilyaste ja aikaisempi suojausmenetelmä.

Suunnitelmassa esitetään periaateratkaisu, laatuvaatimukset sekä esikäsitteily- ja suojausmenetelmät. Suunnitelmassa on ilmoitettava rasvatavaksi tai lakattavaksi määrättävien vierintä- ja liukupintojen ulottumat. Suunnitelmassa esitetään myös puhdistustyön jälkeen laakerin tai nivelen osille suoritettavat tarkastukset, kuten syöpymien, halkeamien ja mittamuutosten selvittäminen. Itse laakerin lisäksi tarkastetaan vastinpintojen kunto. Suunnitelmassa on esitettävä myös edellä mainittujen tarkastusten raja-arvot, joiden ylittyminen saattaa vaatia korjaustoimenpiteitä tai jopa johtaa laakerin uusimiseen.

Kumipesä- ja kalottilaakerit eivät pääsääntöisesti tarvitse huoltoa. Mahdollinen huoltotoimenpide on liukulevyn pintojen voitelu. Mikäli huoltotoimenpiteitä tarvitaan, on oltava yhteydessä laakerin valmistajaan varaosien ja työohjeiden saamiseksi.

Liukulevyn liukupintojen rasvaus vaatii kansirakenteen noston. Sopivat rasvat on selvitettävä laakerin valmistajalta. Jos ei tietoja saada, käytetään standardissa EN 1337-2 /1/ annetut vaatimukset täyttävää rasvaa.

Mikäli sillan päällysrakennetta on nostettava huoltotoimenpiteiden tekemiseksi, on huoltokäsittelysuunnitelmaan liitettävä rakennesuunnittelijan tekemä nostosuunnitelma. Suunnitelmassa on esitettävä myös työnaikaiset liikennejärjestelyt tunkkausten ja huoltotöiden aikana.

5.1.1 Suojausmenetelmät

Rasvaus on aikaisemmin ollut yleisin tapa rullalaakereiden suojaukseen. Kokonaan rasvauksen haittana on, että rasvaan tarttuvat herkästi hyönteiset, pöly ja lika ym. epäpuhtaudet sekä se, että rasvatun laakerirullan mekaanisen kunnan tarkastaminen vaatii rasvan poiston.

Rullalaakereiden suositeltava suojaustapa on, että koko laakeri ala- ja ylälaattoineen maalataan lukuun ottamatta vierintä- ja liukupintoja, jotka

suojataan liukulakalla. Mikäli laakeri on aikaisemmin rasvattu, voidaan uusintarasvaus sallia tilajan luvalla poikkeustapauksissa. Koko laakeria ei saa rasvata, jos rullalaakeri on valmistettu erikoislujasta teräksestä (halkaisija on pieni) tai laakeri on vaikeasti tarkastettavissa.

Kiinteiden laakereiden suojaus voidaan tehdä maalaamalla ne kokonaan tai suojata ne kokonaan liukulakalla.

5.2 Korjaussuunnitelman laatiminen

Laakereihin ja niveliin kohdistuvista korjaustoimenpiteistä ja vaihtotyöstä on aina laadittava korjaussuunnitelma, jossa kuvataan laakereiden tai nivelten irrotus, suoritettavat korjaustoimenpiteet, työmenetelmät ja laatuvaatimukset. Laakerit ja nivelet välittävät suuria kuormia, joten työnaikaisten tuntuojen suunnittelu vaatii aina rakennesuunnittelijan määrittämään tarvittavat toimenpiteet. Itse laakeriin ja sen vastinpintoihin kohdistuvien toimenpiteiden lisäksi on selvitettävä ja korjattava myös mahdolliset muut vauriot, joiden vuoksi laakeri on vaurioitunut.

Laakereille ja nivelille tehtävien toimenpiteiden valintaperusteena on aina niille tehty erikoistarkastus. Erikoistarkastuksen perusteella päätetään, riittävätkö korjaustoimenpiteet vai onko syytä uusia kaikki tai osa laakereista. Mikäli kyseessä on kuormitusperäinen vaurio, on yleensä syytä uusia kaikki laakerit.

Korjaussuunnitelma on laadittava, jos

- Syöpymän syvyys kontaktipinnoissa on silmin havaittavaa.
- Laakerin tai nivelen kiinnitysosissa, hitseissä tai kittauksissa on vaurioita.
- Joku laakerin osista on siirtynyt paikaltaan, irronnut kiinnityksistään tai rikkoutunut
- Kumipesä- tai kalottilaakerin tiivisteissä havaitaan vaurioita
- Laakeri on asennettu virheellisesti.
- Laakerien liikevarat ovat lähellä ääriasentoa, niiden asennot samalla tuella poikkeavat huomattavasti toisistaan tai asennot eivät vastaa tarkastuslämpötilan mukaista asentoa.
- Päälysrakenteen tai laakeritason betonipinnoissa on kuormitusperäistä halkeilua tai lohkeilua tai laakerin kohdalla on kloridien aiheuttamaa raudoituksen korroosiota.
- Laakeritasolla tai alusvaluissa on kohonneita kloridipitoisuuksia.

Mikäli laakerin tai nivelen vastinpinnoissa tai muissa osissa on kulumaa, syöpymää tai halkeamia, on arvioitava, onko vaurio niin vakava, että koko laakeri tai nivel on uusittava. Jos laakerirullassa on halkeamia tai säröjä tai laakerirulla ei ole pyöreä, rulla on aina vaihdettava.

Mikäli laakeri tai nivel on niin pahasti ruostunut, että se ei enää pysty liikkumaan suunnitellulla tavalla, se on yleensä uusittava.

Betoninivelten korjaus on vaikea toimenpide, joka vaatii huolellista työnsuunnittelua. Esimerkiksi laattakehän jalkanivelen korjaus vaatii koko keharakenteen jalan nostamisen, vaurioituneiden betoniosien uusimisen ja rakenteen laskemisen takaisin paikalleen.

Teräsnivelten korjausta tai uusimista varten nivel on yleensä saatava kuormituksettomaksi tunkkaamalla tukeutuvaa rakennetta. Kuormittamattomana nivel on yleensä suoraan purettavissa.

Nivelten korjaamista ei yleensä ole otettu suunnittelussa huomioon, joten rakenteen nostamisen tarvitsemat tunkkauspaikat on selvitettävä vanhojen rakennesuunnitelmien avulla.

Laakereiden irrotus tapahtuu yleensä tunkkaamalla päälysrakennetta ylös 5-10 mm. Tunkkaustyön suunnittelua ja suoritusta on kuvattu SILKO-ohjeessa 1.302 /9/ kohdissa 6.2.2...6.2.4. Uudemmissa silloissa on suunnitelmissa yleensä esitetty tunkkauskohtat ja -kuormat laakereiden irrottamiseksi huoltoon tai uusimista varten. Vanhemmissa silloissa rakennesuunnittelijan on selvitettävä vanhojen rakennesuunnitelmien avulla mahdolliset tunkkauskohtien sijainnit ja suunniteltava mahdollisesti tarvittavat tuennat tai vahvistukset, rajoitukset sillan kuormittamiselle sekä tunkkausjärjestelyt. Yhden laakerin irrottaminen saattaa vaatia

kannen nostamisen koko tukilinjalta, jos rakenne ei kestä paikallista nostamista.

Liikenteen sallitaan yleensä käyttää siltaa laakereiden korjaus- tai vaihtotyön aikana. Tällöin tunkkausvoimien laskennassa käytetään voimassa olevien ohjeiden mukaisia liikennekuormia, ellei tapauskohtaisesti toisin sovita. Tavalliselle tieliikennekuormalle LM1 voidaan murtotilakuormien laskennassa käyttää NCC11 liitteen 1A yhdistelyä MRT_9 ilman vaakakuormia. Ratasilloilla kuormat määritetään tapauskohtaisesti radan sallittujen tai todellisten akselipainojen mukaan.

Mikäli vaihto- tai korjaustyö kestää kauan esimerkiksi vastinpintojen korjauksen takia, on liikkuvien laakereiden tunkkausjärjestelyissä varauduttava kannen lämpöliikkeisiin esimerkiksi käyttämällä rasvattua teräslevyä kitkan pienentämiseksi.

Kiinteissä laakereissa, vanhoissa rullalaakereissa

ja liukulevyillä varustetuissa kumilevy-laakereissa vastinlevyt on usein kiinnitetty alus- ja päällysrakenteeseen tartunnoilla, jotka eivät ole avattavissa. Vastinlevyjen uusiminen vaatii tällöin tartuntojen piikkaamisen esiin, jotta ne voidaan katkaista.

Laakereiden vaihdon yhteydessä on päätettävä, uusitaanko laakerit samantyyppisinä vai vaihdetaanko tilalle mahdollisesti toisen tyyppiset laakerit. Valinnassa vaikuttavat kustannusten lisäksi mm. laakereiden toimintatapa, liikevarat, käyttöikä ja tuleva huoltotarve. Jos vanhan korkealujuustereksestä valmistetun Kreutz-rullalaakerin vaurioituminen edellyttää laakerin irrottamista, vaihdetaan sillan kaikki kyseisellä tukilinjalla olevat Kreutz-rullalaakerit uusiin laakereihin. Yksiaukoisessa sillassa kaikki Kreutz-rullalaakerit uusitaan samalla kertaa. Myös sillan peruskorjauksen yhteydessä uusitaan kaikki Kreutz-rullalaakerit.

Taulukossa 1 on esitetty esimerkki laakerien uusimista varten tehtävästä vertailusta. Uudet laakerit mitoitetaan voimassa olevan NCC11:n mukaisille kuormille.

LAAKERIN VALINTA

Tavoitteet uusille laakereille	Laakerivaihtoehdot				
	Kumilevy-laakeri	Kumipesä/PTFE	Kalotti /PTFE	Kalotti/UHMWPE	Sylinteri/UHMWPE
Kuormituskestävyys	+	+++	+++	++++	++++
Liikevarat	+	++++	++++	++++	++++
Kiertymävara	+	++	++++	++++	++++
Käyttölämpötila	-40 - +50°C	-40 - +50°C	-40 - +50°C	-50 - +70°C	-50 - +70°C
Pieni kitkakerroin	+	++	++	++++	++++
Pieni tilantarve	+	++	+++	++++	++++
Mahdollisuus tarkistaa tukireaktiot		+	+	+	(+)
Vähäinen ikääntyminen	+	+	+	++++	++++
Tavoiteikä	10-25v	10-25v	25-50v	>50v	>50v
Huoltovapaus	+	+	+	++	++
Edullinen hinta	++++	++	++	++	+

Taulukko 1. Esimerkki laakereiden vaihdon yhteydessä tehtävästä vertailusta.

Sillan pääty on usein poikkisuunnassa hyvin jäykkä rakenne. Tällöin pienetkin korkeuserot laakereiden tukeutumisessa voivat muuttaa laakerikuormia merkittävästi. Sekä huolto- että uusintatyössä on mitattava laakerin ja rakenteen välinen rako ennen tunkkausta laakerin kaikissa nurkissa 0,5 mm tarkkuudella, jotta laakeri voidaan asemoida siten, että se on korjauksen jälkeen oikeassa korkeusasemassa. Varmin tapa saada laakerikuormat vastaamaan suunniteltua

tilannetta on kaikkien tuella olevien laakereiden asemoiminen uudelleen. Laakerikuormien mittauksissa voidaan käyttää myös tunkkeja, joiden paine on mitattavissa.

5.2.1 Kumilevyllaakerit

Yleisin kumilevyllaakereille tehtävä toimenpide on oikaisu. Oikaisu on tarpeen, jos laakerin vinous on keskilämpötilassa yli 1/4 laakerin korkeudesta.

Oikaisu suoritetaan tunkkaamalla päällysrakennetta siten, että laakeri irtoaa päällysrakenteesta, jonka jälkeen laakeri otetaan pois, käännetään sitä tasossa 180° ja asennetaan se takaisin paikalleen. Laakerin mahdollinen kiinnitys on irrotettava.

Vanhoissa silloissa oikaisu ei välttämättä poista ongelmaa, koska kumin viruman takia laakerin muodonmuutos ei palaudu heti kokonaan, vaikka kuorma poistetaan. Lisäksi kylmässä lämpötilassa palautuminen on vähäisempää. Oikaisu tulisi suorittaa tilanteessa, jossa päällysrakenteen liike on vastakkaisessa asennossa laakerin pysyvään muodonmuutokseen nähden.

Esimerkiksi jos laakeri on vinossa aukkoon päin, tulisi kääntö suorittaa, kun kannen lämpötila on korkeimmillaan, jolloin kannen jäähtyminen oikaisee laakerin.

Mikäli laakerin havaitaan siirtyneen paikaltaan, on selvitettävä mistä siirtyminen johtuu. Mikäli siirtyminen on aiheutunut palautumattomista liikkeistä, esimerkiksi maatuen tai kannen siirtymästä, voi olla tarpeen siirtää laakerit oikealle paikalleen. Mikäli siirtyminen johtuu päällysrakenteen edestakaisista liikkeistä, on harkittava laakerin kiinnitystä

alustaan esimerkiksi liimaamalla tai tekemällä laakerille liikkeenrajoittimet.

Kumilevyllaakereita ei yleensä korjata. Pintahalkeilun korjaamista on kuvattu ohjeen SILKO 2.353 kohdassa 4.2 /11/.

Laakerin ikääntymisen, ylikuormituksen tai ylisuurien liikkeiden aiheuttamat vauriot, kuten kumin halkeilu, levyjen irtoaminen tai kumikerrosten merkittävä pullistuminen johtavat yleensä laakerin vaihtoon, koska kumilevyllaakerit ovat hinnaltaan edullisia. Tällöin on samalla tarkistettava laakerin mitoitus ja tilattava rasiukset kestävä laakeri. Jos laakeri on mitoitettu vanhan Kumilevyllaakereiden mitoitusohjeen (TVH 722044) mukaan, siirtyminen EN 1337-3:n mukaiseen mitoitukseen johtaa pääsääntöisesti laakereiden koon kasvamiseen.

Mikäli rinnakkaisista kumilevyllaakereista uusitaan vain osa, on korkeilla laakereilla uuden laakerin korkeusasemassa otettava huomioon kumin viruma, joka on kumin kovuudesta riippuen 25-45 % [Shore 50-70] pysyvän kuorman hetkellisestä puristumasta. Virumasta n. 80 % tapahtuu ensimmäisten viikkojen aikana.

Kumilevyllaakereiden puristuma pysyvästä kuormasta on vain muutamia millimetrejä, joten laakeritason ja päällysrakenteen välin tulee vastata suunniteltua. Laakerin vastinpintojen sallittu tasaisuuspoikkeama on 1 mm. Erityisen arkoja poikkeamille ovat pareittain samalle korokkeelle asennetut laakerit.



Kuva 28. Kumilevyllaakereiden uusimisen yhteydessä kannen alapinta on jäänyt oikaisematta. Vasemmanpuoleinen laakeri kantaa enemmän kuormaa kuin oikeanpuoleinen. (T-1663 Rekoisten silta)

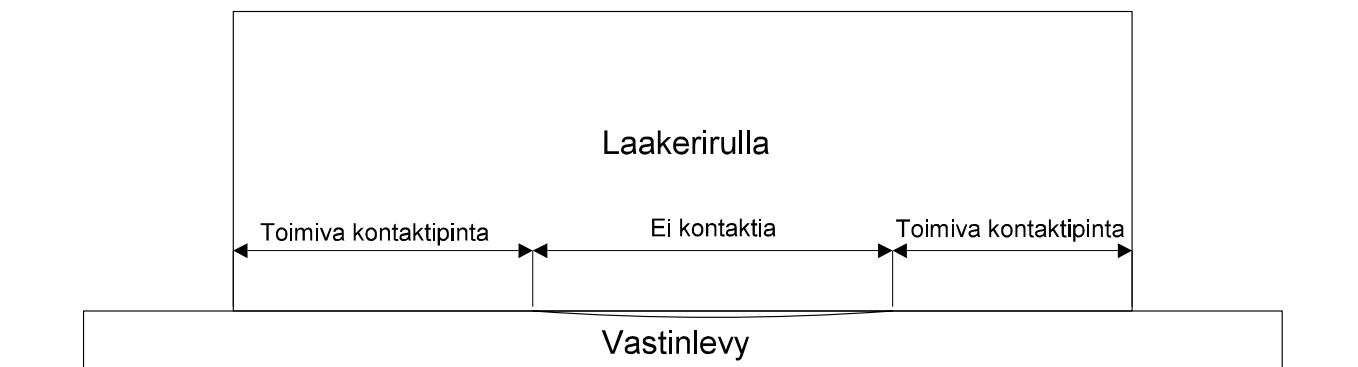
5.2.2 Teräslaakerit

Teräslaakereiden ja nivelten korjaus käsittää tavallisesti yhden tai useamman osan vaihtamisen sekä tarvittaessa betonipintojen korjausta. Joskus laakeri joudutaan teettämään kokonaan uudelleen vanhojen suunnitelmien mukaan.

Laakereiden ja nivelten osilta vaadittavat materiaaliominaisuudet voidaan selvittää vanhoista suunnitelmista, jos niitä löytyy. Uusien laakerirullien materiaalina käytetään kuitenkin teräslaatua 42CrMo4. Samaa laatua suositellaan käytettäväksi myös muissa vastaavissa rakenneosissa, joissa on kapeita kosketuspintoja.

Rullalaakereiden rullat on uusittava, jos rullan pyöreys poikkeaa 2% rullan halkaisijasta. Vastinlevyt on uusittava, mikäli vierintäpinnassa on yli 2 mm syvä painanne/kuluma.

Vierintäpintojen suoruus (kontaktipinnan pituus laakerin akselin suunnassa) tarkistetaan. Toimivan kontaktipinnan (kuva 29) sallitut poikkeamat on määritettävä tarkistuslaskennalla.



Kuva 29. Toimivan kontaktipinnan määrittäminen.

Teräslaakereiden muille osille määritetään toleranssit vanhojen suunnitelmien perusteella arvioimalla, millaista haittaa mahdollisista kasvaneista välöksistä tai osan mittojen pienentymisestä aiheutuu laakerin toiminnalle tai kestävyydelle.

Jos vastinlevyt on irrotettu ja niissä on syöpyymiä tai kulumaa, on ne yleensä järkevää uusita. Mikäli levyjä ei irroteta, voidaan pinta hioa tasomaiseksi. Jos laakerin kokonaiskorkeus muuttuu verrattuna aikaisempaan tilaan, on harkittava korkeuseroa vastaavan lisälevyn asentamista vastinlevyyn. Vaihtoehtoisesti korkeuden muutos voidaan kompensoida kasvattamalla uuden rullan halkaisijaa. Kaltevuuspoikkeama voidaan kompensoida kiilalevyllä. Rullalaakerin lisälevyä ei saa liimata vastinlevyn pintaan, koska rullan kosketuspaine on huomattavasti suurempi kuin epoksien puristuslujuus, joka on yleensä 60-100 MPa. Tämän vuoksi rullalaakereilla lisälevy on asennettava vastinlevyn ja betonin väliin tai vastinlevy on uusittava oikeanpaksuisena. Muun tyyppisten laakerien vastinlevyihin lisälevyn voi liimata, jos puristusjännitykset jäävät riittävän pieniksi.

5.2.3 Kumipesä- ja kalottilaakerit

Korjausta vaativia vaurioita voivat olla esimerkiksi laakerin tiivisterenkaan tai pölysuojan rikkoutuminen tai liukulevyjen irtoaminen.

Mikäli korjaustoimenpiteitä tarvitaan, on oltava yhteydessä laakerin valmistajaan varaosien ja työohjeiden saamiseksi.

Yksinkertaisimpia korjaustoimenpiteitä on rikkoutuneen pölysuojan vaihto, joka voidaan yleensä tehdä ilman kansirakenteen nostoa. Pölysuojien tyyppiirustuksia on esitetty liitteessä 1.

Irronneen tai vaurioituneen liukulevyn korjaus tai vaihto vaatii kansirakenteen noston. Liukulevyn kiinnitykseen voidaan käyttää esimerkiksi epoksi-liimaa. Käytettävällä epoksiliimalla on oltava riittävä puristuslujuus.

Vaurioituneen tiivisterenkaan vaihtaminen vaatii yleensä laakerin osittaista purkamista.

Vaurioituneet tai irronneet rajoittimet tai vaurioituneet pultit vaativat yleensä laakerin irrottamisen. Ennen korjausta on selvitetävä, mistä vaurio johtuu ja poistettava sen syy.

5.2.4 Laakerin asennon korjaus

Sillan kannen ja liikkuvan laakerin väliseen sijaintiin voi maa- tai välitukien liikkeessa syntyä eroa, jolloin liikkuvan laakerin liikevarat eivät ole riittäviä. Laakerin asentoa korjaamalla on mahdollista saada liikevarat ennalleen. Korjatussa asennossa on otettava huomioon lämpötilan vaikutus.

Kumilevylaakerin oikaisua on käsitelty kohdassa 5.2.1.

Korjaussuunnitelman laatimista varten on selvitettävä, mistä rakenteiden liikkeet johtuvat ja ovatko ne jo pysähtyneet vai tarvitaanko myös rakenteiden korjausta. Joskus maatuki voi olla niin epästabiili, että se nojaa kansirakenteeseen. Myös kansirakenne voi liikkua kiinnityksen pettämisen vuoksi.

Uudemmat laakerit on suunniteltu siten, että ne on mahdollista irrottaa löysämällä ruuveja. Mikäli vanhan laakerin runko on kiinnitetty suoraan betonirakenteeseen, joudutaan laakerikoroke purkamaan ja uusimaan.

Ruuveilla kiinnitetyn levyn asennon korjaus voidaan tehdä siten, että levy uusitaan vastaavalla levyllä, johon on tehty uuden asennon vaatimat reiät. Toinen mahdollisuus on katkaista ruuvit ja liimata levy betoniin. Betoniin liimausta käsitellään tulevassa Väyläviraston ohjeessa Betonirakenteiden korjaus- ja vahventamissuunnitteluohje. Käytettävien tuotteiden on oltava SFS-EN 1504 /12/ mukaisia.

Laakerin ollessa hitseillä kiinnitettynä ala- tai yläpuolisiin vastinlevyihin (kiilalevyt pituuskaltevissa silloissa), selvitetään, onko laakeria mahdollista siirtää vastinlevyssä riittävästi siten, ettei laakeritason tai sillan kannen rakenteeseen tarvitse tehdä muutoksia. Jos siirto on mahdollinen ja laakerin joka puolella on riittävästi tilaa, irrotetaan laakerin ylä- tai alaosa siltarakenteista leikkaamalla hitsisaumat auki.

KIRJALLISUUSVIITTEET

- /1/ EN 1337, Structural bearings, osat 1-11, osat 3-8 ja 11 on käännetty suomeksi.
- /2/ LO 28/2018 [Taitorakenteiden erikoistarkastuksen laatuvaatimukset - Sillat](#)
- /3/ VO 17/2019 [Maantiesiltojen vuositarkastusohje](#)
- /4/ LO 45/2017 [Rautatiesiltojen vuositarkastusohje](#)
- /5/ VO 33/2020 [Sillantarkastuskäsikirja](#)
- /6/ LO 17/2013 [Taitorakenteiden tarkastusohje](#)
- /7/ LO 22/2011 [Sillan laajennettu yleistarkastus- ja huolto-ohje: osa 2: Köysisillat](#)
- /8/ LO 31/2010 [Sillan laajennettu yleistarkastusohje: osa 1: Terässillat](#)
- /9/ SILKO 1.302 [Teräsrakenteet, rakenteelliset korjaukset, yleiset laatuvaatimukset](#)
- /10/ SILKO 1.351 [Pintakäsittely, yleiset laatuvaatimukset](#)
- /11/ SILKO 2.353 [Laakereiden ja nivelten huolto, korjaus ja vaihtaminen](#)
- /12/ SFS-EN 1504-4 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 4: Rakenteellinen liimaus

PÖLYSUOJAT JA SUOJAKOTELOT

Pölysuojien ja suojakoteloiden tuotevaatimukset:

Pölysuojissa ja suojakoteloiden käytettävät teräsosat ovat joko kuumasinkittyjä tai ruostumattomia (1.4301/A2). Sähkösinkittyjä osia ei saa käyttää.

Toisiinsa kosketuksissa olevien teräsosien on oltava samaa materiaalia siten, että sähkökemiallisista parista ei pääse syntymään.

Pölysuojat ja suojakotelot tehdään helposti avattaviksi/irrotettaviksi tarkastus- ja huoltotoimia varten:

- Kiinnitysruuveissa käytetään siipimuttereita,
- Käytetään säädettäviä lavalukkoja,
- Käytetään nivelsaranoita, koko vähintään 100x50x1,5.

Käytettävät kumilaadut ovat butyylikumi, luonnonkumi (NR) ja styreenikumi (SBR).

Suojakoteloiden läpinäkyvien osien laatuvaatimukset ovat:

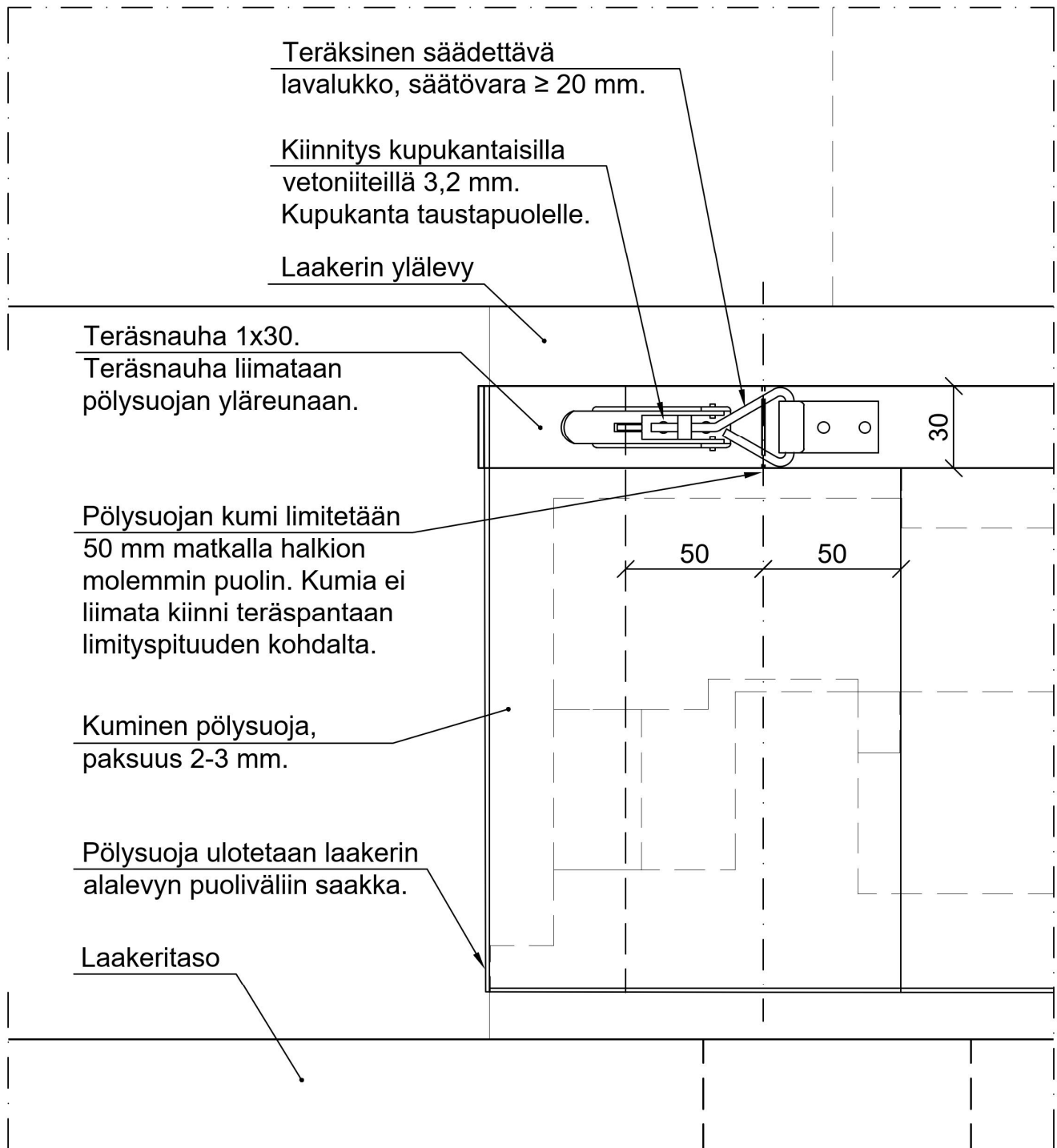
- Valonläpäisevyys min. 80 %, EN 410.
- Valonläpäisevyys ei saa heiketä yli 10% 25 vuoden suunnittelukäyttöänsä aikana, EN ISO 4890-2 ja EN 16153.

- Tuote ei saa kellastua, keltaisuusindeksin poikkeama max. 10 yksikköä uuden arvosta, EN ISO 11664-1 ja -2.
- Riittävä iskunkestävyys saadaan, kun käytetään vähintään 4 mm paksua kovapinnoitettua akryyilia tai polykarbonaattia.
- Heijastavuus, ei raja-arvoa, mutta häikäisyn vaarallisuus otettava huomioon.
- Levyn tulee kestää tiesuolaa, saasteita ja tavallisimpia liuotainaineita, kuten asetonin ja mineraalitärpättiä, himmentymättä.
- Levyn on oltava naarmutuksenkestävää ja se tulee kestää tavallisimpia töherryksenpoistojen puhdistusaineita sekä painepesua.
- Materiaali ei saa olla liian haurasta, murtoväsymä min. 90%.
- Materiaalin on oltava itsestään sammuvaa.

Lähtökohtaisesti käytetään aina läpinäkyvää suojakoteloa. Tilaajan suostumuksella kotelot voidaan valmistaa myös tiheästä ruostumattomasta teräsverkosta tai kuumasinkitystä teräslevystä (t = 2 mm).

Kotelon ulkopuolelle asennetaan erikseen sovittaessa laakerin asennon ilmoittava asteikko, mikäli koteloa ei tehdä läpinäkyvästä aineesta.

Esimerkki kumisesta pölysuojasta

KUMINEN PÖLYSUOJA

Esimerkki suojakotelosta

